تعیین مناطق مستعد کشت علوفه ارزن در استان اردبیل با استفاده از روش‌های AHP, ANP, DEMATEL, Antropy Shanon and WLC،

بهروز سبحانی [*۱]

۱*- دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

ایمیل نویسنده مسئول: sobhani@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۹

=چکیده

گیاه علوفه ارزن یکی از نباتات مهم در ایران و جهان است و به علت دارا بودن مواد غذایی فراوان و مقاومت آن به خشکی، برتری خاصی نسبت به علوفه‌های دیگر دارد. هدف از این تحقیق شناسایی نواحی مستعد کشت علوفه ارزن در استان اردبیل با روش‌های چندمعیاره و با استفاده از داده‌های عناصر و عوامل اقلیمی؛ بارندگی، متوسط دما، کمینه دما، بیشینه دما، ارتفاع، شیب و عمق خاک است. برای تعیین وزن معیارها و گزینه‌ها از روش‌های AHP, ANP, DEMATEL, Antropy Shanon and WLC استفاده گردید. با استفاده روش ترکیب خطی وزنی در محیط GIS لایه‌های اطلاعاتی با همدیگر تلفیق و نقشه نهایی کشت علوفه ارزن تهیه شد. نتایج نشان داد که حدود ۲۵ درصد خیلی مناسب، ۳۶ درصد مناسب، ۳۰ درصد کمی مناسب و ٤/۰۵ درصد نامناسب برای کشت علوفه ارزن در استان اردبیل است. نتایج مدل‌های AHP, ANP, DEMATE نشان داد که معیارهای بارندگی و دما و در مدل Antropy Shanon ارتفاع و شیب بیشتر تأثیر را در طول دوره رشد علوفه ارزن دارند. طبقه‌بندی خروجی مدل های Antropy Shanon و WLC در مورد گزینه‌ها نشان داد که مناطق کشت علوفه ارزن در هر دو روش همپوشانی دارند و مناطق شمالی و مرکزی استان دارای شرایط مستعد برای کشت علوفه ارزن هستند.

کلمات کلیدی

" آب و هواشناسی "، "استان اردبیل"، "روش‌های چندمعیاره"، " علوفه ارزن "،

۱- مقدمه

ارزن یکی از غلات سنتی در نواحی خشک و نیمه‌خشک مناطق گرمسیری محسوب می‌شود که از تحمل بالایی نسبت به تنش خشکی و شوری برخوردار است. ارزن در بین غلات پس از گندم، برنج، ذرت، جو و سورگوم در رتبه ششم اهمیت قرار دارد. علی‌رغم اهمیت زراعی ارزن در زمان‌های گذشته و حالا نیز جایگاه ویژه در کشاورزی دارد (نباتی و رضوانی مقدم، ۱۳۸۹). سازگاری و مقاومت این گیاه به شرایط نامساعد محیطی آن را در بسیاری از کشورهای گرمسیر جهان، از غرب آفریقا تا شبه‌قاره هند گسترش داده و این گیاه را به‌صورت یک گیاه زراعی مهم درآورده است. دانه ارزن علاوه بر مصرف علوفه‌ای دام و طیور، توسط انسان نیز مصرف می‌شود و امروزه غذای حدود ۵۰۰ میلیون نفر از مردم کره زمین را تشکیل می‌دهد. این گیاه مساحتی بیش از ۱۹ میلیون هکتار در آفریقا و حدود ۱۵ میلیون هکتار در آسیا را زیر کشت خود دارد. به‌غیراز این در سایر نقاط دنیا نیز کم‌وبیش به کشت این گیاه ارزشمند اقدام می‌شود (آقا علیخانی، ۱۳۹۲). از سوی دیگر روش‌های صحیح مدیریت زراعی برای استفاده حداکثری از ظرفیت‌های محیط و تعیین مناسب‌ترین شرایط رشد، به‌منظور افزایش عملکرد و ارتقای بهره‌وری از منابع موجود، همواره موردنظر محققین بوده است (Fernandes, ۱۹۹۲). امروزه گیاهان متنوعی جهت تولید علوفه کشت می‌گردد که در بین آن‌ها علوفه ارزن با توجه به سازگاری با شرایط اقلیم خشک جایگاه خاصی دارد. آمار سطح زیر کشت ارزن در سال ۲۰۱۷ حدود ۸/۹ هزار هکتار و میزان تولید آن ۱۸/٤ هزار تن گزارش‌شده است. بر اساس آخرین آمار فائو در سال ۲۰۱۷ سطح زیر کشت ارزن در جهان ۳۱/۲ میلیون هکتار بوده است که از این سطح زیر کشت حدود ۲۸/٤ میلیون تن ارزن تولیدشده است (مهاجر خراسانی و اعلمی، ۱۳۹۸ و فائو، ۲۰۱۷). (Roy and Bisara, ۱۹۹۲) بارندگی و خاک مهم‌ترین منابع محیطی هستند که می‌توانند باعث افزایش و یا کاهش عملکرد ارزن شوند؛ بنابراین ذخایر محدود آب برای آبیاری از دلایلی است که بسیاری از کشاورزان را برمی‌انگیزد تا مقدار آب کمتری نسبت به آنچه برای به دست آوردن حداکثر محصول لازم است را به‌کارگیرند (Nielson et al, ۲۰۱۲). در مورد تعیین مناطق مستعد برای کشت علوفه ارزن پژوهش‌های انجام‌شده از جمله: سید شریفی و حکم علی پور (۱۳۸۹) نیازهای مطلوب اقلیمی برای کشت ارزن را به شرح زیر مطالعه کردند؛ ارزن گیاهی است که بیشتر در مناطق گرمسیری و به‌طور گسترده در افریقا و آسیا کشت می‌شود. این گیاه یکی از مقاوم‌ترین غلات نسبت به

