جغرافیا و روابط انسانی، زمستان ۱٤۰۲، دوره٦، شماره۳، صص٤۸۳-٤٦۰

پهنه‌بندی کشت درخت بِه در استان اردبیل با استفاده از روش‌های AHP، ANP، Antropy shanon، DEMATEL و WLC

بهروز سبحانی

استاد آب و هواشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی، اردبیل-ایران.

sobhani@uma.ac.ir

تاریخ دریافت:۱٤۰۲/۰٦/۲٦ تاریخ پذیرش:۱٤۰۲/۰۷/۱۲

چکیده

درخت بِه، بعد از سیب و گلابی مهم‌ترین میوه در گروه دانه‌دارها است. میوه بِه از دیرباز موردتوجه بوده در سال‌های اخیر در استان‌های مختلف کاشت یکدست باغ میوه بِه توسعه پیداکرده است. بر همین اساس پهنه‌بندی کشت درخت بِه، متناسب با شرایط اقلیمی و محیطی موردنیاز است. هدف از این تحقیق شناسایی نواحی کشت درخت بِه در استان اردبیل با روش‌های چندمعیاره، با استفاده از شاخص‌های؛ بارندگی، متوسط دما، کمینه دما، بیشینه دما، ارتفاع، شیب و عمق خاک در محیط GIS است. برای تعیین معیار وزنی شاخص‌ها و پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی درخت بِه، از روش‌های AHP، ANP، Antropy shanon، DEMATEL و WLC استفاده گردید که روش‌های AHP، ANP و DEMATEL در تعیین ارزش وزنی شاخص‌ها و روش‌های Antropy shanon و WLC در پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی بیشترین نقش داشتند. نتایج تحلیل روش‌ها نشان داد که؛ متوسط دما و بیشینه دما مهم‌ترین شاخص در طول دوره رشد درخت بِه در استان اردبیل هستند؛ اما شاخص‌های باران، کمینه دما، ارتفاع، شیب و عمق خاک در بعضی نواحی استان محدودیت‌های را برای کشت درخت بِه ایجاد می‌کنند. نتایج پهنه‌بندی اقلیمی روش‌ها، بیانگر آن است که؛ حدود ۲۷ درصد از مساحت استان اردبیل خیلی مناسب، ۳۱ درصد مناسب، ۲۰ درصد کمی مناسب و ۲۲ درصد نامناسب برای کشت درخت بِه است. نواحی شمال استان و محدوده شهرستان‌های گیوی و خلخال مناطق مناسب برای کشت درخت بِه بر اساس روش‌های موردمطالعه شناخته‌شده‌اند.

واژگان کلیدی: استان اردبیل، درخت بِه، پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی، روش‌های تصمیم‌گیری.

شاپا الکترونیکی:3851-645 doi **10.22034/GAHR.2023.416793.1947**

۱-مقدمه

بِه بانام علمی Cydonia oblonga بِه تیره گل‌سرخیان[1] و زیر خانواده Pomoideae تعلق دارد و بعد از سیب و گلابی مهم‌ترین میوه در گروه دانه‌دارها است و خاستگاه درخت بِه، اروپای جنوب شرقی و آسیای صغیر بوده و مراکز انتشار آن ایران، افغانستان و اروپای جنوب شرقی است (وست وود، ۱۳۷۰: ۱۲۰). طبق گزارش فائو (۲۰۲۰) کل تولید میوه بِه در جهان ٦٩٦٨٦١ تن است که بزرگ‌ترین تولیدکننده جهانی میوه بِه کشور ترکیه با تولید ۱۸۹۲۵۱ تن، پس‌ازآن چین با تولید ۱۱۱ هزار و ۹۸۲ تن، ازبکستان با تولید ۹٦۲٤۲ تن، ایران با تولید ۸۷۷۹۹ تن، مراکش ۵۷۷۰۰ تن و جمهوری آذربایجان ۳۹۳٦۵ تن است. کاشت آن به‌طور سنتی در حاشیه باغ‌ها متداول بود که با استقبال بیشتر از میوه بِه، در سال‌های اخیر، اقدام به کاشت باغ‌های یکدست بِه در استان‌های اصفهان، خراسان رضوی و زنجان و اردبیل شده است. سطح زیر کشت درخت بِه در ایران حدود ۱۰۹۸۲ هکتار با تعداد ۲۲۱۷۷ درخت و میزان تولید آن، در همان سال ۱۰۹٤۹۷ تن برآورد شده است. استان اردبیل با سطح زیر کشت ٤۲۰ هکتار با میزان تولید ٦۳۰۳ تن، جزء ششمین استان ازلحاظ کشت میوه بِه در کشور شناخته می‌شود (وزارت جهاد کشاورزی، ۱٤۰۰). در مورد تعیین مناطق مناسب برای کشت درخت بِه، سوابق مطالعاتی انجام‌یافته که در زیر به‌اختصار بیان می‌گردد: عبداللهی (۱۳۹۳: ۱۰۰) شرایط آب و هوایی و نیاز سرمایی درخت بِه را مطالعه و نتایج نشان داد که نیاز سرمایی درخت بِه، بین ۱۰۰ تا ٤۰۰ ساعت است. این درخت تابستان‌های گرم نواحی نیمه گرم ایران نظیر؛ اصفهان، نطنز و قزوین را تحمل و بروز این گرما تأثیری در کیفیت میوه آن ندارد. شدت سرمای زمستانه عامل محدودکننده‌تری برای این درخت محسوب می‌شود. با توجه به تأخیر در زمان باز شدن گل‌های درخت بِه، سرمازدگی در شکوفه‌های این درخت ندرتاً اتفاق می‌افتد. برای کاشت درخت بِه، حداقل ۵۰ تا ٦۰ سانتی‌متر خاک با خصوصیات مطلوب نیاز است و در خاک‌های که هوموس آن‌ها بین ۲ تا ۳ درصد است از رشد و عملکرد بهتری برخوردار است. درخت بِه، در ارتفاع ۱۳۰۰ تا ۲۲۰۰ متر از سطح دریا می‌تواند بهترین عملکرد را داشته باشد. زمین‌های هموار تا شیب‌های کمتر از ٤۰ درصد برای کشت درختان بِه مناسب است. فصل شکفتن تا میوه دهی نیاز به نور کامل خورشید با حداقل ٦ تا ۹ ساعت نور خورشید دارد. دمای مناسب برای رشد این میوه در فصول مختلف سال بین ۵- تا ٤۵ درجه سانتی‌گراد است که تا دمای ۷- را تحمل می‌کند (جلیلی مرندی، ۱۳۹٤: ٤٦٦ و

1- Rosaceae

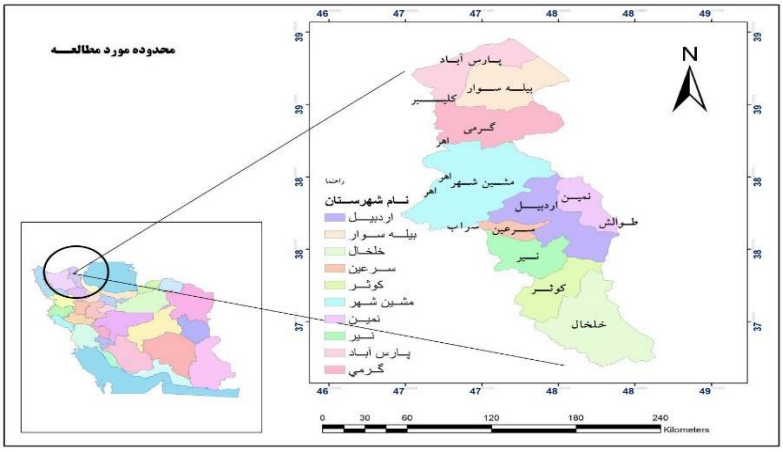
توکلی، ۱۳۹۸: ۳۸۷). ایمانی و سبحانی (۱۳۹۶: ٤٥) پهنه‌بندی کشت درخت بِه را در استان اردبیل انجام و نتایج نشان داد که حدود ۲۳ درصد از مساحت استان برای کشت درخت بِه، مناسب و بسیار مناسب هستند. امین زاده و سبحانی (۱٤۰۱: ٤٨) پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی درخت بِه را با استفاده از روش‌های AHP و FAHP در جنوب استان اردبیل مطالعه و نتایج نشان داد که حدود ۱۹ درصد از مساحت منطقه دارای قابلیت کشت مناسب و خیلی مناسب است و در هر دو مدل نواحی جنوب غربی شهرستان گیوی و خلخال نسبت به سایر نواحی از پتانسیل بیشتری برای کشت درخت بِه برخوردار است. (Radovic et al, 2020: 1289) .تأثیر سه نوع دمای (۸، ۱٦ و ۲٤ درجه سانتی‌گراد) را در مرحله جوانه‌زنی درخت بِه، مطالعه کردند، نتایج نشان داد که دمای ۱٦ و ۲٤ درجه سانتی‌گراد دارای شرایط بهینه در جوانی زنی درخت بِه است. (Jakobija et al, 2018: 2018; Wani et al, 2012: 1081) در مورد مراحل رشد درخت بِه، در ژاپن به این نتیجه رسیده‌اند که دوره گل‌دهی درخت بِه در ماه اردیبهشت و مرحله توسعه بعد از گل‌دهی از خرداد تا آخر تیرماه ادامه دارد و مرحله نزدیک به برداشت بعد از مرداد شروع و در شهریورماه به اوج خودمی رشد.(Grinan et al, 2019: 68; Duraka et al, 2020: 13) ارزیابی تأثیر آب را در مرحله رشد درخت بِه، در اورهیولا اسپانیا بررسی کردند و نتایج نشان داد که کمبود و تنش آب در مرحله میانی بعد از گل‌دهی در رشد میوه بِه، باعث کاهش عملکرد و کیفیت آن می‌گردد و دمای مناسب برای رشد میوه بِه را ۱۹ تا ۳۱ درجه سانتی‌گراد است. جکسون و همکاران (۱۳۹۲: ۵۷) مطالعاتی در مورد تولید میوه‌های معتدله و نیمه گرمسیری انجام و نتایج نشان داد که؛ درخت بِه با درختان سیب و گلابی خویشاوندی نزدیکی دارد. درخت بِه از گلابی کمتر رشد می‌کند و بنابراین به‌عنوان پایه برای کم کردن قدرت رشد پیوندک‌های گلابی مورداستفاده قرار می‌گیرد. (Andrade et al, 1998: 968; Coutinho et al, 2019: 1324 and Rop et al, 2011: 65) میوه بِه، برای انواع مختلف فرآوری مناسب است که در سال‌های اخیر موردتوجه مصرف‌کنندگان به دلیل عطر خاص قرارگرفته است (Patel et al, 2011: 51and Alvarenga, 2008: 302). (Sonmez et al, 2019: 8) تعیین مناطق مناسب برای کشت درخت سیب در استان آنتالیای ترکیه را با استفاده از داده‌های اقلیمی (دمای طول دوره رشد، دمای سالانه و بارندگی و داده‌های محیطی (عمق خاک، شیب، جهات، ارتفاع، پوشش سطح زمین) با استفاده از روش AHP در محیط GIS را مطالعه کردند نتایج نشان داد که ۱٤/٤٨ درصد خیلی مناسب، ۱۳/۷۹ درصد مناسب است. در سال‌های اخیر تغییرات آب و هوایی باعث افزایش شدید دما و خشک‌سالی شده و باغات درخت بِه را، بشدت تحت تأثیر

قرار داده است و سبب سوختن و پژمردگی برگ‌ها و کاهش عملکرد آن گردیده است(Dahal et al.,2019:10 ; Ding et al., 2016: 15 و دنیائی و ریاحی، ۱٤۰۰: ٤٦٦). (Xu et al, 2023: 15) توزیع جغرافیایی درخت سیب را در فلات لس چین با استفاده از داده‌های اقلیمی و محیطی از قبیل؛ میانگین دمای سالانه، حداکثر دما در ماه‌های گرم، حداقل دما در ماه‌های سرد، میانگین دما در سردترین ماه، میانگین بارش سالانه، بارش فصلی، شیب، جهات، ارتفاع، بافت خاک و نوع خاک را در محیط GISمطالعه نتایج نشان داد که محدوده کشت درخت سیب به سمت شمال غربی توسعه دارد. (Madrigal-Martinez and Puga Calderon, 2018: 95) تجزیه‌وتحلیل تناسب اراضی برای برنامه کشت درخت سیب را در دره ملا در پرو را با استفاده از عمق خاک، بافت و شوری خاک، شیب، فاصله از جاده و بر اساس جمعیت مطالعه و نتایج نشان داد که حدود ۳/۹۸ درصد خیلی مناسب، ۳/۳۷ درصد کمی مناسب، ۵/۲۲ درصد متوسط و ۸۷/٤۳ درصد نامناسب برای کشت سیب است.(Chozom and Nimasow, 2021) تجزیه‌وتحلیل تناسب اراضی درخت سیب با استفاده از داده‌های اقلیمی (میانگین دما، بارش سالانه)، توپوگرافی (ارتفاع، شیب و جهت) و خاک (بافت خاک، زهکشی و کاربری اراضی) را با روش AHP در محیط GIS در منطقه کامنگ غربی آروناچال پرادش در هندوستان را مطالعه کردند نتایج نشان داد که ۸/۱۳ درصد خیلی مناسب، ۲٤/۷۳ درصد مناسب، ٤٦/۵۵ درصد متوسط و ۲۰/۵۹ درصد نامناسب برای کشت درخت سیب است. (Kim and Shim, 2018: 139) ارزیابی تناسب اراضی برای درخت سیب با استفاده از داده‌های اقلیم و خاک را با روش AHP در محیط GIS در کره جنوبی را مطالعه کردند نتایج نشان داد که ۳٤/۱ درصد خیلی مناسب و ٤٤/۱۷ درصد مناسب برای کشت درخت سیب است. در این تحقیق سعی شده نواحی مناسب برای کشت درخت بِه در استان اردبیل شناسایی شوند. ضرورت انجام چنین تحقیقی می‌تواند شناخت معیارهای تأثیرگذار در طول دوره رشد این درخت باشد. لذا در این پژوهش معیارهای مؤثر در طول دوره رشد درخت بِه با استفاده روش‌های موردمطالعه تعیین و نقش آن‌ها در تعیین نواحی مناسب برای کشت آن مشخص می‌گردد.

۲- روش‌ها

۲-۱-منطقه موردمطالعه

استان اردبیل در شمال غرب ایران و در منطقه آذربایجان واقع است و موقعیت آن در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی قرار دارد. این استان با وسعتی حدود ۱۷۹۵۳ کیلومترمربع (حدود ۱/۰۹ درصد مساحت کل کشور) است. بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ جمعیت آن برابر ۱۲۷۰۴۲۰ نفر است. این استان بر طبق آخرین تقسیمات کشوری شامل ۱۲ شهرستان، ۲۵ بخش، ۲۱ شهر و ۶۶ دهستان است. حداقل ارتفاع آن در ساحل رود ارس، روستای تازه کند شهرستان پارس‌آباد ۳۲ متر و حداکثر ارتفاع آن قله کوه سبلان در مرکز استان ۴۸۱۱ متر از سطح دریا است. اقلیم آن در ماه آذر و فصل زمستان سرد و در ماه‌های پاییز و بهار معتدل و در تابستان گرمای آسایشی مناسب و قابل‌تحمل دارد. از اوایل فروردین تا اواسط آبان باد غالب آن شرقی (خزری و مغانی) که همراه با هوای خنک و لطیف و از اواسط آبان تا اواخر اسفند باد غالب، جنوب غربی همراه با هوای سرد و بعضی موقع توأم با گردوخاک است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی استان اردبیل را در کشور نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت استان اردبیل در کشور

۲-۲-داده‌های موردمطالعه

در این تحقیق از داده‌های عناصر اقلیمی از قبیل؛ بارندگی برحسب میلی‌متر و درجه حرارت متوسط، کمینه و بیشینه برحسب سانتی‌گراد از ایستگاه‌های سینوپتیک در طول ۳۰ سال (۱٤۰۰-۱۳۷۱) و عوامل اقلیمی؛ ارتفاع برحسب متر از سطح دریا، شیب برحسب درصد و عمق خاک برحسب سانتی‌متر در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه خواهد شد. جدول (۱) نیازهای مطلوب اقلیمی برای کشت درخت بِه را نشان داده‌شده است.

جدول ۱- مشخصات و محدوده نیازهای اقلیمی و محیطی درخت بِه

معیارها	خیلی مناسب	مناسب	کمی مناسب	نامناسب
متوسط دمای سالانه/سانتی‌گراد	۲۰-۱٦	۱٤-۱٦ و ۲۰-۲۳	۱۲-۱٤ و ۲۳-۲۵	۱۲ >۲۵
دمای کمینه/سانتی‌گراد	۲۰-۱٤	۱۲-۱٤	۱۰-۱۲	کمتر ۱۰
دمای بیشینه/سانتی‌گراد	۳۰-۲۵	۲۵-۲۰	۱۵-۲۰	کمتر ۱۵
بارندگی/میلی‌متر	٦۰۰-۵۰۰	۵۰۰-٤۰۰	۳۰۰-٤۰۰	کتر از ۳۰۰
شیب/ درصد	تا ۵	۵-۱۰	۱۰-۱۳	بیش ۱۳
ارتفاع/ متر	تا ۱۰۰۰	۱۰۰۰-۱۳۰۰	۱۳۰۰-۱۵۰۰	بیش ۱۵۰۰
عمق خاک/ سانتی‌متر	۱۰۰-۱۵۰	۸۰-۱۰۰	۵۰-۸۰	کمتر ۵۰

منبع: وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۸

۲-۳-روش AHP

روش AHP را ساعتی (۱۹۹۷) معرفی نموده است که در مرحله اول، مسائل پیچیده به مسائل ساده تقسیم می‌شوند. در مرحله دوم مقایسات زوجی بین معیارها و آلترناتیوها انجام می‌گردد و در مرحله سوم سازگاری مناسب بین اندازه‌ها به وجود آید. (اصغری زاده و محمدی بالانی، ۱۳۹۷). این روش یکی از معیارهای وزنی است که در پژوهش هواشناسی کشاورزی استفاده می‌شود. روشAHP بر سه اصل استوار است:

الف اصل ترسیم درخت سلسله مراتبی،

ب) تعیین اولویت‌ها و انجام مقایسات زوجی (جدول، ۲) وبرتری یک گزینه بر گزینه دیگری را تعیین می‌کند.