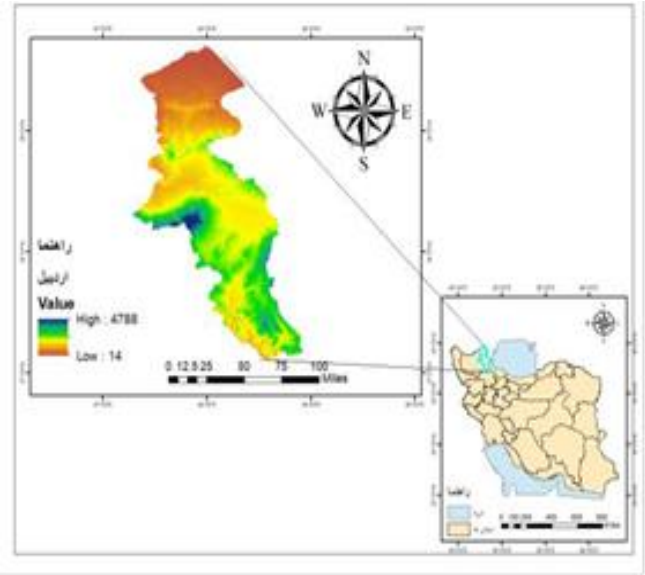
خشکی است در برخی از مناطق هندوستان در ایالات راجستان با ۵۰ میلی‌متر بارندگی سالانه کشت می‌شود. در حالت کلی، میزان بارندگی سالانه در اراضی تحت کشت این گیاه از ۱۵۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر متغیر است. این گیاه در اراضی فقیر با حاصل خیزی اندک و ظرفیت نگهداری رطوبت کم کشت می‌شود. مناسب‌ترین دما برای کشت ارزن ۲۰ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد است. بیشترین میزان جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد روزانه و ۲۰ درجه سانتی‌گراد شبانه صورت می‌گیرد. دمای پایین رشد جوانه‌زنی را در ارزن کندتر می‌کند. در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد فتوسنتز ناچیز می‌شود. در دمای نزدیک به صفر درجه سانتی‌گراد گیاه ارزن از بین می‌رود. دامنه ارتفاع برای رشد گیاه علوفه‌ای ارزن ۸۰۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا و در عرض‌های جغرافیایی ۱۴ تا ۳۲ درجه نیمکره شمالی و جنوبی است. حداقل دمای لازم برای جوانه‌زنی حدود ۱۲ درجه سانتی‌گراد و دمای بهینه ۳۳ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد و دمای حداکثر برای جوانه‌زنی ۴۸ درجه سانتی‌گراد است. خواجه پور (۱۳۹۲) نیازهای مطلوب اقلیمی برای کشت علوفه ارزن را بررسی نموده‌اند که؛ ارزن گیاهی گرمادوست است. حداقل دمای خاک برای شروع جوانه‌زنی آن ۱۴ درجه سانتی‌گراد است. دمای مناسب برای جوانه‌زنی ارزن ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است. دمای پایه برای ارزن ۱۰ و حداکثر ۳۰ درجه سانتی‌گراد است. رشد ارزن در میانگین دمای شبانه‌روزی کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد ناچیز و در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد متوقف می‌شود. ارزن در اکثر خاک‌ها به استثنا خاک‌های درشت شنی (به دلیل محدودیت ظرفیت آبگیری) رشد می‌کند. PH مناسب برای رشد آن ۶ تا ۷ و مقدار آب آستانه برای تولید ارزن در شرایط دیم حدود ۱۵۰ میلی‌متر برآورد گردیده است. مجنون حسینی (۱۳۹۴) شرایط محیطی موردنیاز برای کشت ارزن را بررسی و نتایج نشان داد که ارزن گیاه مناطق گرمسیری است و در مقابل خشکی بسیار مقاوم است و طوری کشت شود که قبل از شروع یخبندان سیکل رشد که حدود ۶۵ تا ۷۰ روز است به پایان برسد. در غیر این صورت با شروع یخبندان عملکرد ارزن کاهش خواهد یافت. بذر ارزن در صورت مساعد بودن شرایط، در دمای ۱۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد طی ۲ تا ۴ روز به‌خوبی جوانه می‌زند. صفر فیزیولوژیکی ارزن حدود ۱۰ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد است. گیاه ارزن دارای سه مرحله رشد است که؛ مرحله اول جوانه‌زنی تا تمایز اندام‌های