جدول ۲-مقادیر ترجیحات برای مقایسه زوجی

ترجیحات		مقدار عددی
کاملاً مرجع یا کاملاً مهم	Extremely Preferred	۹
ترجیح خیلی بیشتر	Very Strongly Preferred	۷
ترجیح بیشتر	Strongly Preferred	۵
کمی مرجع یا کمی مهم‌تر	Moderately Preferred	۳
ترجیح یکسان	Equally Preferred	۱
ترجیحات بین فواصل فوق	Extremely preferred	۸ و ٦ و ٤ و ۲

منبع: ساعتی (۱۹۹۷)

ج) اصل سازگاری، اصل سازگاری شامل مراحل زیر است:

۱-محاسبه بردار مجموع وزنی (WSV): ماتریس مقایسات زوجی (D) را در بردار وزن نسبی بر اساس رابطه (۱) ضرب می‌کنیم.

$$WSV=D\times V$$ رابطه (۱)

۲-محاسبه بردار سازگاری (CV): عناصر بردار مجموع وزنی را بر بردار وزن‌های نسبی تقسیم می‌شود.

۳- محاسبه بزرگ‌ترین مقدار ویژه مقایسات زوجی (λmax)

٤- محاسبه شاخص ناسازگاری (II) که از رابطه (۲) به دست می‌آید.

$$II= \lambda max-n/n-1$$ رابطه (۲)

۵- محاسبه نرخ سازگاری (IR) بر اساس رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

$$IR=II/IRI$$ رابطه (۳)

۲-٤-روش تحلیل شبکه عصبی ANP

ا ین روش یک م سئله ت صمیم‌گیری به چ ند سطح مخت لف تجز یه می شود و مج موع ا ین سطوح ت صمیم‌گیری، ت شکیل یک سل سله‌مراتب را می‌د هد. ا ین روش می‌توا ند ه مه نوع واب ستگی را در ن ظر بگ یرد و م شکلات واب ستگی درو نی و بازخورد بین شاخص‌ها و گزی نه‌ها در دن یای واق عی را حل می‌نما ید (ع لی نژاد و خلی لی، ۱۳۹٦). ا ین روش در ز مره روش های جبرا نی قرار دارد که شاخص‌ها م ستقل از ی کدیگر می‌با شند. ورودی های مدل شامل؛۱ - ساختار شبکه. ۲- ماتریس مقای سات زو جی

شامل مرا حل؛ ا لف- تع یین بردار اولو یت. ب-ت شکیل ا بر ماتریس. ج- ت شکیل ماتریس خو شه‌ای. ح- ت شکیل ا بر ماتریس موزون. خ- ت شکیل ا بر ماتریس حدی. چ- تع یین شاخص مطلوب یت گزی نه‌ها. د- رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها. (پورهادیان، ۱٤۰۰: ۳۰۲).

۲-۵-روش آنتروپی شانون

روش تصمیم‌گیری آنتروپی شانون، ارزیابی و وزن دهی معیارها است. که بیانگر میزان عدم اطمینان در یک توزیع احتمال پیوسته است. در این روش هرچقدر پراکندگی در مقادیر یک معیار بیشتر باشد آن معیار از اهمیت بیشتری دارد که دارای مراحل زیر است (عرب عامری، ۱۳۹۷: ۱۳۲).

مرحله ۱- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری رابطه (٤).

رابطه (٤)

$$X = [x_{ij}]_{n\times m} \quad \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix},$$

مرحله ۲-رابطه (٤) را بر اساس رابطه (۵) نرمال‌سازی می‌شود.

رابطه (۵) $Zij=\frac{Xij-Xi}{Si}$

Zij= ارزش نرمال هر شاخص (j) در رابطه با گزینه (i)، Xij= ارزش عددی هر شاخص (j) در رابطه با گزینه (i)، Xi= میانگین هر ستون از ماتریس داده‌ها و Si= انحراف معیار هر ستون از ماتریس داده‌ها. در این مرحله ماتریس داده‌های استاندارد (نرمالیزه شده) مشخص می‌شود.

مرحله ۳- محاسبه روش آنتروپی معیارها: آنتروپی Ej از رابطه (٦) محاسبه می‌شود وk مقدار ثابت و مقادیرEj بین ۰ و ۱ است رابطه (٦)

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{m} P_{ij} \times Ln\, P_{ij} \qquad i = 1,2,\dots,m$$

که در آن p (x) توزیع احتمال Xاست.

مرحله ٤- مقدار dj : از رابطه (۷) محاسبه می‌شود. رابطه (۷) $dj=1-ej$

مرحله ۵- مقادیر وزن Wj برآورد می‌شود رابطه (۸) که هر dj تقسیم‌بر مجموع dj ها است

رابطه (۸) $wj=dj/\sum dj$

۲-۶-روش دیمتل DEMATEL

این تکنیک بررسی روابط شاخص‌های که روی یکدیگر اثر می‌گذارند و از یکدیگر اثر می‌پذیرند مطالعه می‌کند. این ماتریس همواره مربع است و ابعاد آن برابر با تعداد شاخص‌ها است. درایه سطر a و ستون b این ماتریس بیانگر میزان تأثیر شاخص‌ها A_1 بر شاخص A_h است. مراحل محاسباتی این روش به شرح زیر است (اصغری زاده و محمدی بالانی، ۱۳۹۷).

۱- **مجموع سطری ماتریس F محاسبه و بیشترین مجموع سطری را S بنامیم (رابطه ۹).** $S=\{\sum_{h=1}^{m} f1,h\}$

۲- **تمام درایه‌های ماتریس (F) را بر S تقسیم تا ماتریس بی‌بعد M به دست آید (رابطه ۱۰).** $M=\frac{F}{S}$

۳- **معکوس ماتریس گام دوم محاسبه می‌شود (رابطه ۱۱).** $C=M(I-M)^{-1}$

۴- **تأثیرگذاری کلی هر گزینه برابر با مجموع سطری ماتریس C را محاسبه کنید (رابطه ۱۲).** $R_I=\sum_{h=1}^{m} c_{l,h}$.

۵- **تأثیرپذیری کلی هر گزینه برابر با مجموع ستونی ماتریس C را محاسبه می‌کنیم (رابطه۱۳).** $D_i=\sum_{l=1}^{m} c_{l,h}$

۶- **میزان وابستگی کلی R_i+D_i و میزان عدم وابستگی کلی R_i-D_i هر گزینه را نسبت به مجموعه کل گزینه‌ها .**

۲-۷-روش ترکیب خطی وزنی WLC

این روش بر اساس مفهوم میانگین وزنی است که بر وزن نسبی هر معیاری بررسی می‌شود. برای ارزیابی هر گزینه یا Ai از رابطه (۱٤) استفاده می‌شود (مخدوم، ۱۳۸۹، آلیانی و همکاران، ۱٤۰۱: ۱۷۳).

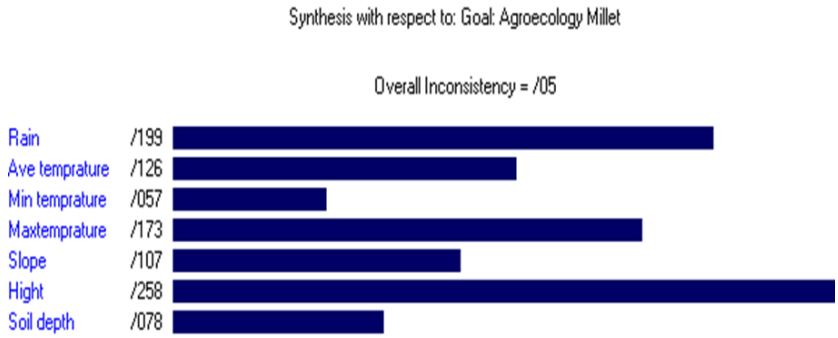
رابطه $Ai=\sum Wj\ Xij$ (۱٤)

که مقدار Xij شاخص گزینه i ام در رابطه با شاخص j ام و Wj وزن استاندارد شاخص j ام که مجموع Wj مساوی ۱ است (مرادی،۱۳۹۹: ۱۵).

۳-یافته تحقیق

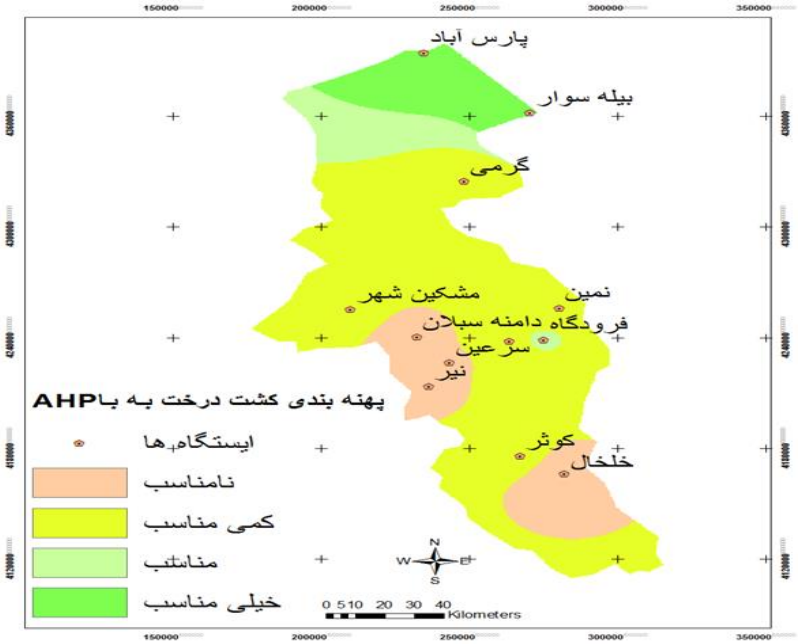
۳-۱-روش AHP

یکی از روش های شاخص وزن دهی است که از طریق نرم افزار Export Choice نتایج مقایسات را به صورت جدول و نمودار نشان و همزمان نرخ ناسازگاری نیز مشاهده می شود. نرخ ناسازگاری معیارها ۰/۰۵ بوده که نشان‌دهنده دقت قابل‌قبول این مقایسه زوجی است (شکل، ۲). نتایج نشان داد که ارتفاع، بارندگی و بیشینه دما به ترتیب با وزن ۰/۲۵۶، ۰/۱۹۹ و ۱۷۳ بیشترین تأثیر در طول دوره رشد درخت به دارند.



شکل ۲- ماتریس ارجحیت نسبی معیارها درکشت درخت بِه

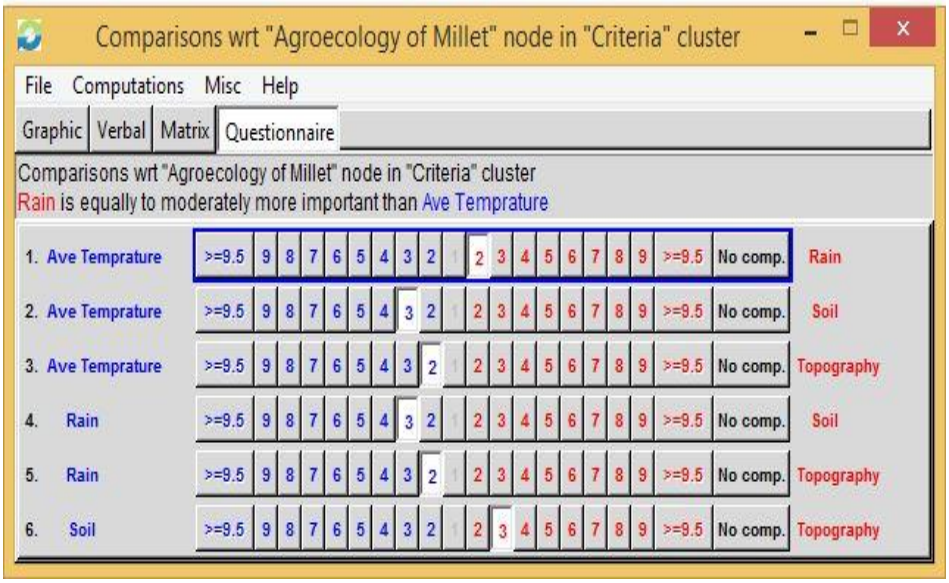
با استفاده از معیارهای موردمطالعه با روش AHP پهنه‌بندی کشت درخت بِه انجام و بر اساس نقشه استخراج‌شده از روش AHP حدود ۱۱ درصد از مساحت استان دارای استعداد بسیار مناسب و مناسب، ٦٥ درصد کمی مناسب و ١٦ درصد نامناسب و فاقد استعداد لازم برای کشت درخت بِه است (شکل، ۳).



شکل ۳- پهنه‌بندی کشت درختِ به با استفاده روش AHP

۳-۲-روش تحلیل شبکه عصبی ANP

پس از تعیین معیار های موردمطالعه برای کشت درخت بِه، برای وزن دهی از مدل ANP استفاده شد. وزن دهی به معیار های مدل ANP بر اساس خروجی داده ها و نیاز مطلوب اقلیمی برای کشت درخت بِه مبتنی بر طیف وزنی مدل ANP است که دامنه آن عددی از ۱ تا ۹ را شامل می شود و بر اساس نتایج پرسشنامه صورت گرفته است. شکل(٤) نمونه‌ای از روش وزن دهی بر اساس معیار های موردمطالعه در این تحقیق با نرم‌افزار Super Decisions را نشان می‌دهد. در جدول (۳) سوپر ماتریس غیر وزنی و در جدول (٤) سوپر ماتریس وزنی و (جدول، ۵) سوپر ماتریس حد را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می شود؛ بارندگی با وزن ۰/٤۰۹، متوسط دما با وزن ۰/۲۸۹ و توپوگرافی با وزن ۰/۲۰٤ بااهمیت‌ترین شاخص و درنتیجه بیشترین تأثیر در پهنه‌بندی کشت درخت بِه را در استان اردبیل دارند همچنین ایستگاه‌های پارس‌آباد با وزن ۰/۱۲۹، مشکین شهر با وزن ۰/۰۷٦ و خلخال ۰./۰٦۸ بااهمیت‌ترین مکان برای کشت درختِ به در استان اردبیل شناخته‌شده‌اند.



شکل ٤- نمونه‌ای از روش وزن دهی پرسشنامه‌ای معیارها در مدل ANP

جدول ۳- سوپر ماتریس غیر وزنی بر اساس معیارهای موردمطالعه

گزینه‌ها/معیارها	اردبیل	خلخال	مشکین	پارس‌آباد	دامنه سبلان	متوسط دما	باران	خاک	توپوگرافی	آگروکلیما
اردبیل	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۰٦	۰/۱۱٦	۰/۲۲٤	۰/۲۱۹	۰/۰۰
خلخال	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۸۲	۰/۲۲۳	۰/۱۰۷	۰/۱۳۸	۰/۰۰
مشکین	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۱۸	۰/۱٦۹	۰/۱٦٦	۰/۱۸۹	۰/۰۰
پارس‌آباد	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/٤۲٤	۰/۰۷۷	۰/٤۲٦	۰/۳۹۳	۰/۰۰
دامنه سبلان	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰٦۹	۰/٤۱٥	۰/۰۷۷	۰/۰٦۱	۰/۰۰
متوسط دما	۰/٤٥٥	۰/٤۱۸	۰/٤۲۳	۰/۲٦۲	۰/۱٤۹	۰/۰۰	۰/٥۳۹	۰/۳۱۱	۰/٥۳۹	۰/۲۸۹
بارندگی	۰/۲۸۲	۰/۲۷۱	۰/۱۷٤	۰/۳٥۱	۰/۱۹۷	۰/٤۹٤	۰/۰۰	۰/۱۹٦	۰/۲۹۷	۰/٤۰۹
خاک	۰/۱۱۸	۰/۱۲۱	۰/۱۳۷	۰/۱۳۷	۰/۲۳۷	۰/۱۹٦	۰/۱٦۳	۰/۰۰	۰/۱٦۳	۰/۰۹٦
توپوگرافی	۰/۱٤٥	۰/۱۹۱	۰/۲٦٦	۰/۲٥۰	۰/۳۱۱	۰/۳۱۱	۰/۲۹۷	۰/٤۹٤	۰/۰۰	۰/۲۰٥

جدول ٤ –سوپر ماتریس وزنی بر اساس معیارهای موردمطالعه

گزینه‌ها/معیارها	اردبیل	خلخال	مشکین	پارس‌آباد	دامنه سبلان	متوسط دما	باران	خاک	توپوگرافی	آگروکلیما
اردبیل	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۷۱	۰/۰۷۷	۰/۱۵۰	۰/۱٤٦	۰/۰۰
خلخال	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۲۱	۰/۱٤۸	۰/۰۷۲	۰/۰۹۲	۰/۰۰
مشکین	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱٤٦	۰/۱۱۲	۰/۱۱۰	۰/۱۲٦	۰/۰۰
پارس‌آباد	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۸۲	۰/۰۵۱	۰/۲۸٤	۰/۲٦۲	۰/۰۰
دامنه سبلان	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰٤٦	۰/۲۷۷	۰/۰۵۲	۰/۰٤۰	۰/۰۰
متوسط دما	۰/٤۵۵	۰/٤۱۸	۰/٤۲۳	۰/۲٦۲	۰/۱٤۹	۰/۰۰	۰/۱۸۰	۰/۱۰٤	۰/۱۸۰	۰/۲۸۹
بارندگی	۰/۲۸۲	۰/۲۷۱	۰/۱۷٤	۰/۳۵۱	۰/۱۹۷	۰/۱٦٤	۰/۰۰	۰/۰٦۵	۰/۰۹۹	۰/٤۰۹
خاک	۰/۱۱۸	۰/۱۲۱	۰/۱۳۷	۰/۱۳۷	۰/۲۳۷	۰/۰٦۵	۰/۰۵٤	۰/۰۰	۰/۰۵٤	۰/۰۹٦
توپوگرافی	۰/۱٤۵	۰/۱۹۱	۰/۲٦٦	۰/۲۵۰	۰/٤۱۵	۰/۱۰۳	۰/۰۹۹	۰/۱٦٤	۰/۰۰	۰/۲۰٤

جدول ۵ –سوپر ماتریس حدی بر اساس معیارهای موردمطالعه

گزینه‌ها/معیارها	اردبیل	خلخال	مشکین	پارس‌آباد	دامنه سبلان	متوسط دما	باران	خاک	توپوگرافی	آگروکلیما
اردبیل	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲	۰/۰٦۲
خلخال	۰/۰٦۸	۰/۰٦۸	۰/۰٦۸	۰/۰٦۸	۰/۰٦۸	۰/۰٦۸	۰/۰٦۸	۰/۰٦۸	۰/۰٦۸	۰/۰٦۸
مشکین	۰/۰۷٦	۰/۰۷٦	۰/۰۷٦	۰/۰۷٦	۰/۰۷٦	۰/۰۷٦	۰/۰۷٦	۰/۰۷٦	۰/۰۷٦	۰/۰۷٦
پارس‌آباد	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹
دامنه سبلان	۰/۰٦٤	۰/۰٦٤	۰/۰٦٤	۰/۰٦٤	۰/۰٦٤	۰/۰٦٤	۰/۰٦٤	۰/۰٦٤	۰/۰٦٤	۰/۰٦٤
متوسط دما	۰/۱۹۸	۰/۱۹۸	۰/۱۹۸	۰/۱۹۸	۰/۱۹۸	۰/۱۹۸	۰/۱۹۸	۰/۱۹۸	۰/۱۹۸	۰/۱۹۸
بارندگی	۰/۱٦۰	۰/۱٦۰	۰/۱٦۰	۰/۱٦۰	۰/۱٦۰	۰/۱٦۰	۰/۱٦۰	۰/۱٦۰	۰/۱٦۰	۰/۱٦۰
خاک	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹
توپوگرافی	۰/۱۵۲	۰/۱۵۲	۰/۱۵۲	۰/۱۵۲	۰/۱۵۲	۰/۱۵۲	۰/۱۵۲	۰/۱۵۲	۰/۱۵۲	۰/۱۵۲

۳–۳–روش آنتروپی شانون

به‌منظور ارزیابی وزن معیارها و پهنه‌بندی کشت درخت بِه در استان اردبیل از مدل آنتروپی شانون استفاده گردید. بر اساس معیارهای موردمطالعه اقدام به تشکیل ماتریس داده‌ها شد که در جدول (٦) نشان داده‌شده است. نتایج حاصل از محاسبه وزن معیارها نشان داد که ارتفاع، کمینه دما و شیب به ترتیب با کسب بالاترین امتیاز (۰/۳۲۷، ۰/۱۸۸ و ۰/۱۰۸) بیشترین تأثیر را در طول دوره رشد درخت بِه دارند. همچنین نتایج تحلیل گزینه‌ها نشان داد که

مشکین‌شهر، سرعین، خلخال با امتیاز (۰/۰۸۸ و ۰/۰۸٦) نواحی مناسب برای کشت درخت بِه در استان اردبیل می‌باشند.

جدول ٦ -ماتریس معیارهای موردمطالعه برای کشت درخت بِه

معیاره/گزینه ها	بارندگی	متوسط دما	بیشینه دما	کمینه دما	ارتفاع	شیب	عمق خاک
اردبیل	۲۸۲	۱۱	۱۸	۵	۱۳۵۱	۵	۸۰
بیله سوار	۳۷۱	۱٦	۲۲	۱۱	۸۳	۵	۱۰۰
پارس آباد	۲٦٤	۱٦	۲۲	۱۰	٤۵	۵	۱۰۰
خلخال	۳٦۹	۱۰	۱۷	۳	۱۸۹۱	۱۰	۵۰
سرعین	۳۹۱	۱۱	۱۷	۵	۱٦۸۰	۱۰	۵۰
فرودگاه ار	۲۳۱	۱۰	۱۸	۳	۱۳۱۳	۵	۱۰۰
کوثر-گیوی	۲۸۱	۱٦	۲۳	٦	۱۲۵۳	۱۰	۵۰
گرمی	۳۰۹	۱٤	۲۰	۱۰	۸٦۰	۱۰	۵۰
مشگین	۳۸۷	۱۲	۱۸	۷	۱٤۲۲	۱۰	۵۰
نمین	۲۷۳	۱۰	۱۸	٦	۱٤۳۰	۱۰	۵۰
نیر	۳۵٤	۱۰	۱۸	٤	۱٦۱٦	۱۰	۵۰
دامنه سبلان	٦۳۰	٦	۱۵	۳	۲۱٦٤	۱٤	۵

پس از تشکیل ماتریس داده‌ها به‌منظور یکسان کردن مقیاس داده‌ها یا به عبارتی بی مقیاس کردن، اقدام به نرمال‌سازی داده‌ها از رابطه (۵) مدل آنتروپی شانون گردید و بدین ترتیب ماتریس نرمال معیارهای موردمطالعه برای کشت درخت بِه شکل گرفت (جدول، ۷).

جدول ۷ –ماتریس نرمال شده معیارهای موردمطالعه درکشت درخت بِه

معیاره/گزینه ها	بارندگی	متوسط دما	بیشینه دما	کمینه دما	ارتفاع	شیب	عمق خاک
اردبیل	۰.۰۶۸	۰.۰۷۷	۰.۰۸	۰.۰۶۸	۰.۰۸۹	۰.۰۴۸	۰.۱۰۹
بیله سوار	۰.۰۹	۰.۱۱۳	۰.۰۹۷	۰.۱۵۱	۰.۰۰۵	۰.۰۴۸	۰.۱۳۶
پارس آباد	۰.۰۶۴	۰.۱۱۳	۰.۰۹۷	۰.۱۳۷	۰.۰۰۳	۰.۰۴۸	۰.۱۳۶
خلخال	۰.۰۸۹	۰.۰۷	۰.۰۷۵	۰.۰۴۱	۰.۱۲۵	۰.۰۹۶	۰.۰۶۸
سرعین	۰.۰۹۴	۰.۰۷۷	۰.۰۷۵	۰.۰۶۸	۰.۱۱۱	۰.۰۹۶	۰.۰۶۸
فرودگاه ار	۰.۰۵۶	۰.۰۷	۰.۰۸	۰.۰۴۱	۰.۰۸۷	۰.۰۴۸	۰.۱۳۶
گیوی	۰.۰۶۸	۰.۱۱۳	۰.۱۰۲	۰.۰۸۲	۰.۰۸۳	۰.۰۹۶	۰.۰۶۸
گرمی	۰.۰۷۵	۰.۰۹۹	۰.۰۸۸	۰.۱۳۷	۰.۰۵۷	۰.۰۹۶	۰.۰۶۸
مشگین	۰.۰۹۳	۰.۰۸۵	۰.۰۸	۰.۰۹۶	۰.۰۹۴	۰.۰۹۶	۰.۰۶۸
نمین	۰.۰۶۶	۰.۰۷	۰.۰۸	۰.۰۸۲	۰.۰۹۵	۰.۰۹۶	۰.۰۶۸
نیر	۰.۰۸۵	۰.۰۷	۰.۰۸	۰.۰۵۵	۰.۱۰۷	۰.۰۹۶	۰.۰۶۸
دامنه سبلان	۰.۱۵۲	۰.۰۴۲	۰.۰۶۶	۰.۰۴۱	۰.۱۴۳	۰.۱۳۵	۰.۰۰۷

۳-۳-۱-برآورد آنتروپی شاخص‌ها (ej)، درجه انحراف (dj) و اهمیت شاخص‌ها نسبت به هم (wj)

در ادامه آنتروپی شاخص‌های مطرح در مراحل رشد درخت بِه (ej) از رابطه (٦) محاسبه شد و با محاسبه درجه انحراف (dj) و اوزان شاخص‌ها (wj) از روابط (۷) و (۸) مدل آنتروپی شانون اهمیت شاخص‌های مطرح در فرایند کشت درخت بِه در استان اردبیل مطابق جدول (۸) برآورد شد.

جدول ۸- برآورد آنتروپی، درجه انحراف و اوزان شاخص‌های مطرح در مراحل کشت درخت بِه

معیارها	بارندگی	متوسط دما	بیشینه دما	کمینه دما	ارتفاع	شیب	عمق خاک	
ln (12)	-۲.۴۴۷	-۲.۴۴۸	-۲.۴۷۶	-۲.۳۸۳	-۲.۳۰۷	-۲.۴۲۹	-۲.۳۷۱	
ej	۰.۹۸۴	۰.۹۸۴	۰.۹۹۵	۰.۹۵۸	۰.۹۲۷	۰.۹۷۶	۰.۹۵۳	
1-ej	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	
di=1-ej	۰.۰۱۶	۰.۰۱۶	۰.۰۰۵	۰.۰۴۲	۰.۰۷۳	۰.۰۲۴	۰.۰۴۷	w=۰.۲۳۳
di/w	۰.۲۲۳	۰.۲۲۳	۰.۲۲۳	۰.۲۲۳	۰.۲۲۳	۰.۲۲۳	۰.۲۲۳	
wj	۰.۰۷۲	۰.۰۷۲	۰.۰۲۲	۰.۱۸۸	۰.۳۲۷	۰.۱۰۸	۰.۲۱۱	

۳-۳-۲-رتبه‌بندی نواحی مستعد کشت درخت بِه در استان اردبیل

پس از تعیین ضریب اهمیت معیارها، اولویت نهایی راهبردها از ضرب مؤلفه‌های ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه گروهی در ضریب اهمیت شاخص‌ها ماتریس ضریب اولویت واحدها نسبت به هر شاخص شکل گرفت که درنهایت از مجموع سطری ضریب اولویت هر واحد، اولویت‌های نهایی واحدها برآورد شد (جدول، ۹). بر اساس تحلیل مدل آنتروپی شانون که مشاهده می‌شود که ایستگاه‌های مشکین‌شهر، سرعین، خلخال به ترتیب با امتیاز.۰۸۸، ۰.۰۸۸ و ۰/۰۸٦ نواحی مناسب برای کشت درخت بِه و سایر ایستگاه‌های موردمطالعه به ترتیب در رتبه بعدی قرار دارند.

جدول ۹- ماتریس ضریب اولویت گزینه‌ها و تعیین اولویت نهایی

معیاره/گزینه ها	بارندگی	متوسط دما	بیشینه دما	کمینه دما	ارتفاع	شیب	عمق خاک	جمع رتبه
اردبیل	۰.۰۰۵	۰.۰۰٦	۰.۰۰۲	۰.۰۱۳	۰.۰۲۹	۰.۰۰۵	۰.۰۲۳	۰.۰۸۳
بیله سوار	۰.۰۰٦	۰.۰۰۸	۰.۰۰۲	۰.۰۲۸	۰.۰۰۲	۰.۰۰۵	۰.۰۲۹	۰.۰۸
پارس آباد	۰.۰۰۵	۰.۰۰۸	۰.۰۰۲	۰.۰۲٦	۰.۰۰۱	۰.۰۰۵	۰.۰۲۹	۰.۰۷٦
خلخال	۰.۰۰٦	۰.۰۰۵	۰.۰۰۲	۰.۰۰۸	۰.۰٤۱	۰.۰۱	۰.۰۱٤	۰.۰۸٦
سرعین	۰.۰۰۷	۰.۰۰٦	۰.۰۰۲	۰.۰۱۳	۰.۰۳٦	۰.۰۱	۰.۰۱٤	۰.۰۸۸
فرودگاه ار	۰.۰۰٤	۰.۰۰۵	۰.۰۰۲	۰.۰۰۸	۰.۰۲۸	۰.۰۰۵	۰.۰۲۹	۰.۰۸۱
کوثر-گیوی	۰.۰۰۵	۰.۰۰۸	۰.۰۰۲	۰.۰۱۵	۰.۰۲۷	۰.۰۱	۰.۰۱٤	۰.۰۸۱
گرمی	۰.۰۰۵	۰.۰۰۷	۰.۰۰۲	۰.۰۲٦	۰.۰۱۹	۰.۰۱	۰.۰۱٤	۰.۰۸۳
مشگین	۰.۰۰۷	۰.۰۰٦	۰.۰۰۲	۰.۰۱۸	۰.۰۳۱	۰.۰۱	۰.۰۱٤	۰.۰۸۸
نمین	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۲	۰.۰۱۵	۰.۰۳۱	۰.۰۱	۰.۰۱٤	۰.۰۸۲
نیر	۰.۰۰٦	۰.۰۰۵	۰.۰۰۲	۰.۰۱	۰.۰۳۵	۰.۰۱	۰.۰۱٤	۰.۰۸۲
دامنه سبلان	۰.۰۱۱	۰.۰۰۳	۰.۰۰۱	۰.۰۰۸	۰.۰٤۷	۰.۰۱۵	۰.۰۰۱	۰.۰۸٦

۳-٤-روش دیمتل

به‌منظور ارزیابی روابط بین معیارها از روش دیمتل بر اساس روشی بیان شده استفاده گردید. در گام نخست روابط بین معیارها بر اساس نیاز مطلوب اقلیمی درخت بِه تعیین گردید. سپس ماتریس اولیه معیارها ایجاد شد و در گام‌های بعدی ماتریس روابط مستقیم و ماتریس کلی به دست آمد در (جدول، ۱۰) ماتریس اولیه را نشان می‌دهد. سپس مطابق گام دوم ماتریس نرمالیزه شده محاسبه‌شده

جدول ۱۰ ماتریس روابط مستقیم

معیارها	بارندگی	متوسط دما	حداکثر دما	حداقل دما	شیب	ارتفاع	عمق خاک	جمع
بارندگی	۰	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۱۸
متوسط دما	۲	۰	۳	۳	۳	۲	۳	۱۶
حداکثر دما	۱	۲	۰	۲	۲	۲	۲	۱۱
حداقل دما	۱	۲	۲	۰	۲	۲	۲	۱۱
شیب	۲	۲	۲	۲	۰	۲	۳	۱۳
ارتفاع	۳	۳	۳	۳	۳	۰	۳	۱۸
عمق خاک	۲	۲	۲	۳	۳	۲	۰	۱۴

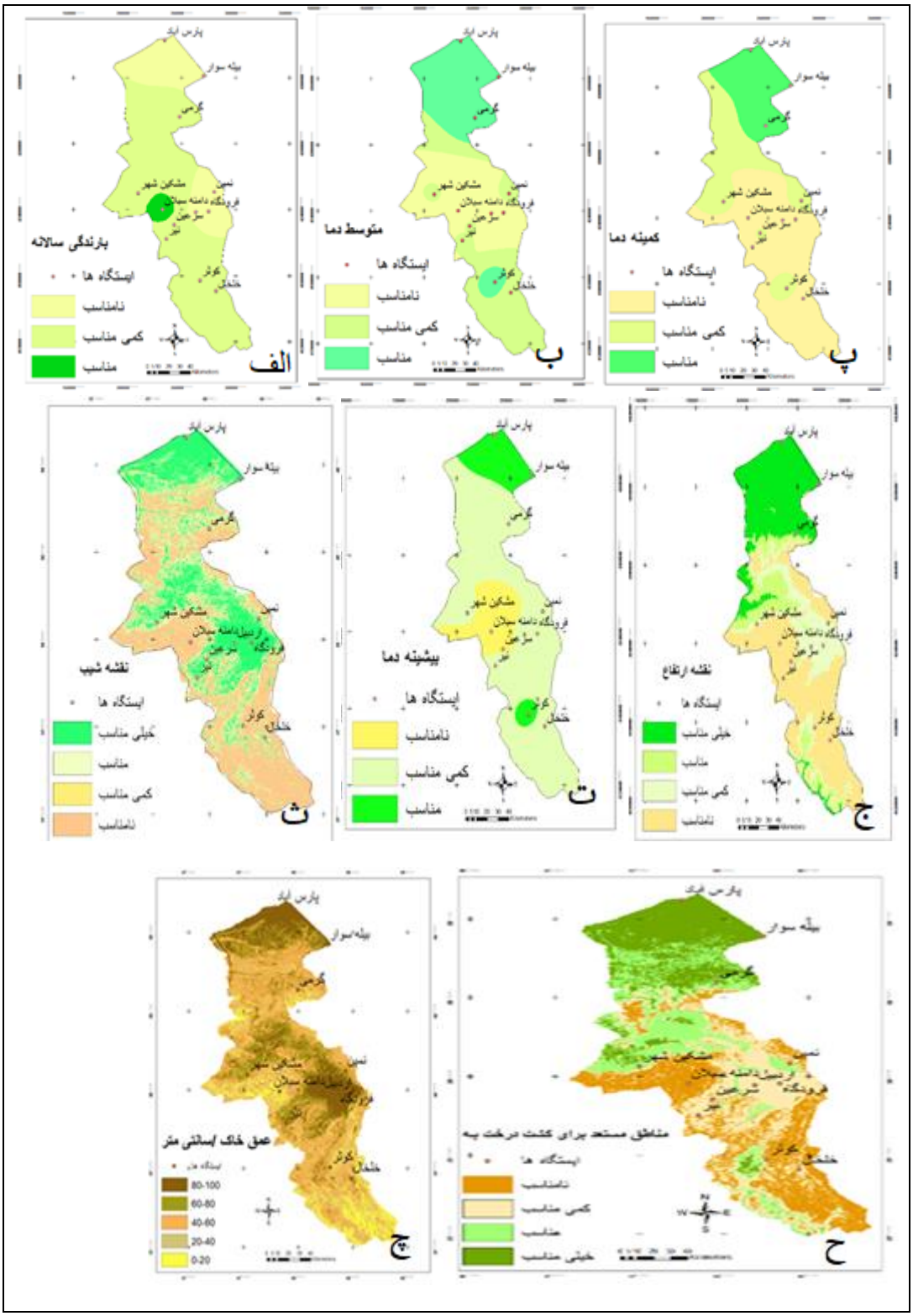
سپس مطابق گام دوم ماتریس نرمالیزه شده محاسبه‌شده و بر اساس گام سوم ماتریس کلی ایجاد شد که در جدول (۱۱) نمایش داده‌شده است و درنهایت بر اساس ماتریس روابط کلی نمودار علی ترسیم می‌گردد. با توجه به ماتریس روابط کلی معیار شاخص بارندگی، ارتفاع و متوسط دما به ترتیب تأثیر بیشتری نسبت به سایر معیارهای موردمطالعه در مراحل کشت درخت بِه در استان اردبیل دارند؛ زیرا خالص R-D عدم وابستگی (خالص اثرگذاری) آن‌ها مثبت است. این بدان معنی است که نسبت به ٤ شاخص دیگر که R-D آن‌ها منفی است اهمیت بیشتری دارند. در مقایسه شاخص‌های بارش، ارتفاع و متوسط دما می‌توان گفت که شاخص با توجه به میزان وابستگی R+D از موقعیت مهم‌تری برخوردار است.

جدول ۱۱ ماتریس کلی

شاخص ها	باران	متوسط دما	حد اکثر دما	حداقل دما	شیب	ارتفاع	عمق خاک	R	D	R+D	R-D
بارندگی	۰.٤١٦	۰.٦٥٧	۰.٦٩	۰.٧٢٦	۰.٧٢٦	۰.٦٢٦	۰.٧٢٦	٤.٥٦٦	٢.٩٢١	٧.٤٨٦	١.٦٤٥
متوسط دما	۰.٤٦٥	۰.٤٥٢	۰.٦٢٥	۰.٦٥٧	۰.٦٥٧	۰.٥٢٧	۰.٦٥٧	٤.٠٤	٣.٦١٥	٧.٦٥٥	۰.٤٢٥
حداکثر دما	۰.٣٢	۰.٤٢٨	۰.٣٤٩	۰.٤٧٣	۰.٤٧٣	۰.٤٠٨	۰.٤٧٣	٢.٩٢٣	٣.٨٤٤	٦.٧٦٨	-۰.٩٢١
حداقل دما	۰.٣٢	۰.٤٢٨	۰.٤٤٩	۰.٣٧٣	۰.٤٧٣	۰.٤٠٨	۰.٤٧٣	٢.٩٢٣	٤.٠٩٧	٧.٠٢	-١.١٧٣
شیب	۰.٤١٣	۰.٤٨٦	۰.٥١	۰.٥٣٩	۰.٤٣٩	۰.٤٦٣	۰.٥٨٢	٣.٤٣٣	٤.٠٩٧	٧.٥٢٩	-۰.٦٦٤
ارتفاع	۰.٥٥٨	۰.٦٥٧	۰.٦٩	۰.٧٢٦	۰.٧٢٦	۰.٤٨٤	۰.٧٢٦	٤.٥٦٦	٣.٣٩٨	٧.٩٦٤	١.١٦٧
عمق خاک	۰.٤٢٨	۰.٥٠٦	۰.٥٣١	۰.٦٠٤	۰.٦٠٤	۰.٤٨٣	۰.٤٦٢	٣.٦١٨	٤.٠٩٧	٧.٧١٤	-۰.٤٧٩
D	٢.٩٢١	٣.٦١٥	٣.٨٤٤	٤.٠٩٧	٤.٠٩٧	٣.٣٩٨	٤.٠٩٧				

۳-۵-روش ترکیبی خطی وزنی WLC

بر اساس نیازهای مطلوب اقلیمی درخت به، معیارهای موردمطالعه جداگانه بر اساس روش WLC ارزش‌گذاری شدند و نقشه پتانسیل کشت درخت بِه، برای هر معیار در (شکل، ۵ الف تا ج) تعیین گردید. نتایج هریک از معیارها نشان‌دهنده این است که؛ ازلحاظ بارش حدود ۱۰ درصد از مساحت استان مناسب، ٦٥ درصد کمی مناسب و ۲۵ درصد نامناسب، بر اساس متوسط دما حدود ٦٤ درصد مناسب، ۳۱ درصد کمی مناسب، در معیار کمینه دما حدود ۲۱ درصد مناسب، ۷۵ درصد کمی مناسب و ٤ درصد نامناسب و در بیشینه دما حدود ١٦ درصد مناسب، ٦٤ درصد کمی مناسب و ۲۰ درصد نامناسب و در تأثیر ارتفاع حدود ۳۱ درصد مناسب،۱۸ درصد کمی مناسب و ٤١ درصد نامناسب برای کشت درخت بِه در استان اردبیل هستند. نقشه برونداد حاصل از روش ترکیبی خطی وزنی برای ارزیابی و پهنه‌بندی کشت درخت بِه در استان اردبیل انجام شد و نتایج نشان داد که؛ حدود ۲۷ درصد از مساحت استان اردبیل خیلی مناسب، ۳۱ درصد مناسب، ۲۰ درصد کمی مناسب و ۲۲ درصد نامناسب برای کشت درخت بِه است.



شکل ۵ -پهنه‌بندی کشت درخت به بر اساس معیارهای موردمطالعه با

٤-نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای پهنه‌بندی کشت درخت بِه از روش‌های AHP، ANP، Antropy shanon، DEMATEL و WLC و همچنین از هفت معیار بارش، متوسط دما، کمینه دما، بیشینه دما، ارتفاع، شیب و عمق خاک استفاده شد. با بهره‌گیری از نیاز مطلوب اقلیمی درخت بِه، به‌وسیله نرم‌افزارهای Exper Choice و SuperDicisionوزن‌های معیارها محاسبه گردید. نتایج نشان داد که در هریک روش‌های موردمطالعه، ازلحاظ وزن دهی و پهنه‌بندی برای درخت به تأثیر دارند که؛ درروش سلسله مراتبی، محاسبه ارزش وزنی معیارها و پهنه‌بندی مکان مناسب برای کشت درخت بِه، بررسی و نتایج نشان داد که؛ ارتفاع، بارندگی و بیشینه دما به ترتیب با وزن ۰/۲۵٦، ۰/۱۹۹ و ۱۷۳ بیشترین تأثیر در طول دوره رشد درخت بِه دارند و همچنین بر اساس نقشه استخراج‌شده از روش AHP حدود ۱۱ درصد از مساحت استان دارای استعداد بسیار مناسب و مناسب، ٦۵ درصد کمی مناسب و ۱٦ درصد نامناسب و فاقد استعداد لازم برای کشت درخت بِه است که بامطالعه (سبحانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۱۱) در دشت مغان مطابقت دارد. نتایج معیارهای موردمطالعه با استفاده از روش‌های ANP نشان داد که بارندگی با وزن ۰/٤۰۹، متوسط دما با وزن ۰/۲۸۹ و توپوگرافی با وزن ۰/۲۰٤ بااهمیت‌ترین شاخص و درنتیجه بیشترین تأثیر در پهنه‌بندی کشت درخت بِه را در استان اردبیل دارند و ایستگاه‌های پارس‌آباد با وزن ۰/۱۲۹، مشکین‌شهر با وزن ۰/۰۷٦ و خلخال ۰./۰٦۸ بااهمیت‌ترین مکان برای کشت درخت بِه در استان اردبیل شناخته‌شده‌اند. این نتایج با نتیجه مطالعه (پورهادیان، ۱٤۰۰: ۳۱۵) در استان لرستان در مورد تناسب کشت ارزن با روش ANP همخوانی دارد. نتایج حاصل از محاسبه وزن معیارها با روش آنتروپی شانون نشان داد که ارتفاع، کمینه دما و شیب به ترتیب با کسب بالاترین امتیاز (۰/۳۲۷، ۰/۱۸۸ و ۰/۱۰۸) بیشترین تأثیر را در طول دوره رشد درخت بِه دارند و نتایج تحلیل گزینه‌ها نشان داد که مشکین‌شهر، سرعین، خلخال با امتیاز (۰/۰۸۸ و ۰/۰۸٦) نواحی مناسب برای کشت درخت بِه در استان اردبیل هستند که با یافته تحقیق (عرب عامری، ۱۳۹۷) در مورد پهنه‌بندی لغزش زمین با روش آنتروپی شانون در حوزه کارون مطابقت دارد. یافته‌های تحقیق در مورد روش دیمتل نشان داد که شاخص بارندگی، ارتفاع و متوسط دما به ترتیب تأثیر بیشتری نسبت به سایر معیارهای موردمطالعه در مراحل کشت درخت بِه در استان اردبیل دارند؛ زیرا خالص R-D عدم وابستگی (خالص اثرگذاری) آن‌ها مثبت است که نسبت به ٤ شاخص دیگر که R-D آن‌ها منفی است اهمیت بیشتری دارند. این تحقیق با نتایج مطالعه (پورخباز و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۵۱) در مورد آنالیز اراضی کشاورزی با مدل دیمتل همخوانی دارد. نتایج تلفیق معیارها با روش WLC در محیط GIS نشان داد حدود ۲۷ درصد از مساحت استان اردبیل خیلی مناسب، ۳۱ درصد مناسب، ۲۰ درصد کمی مناسب و ۲۲ درصد نامناسب برای کشت درخت بِه است. به‌جز متوسط دما، هرکدام از معیارها در نواحی مختلف باعث محدودیت در مراحل کشت درخت بِه می‌شوند. نتایج این تحقیق با مطالعات (کارپیشه، ۱٤۰۱: ٤۱۳؛ آلیانی و همکاران، ۱٤۰۱: ۱۷۳؛ Beyene et al, 2022)

در مورداستفاده روش WLC در پهنه‌بندی همخوانی دارد. نتایج روش‌های موردمطالعه در مورد پهنه‌بندی کشت درخت به در استان اردبیل نشان داد که متوسط دما و بیشینه دما و ارتفاع مهم‌ترین شاخص درکشت درخت بِه در استان اردبیل هستند؛ اما شاخص‌های باران، کمینه دما، شیب و عمق خاک در بعضی نواحی استان محدودیت زیادی را برای کشت درخت بِه ایجاد می‌کند که در نتایج تحقیق روش‌های موردمطالعه نشان داده‌شده است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله نویسنده مقاله، از دانشگاه محقق اردبیلی که این پژوهش با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه به شماره قرارداد ۱۴۰۲/د/۹/۱۰۶۹۷ صورت گرفته کمال تشکر و سپاسگزاری را دارد.

منابع

۱-اصغری، عزت‌الله و محمدی بالانی، عبدالکریم (۱۳۹۷). تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۲-آلیانی، حمیده؛ قنبری مطلق، محدثه و حلیمی، منصور (۱۴۰۱). مقایسه دو مدل WLC و TOPSIS در آنالیز تناسب اراضی توسعه شهری (مطالعه موردی: فومن و شفت). نشریه تحقیقات علوم جغرافیایی، سال ۲۲، شماره ۶۵، ص ۱۷۳-۱۹۱.

۳-امین زاده، مرضیه و سبحانی، بهروز (۱۴۰۱). پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی کشت درخت بِه با استفاده از روش‌های سلسله مراتبی و سلسله مراتبی فازی در جنوب استان اردبیل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی.

۴-ایمانی، مهرداد و سبحانی، بهروز. (۱۳۹۷). پهنه‌بندی آگروکلیماتیک کشت درخت بِه در استان اردبیل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی.

۵-پورخباز، حمیدرضا؛ جوانمردی، سعیده؛ یاوری، احمدرضا و فرجی سبکبار، حسنعلی (۱۳۹۲). کاربرد روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل تلفیقی ANP-DEMATEL در آنالیز تناسب اراضی کشاورزی دشت قزوین. محیط‌شناسی، دوره ۳۹، شماره ۳، ص ۱۶۴-۱۵۱.

۶-پورهادیان، حسین (۱۴۰۰). تناسب بندی اراضی لرستان برای کشت دوم ارزن علوفه‌ای به کمک GIS و ANP و منطق فازی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، سال ۳۱، شماره ۴، ص ۳۰۲-۳۱۵.

۷-توکلی، حمید (۱۳۹۸). ارزیابی و مقایسه، شرایط اقلیم نظامی استان کردستان و ایلام. جغرافیا و روابط انسانی. دوره ۲، شماره ۱، ص ۳۹۶-۳۸۷.

۸-جکسون، د؛ لونی، ن، بانکر، م و تایل، ک (۱۳۹۲). تولید میوه‌های معتدله و نیمه گرمسیری. ترجمه حسین را دنیا، تهران: انتشارات آییژ.

۹-جلیلی مرندی، رسول (۱۳۹٤). میوه کاری. ارومیه: انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه.

۱۰-دنیایی، مجتبی و ریاحی، وحید (۱٤۰۰). تحلیل روند خشک‌سالی و روش‌های سازگاری با آن (نمونه موردی: شهرستان شبستر). جغرافیا و روابط انسانی، دوره ٤، شماره ۲، ص ٤۸۷-٤٦٦.

۱۱-سبحانی، بهروز؛ صفریان، وحید و قاسم‌آبادی، زهرا (۱۳۹۸). بررسی شرایط آب‌وهوایی دشت مغان برای کشت محصول پنبه با روش ANP، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی. سال ۱۰، شماره ۳۷، ص ۱۱۱-۱۲۲.

۱۲-عبدالهی، حمید (۱۳۹۳). راهنمای عملی کشت و پرورش درختان میوه دانه‌دار (سیب، گلابی و به). تهران: انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی.

۱۳-عرب عامری، علیرضا، رضایی، خلیل، شیرانی، کورش، یمانی، مجتبی (۱۳۹۷). تعیین عرصه‌های حساس به لغزش با استفاده از روش ترکیبی نوین آنتروپی شانون-ارزش اطلاعات (مطالعه موردی حوضه سر خون کارون). پژوهشنامه مدیریت آبخیز، دوره ۹، شماره،۱۷ ص ۱٤٤-۱۳۲.

۱۴-علی نژاد، علیرضا و خلیلی، جواد ۱۳۹٦. تکنیک‌های نوین در تصمیم‌گیری جلد دوم، جهاد دانشگاهی امیرکبیر.

۱۵-کارپیشه، لیلا (۱٤۰۱). شناسایی چالش‌های کاربرد کشاورزی دقیق از دیدگاه کارشناسان کشاورزی استان اردبیل. جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۵، شماره ۱، ص ٤۲۱-٤۱۳.

۱٦-مجید، مخدوم (۱۳۸۹). شالوده آمایش سرزمین. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۱۷-مرادی، هوشنگ (۱۳۹۹). ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی در پهنه‌بندی عناصر اقلیمی استان ایلام. جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۲، شماره ٤، ص ۱۵-۱.

۱۸-وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸۸). دستورالعمل احداث باغ در اراضی شیب‌دار. تهران: نشریه شماره ۵۱۰.

۱۹-وزارت جهاد کشاورزی (۱٤۰۰). تهران: آمارنامه جهاد کشاورزی.

۲۰-ووست وود، ام ان (۱۳۷۰). میوه کاری در مناطق معتدله. (ترجمه‌ی. رسول زادگان). اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان.

21-Alvarenga, A.A., Abrahao, E., Pio, R., Assis, F.A., and de Oliveira, N.C. (2008). Comparacao entre doces produzidos a partir de frutos de diferentes especies e cultivares de marmeleiro (Cydonia oblonga Miller and Chaenomeles sinensis Koehne). Cienc. Agrotec. 32 (1): 302–307 http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000100043.

22-Andrade, P.B., Carvalho, A.R.F., Seabra, R.M., and Ferreira, M.A. (1998). A previous study of phenolic profiles of quince, pear, and apple purees by HPLC diode array detection for the evaluation of quince puree genuineness. Journal Agricultural. Food. 46 (3): 968–972. http://dx.doi.org/10.1021/jf970571j.

23-Beyene, G., Dechassa, N., Regasa, A, and Wogi, L. (2022). Land Suitability Assessment for Apple (Malus domestica) Production in Sentele Watershed in Hadiya Zone, Southern Ethiopia. Hindawi Applied and Environmental Soil Science, https://doi.org/10.1155/2022/4436417.
24-Chozom, K and Nimasow, G. (2021). GIS- and AHP-based land suitability analysis of malus domestica borkh. (apple) in west kameng district of Arunachal Pradesh, Indi, Applied Geomatics, DOI:10.1007/s12518-021-00354-7.
25-Coutinho, G., Pio, R., Souza, F.B.M., Daniela da Hora Farias, D.H., Bruzi, A.Tand Guimar, P. H. S. (2019). Multivariate Analysis and Selection Indices to Identify Superior Quince Cultivars for Cultivation in the Tropics.Hortscience, 75 (8): 1324-1329. https://doi.org/10.21273/HORTSCI14004-19.
26-Dahal, K., Li, X.Q., Tai, H., Creelman, A., Bizimungu, B. (2019). Improving potato stress tolerance and tuber yield under a climate change scenario – a current overview. Front Plant Science. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00563.
27-Ding, X., Jiang, Y., Hao, T., Jin, H., Zhang, H., He, L., Zhou, Q., Huang, D., Hui, D., Yu, J.(2016). Effects of heat shock on photosynthetic properties, antioxidant enzyme activity, and downy mildew of cucumber (Cucumis sativus L). PLoS One 11, 1–15. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152429.
28-Duraka, R, Dampca, J and, Dampc, J.(2020). Role of temperature on the interaction between Japanese quince Chaenomeles japonica and herbivorous insect Aphis pomi (Hemiptera: Aphidoidea). environmental and Experimental Botany, https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104100
29-FAO. (2020). FAOSTAT database.www.fao.org.
30-Grinan,I., Galindo,A., Rodriguez,P., Morales, D., Corell, M., Centeno, A., Gonzalez, J., Torrecillas, A., Carbonell-Barrachina, A.A and. Hernandez, F.(2019). Volatile composition and sensory and quality attributes of quince (Cydonia oblonga Mill.) fruits as affected by water stress. 224: 68-74 Scientia Horticulturae, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.013.
31-Jakobija, I and Bankina, B. (2018). Incidence of fruit on japanese quince in latvia, Agricultural sciences,, DOI: 10.22616/rrd.24.2018.055.
32-Kim, H and Shim, K. (2018). Land suitability assessment for apple (Malus domestica) in the Republic of Korea using integrated soil and climate information, MLCM and AHP,«International Journal of Agriculture and Biological Engineering, 11(2): 139–144.
33-Madrigal-Martinez, S.Y and Puga-Calderon, R.J.(2018). Land suitability and sensitivity analysis for planning apple growing in mala's valley. Peru Bioagro, 30(2): 95–106.
34-Moradi, S., Koushesh Saba, M., Mozafari, A.A., and Abdollahi, H. (2017). Physical and Biochemical Changes of Some Iranian Quince (Cydonia oblonga Mill) Genotypes during Cold Storage. Journal Agricultural Science Technology. 19: 377-388.
35-Patel, N.C., Rathod, B.G., Shah, V.N., and Mahajan, A.N. (2011). Cydonia vulgaris Pers.: a review on diversity, cultivation, chemistry and utilization. Der Pharmacia Lettre 3, 51–61.
36-Radovic, a., Nikolic, D., -Cerovic, R., Milatovic, D., Rakonjac, V., Bakic, I. (2020). The effect of temperature on pollen germination and pollen tube growth of quince cultivars. International Society for Horticultural Science, 10.17660/ActaHortic.2020.1289.10.
37-Rop, O., Balik, J., Raeznicek, V., Jurikova, T., Sꞩkardova, P., Salas, P., Sochor, J., Mlcek, J., and Kramarova, D. (2011). Chemical characteristics of fruits of some selected quince (Cydonia oblonga Mill.) cultivars. Czech Journal Food Science. 29, 65–73.
38-Saaty TL and vargas LG. (1997). Predictin, Proecton and forecasting. Kluwer Academic Publishers,Dorderecht

39-Sonmez, N.K. Sonmez, S., Coslu, M and urkkan,, H. R.(2019). Determination of suitable areas of apple cultivation with AHP and GIS. International Journal of Agriculture, Forestry and Life Science, 3 (1): 1-8.
40-Wani, N., Khan, I.A., Wani, I.A., Akhter, S., Malik, A.R., and Ganie, M.A. (2012) Study of variability in quince (Cydonia oblonga Mill.) population from Budgam and Baramulla districts of Kashmir Valley. Plant Arch. 12, 1081– 1084.
41-Xu, W., Miao, Y., Zhu, S., Cheng, J and Jin, J. (2023). Modelling the Geographical Distribution Pattern of Apple Trees on the Loess Plateau, China, Agriculture, https://doi.org/10.3390/agriculture13020291.