زایشی، مرحله دوم از ابتدای تمایز اندام‌های زایشی تا ابتدای گل‌دهی و مرحله سوم رشد از ابتدای گل‌دهی تا آخر بلوغ فیزیولوژیکی را شامل می‌شود. رشد این گیاه در ۴ هفته اول کند است ولی پس‌ازآن وارد فاز سریع رشد ساقه و گل‌دهی می‌شود. گل‌دهی ارزن حدود ۴۰ تا ۵۰ روز پس از سبز شدن آغاز می‌شود و ۳۰ الی ۴۰ روز پس از گل‌دهی به رسیدگی فیزیولوژیکی می‌رسد. این گیاه مقاومت خوبی در برابر کم‌آبی دارد ولی جهت تولید علوفه بیشتر و بهتر، دوره آبیاری ۷ تا ۱۰ روز مناسب است. بهترین خاک برای رشد ارزن لومی شنی با زهکشی خوب است. خدابنده (۱۳۸۲) نیازهای اقلیمی ارزن بررسی نموده‌اند که درجه حرارت، نور و رطوبت مهم‌ترین عوامل آب و هوایی درکشت ارزن می‌باشند. این گیاه برای رشد و نمو خود باید در مناطق معتدل و یا گرم که حداقل درجه حرارت محیط ۱۷ درجه سانتی‌گراد باشد کشت گردد. حداقل درجه حرارت لازم برای تولید جوانه و خروج جوانه از خاک بین ۱۰ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد و نیاز کلی ارزن به حرارت در ارقام زودرس ۸۰ تا ۱۰۰ روز است به ۲۱۰۰ تا ۲۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و در انواع دیررس که دوره رشد آن به ۱۵۰ روز می‌رسد بین ۲۳۵۰ تا ۲۸۸۰ درجه حرارت نیاز دارد. نیاز ارزن به حرارت در طول دوره رشد؛ از کاشت تا تولید جوانه ۱۸۰ تا ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد، از مرحله تولید جوانه تا گل دادن ۱۲۰۰ تا ۱۲۱۰ درجه سانتی‌گراد و از گل دادن تا رسیدن ۷۱۵ تا ۷۲۰ درجه سانتی‌گراد. ارزن در برابر سرما و یخبندان بسیار حساس است و درصورتی‌که در مناطق کوهستانی کشت شود دوره رشد آن طولانی می‌گردد. در بعضی از کشورها مانند هندوستان و اتیوپی که آب‌وهوای گرم دارند ارزن را تا ارتفاع ۲۵۰۰ متری از سطح دریا کشت می‌نمایند. بهترین و مناسب‌ترین درجه حرارت برای رشد و نمو کامل ارزن در دوره رشد حدود ۲۷ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد ده و حداکثر تحمل آن در برابر گرما حدود ۴۴ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد است. ارزن در طول دوره رشد به نور زیادی نیاز دارد و در محیط‌هایی که طول روز ۱۲ ساعت باشد به‌خوبی رشد می‌نماید و ازنظر کلی گیاه روزکوتاه است. همچنین در مناطقی که آسمان پوشیده از ابر باشد رشد نخواهد کرد. ارزن زودرس در مناطقی که سالانه حداقل ۱۵۰ و به‌طور متوسط ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر باران ببارد رشد و نمو کرده و محصول تولید می‌کند. در مناطق خیلی گرم و بخصوص در قسمت‌های از آفریقا که مقدار متوسط باران سالانه به ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر می‌رسد کشت ارزن بسیار موفقیت‌آمیز بوده و محصول خوبی تولید می‌نماید. این گیاه در مقابل خاک‌های مختلف مقاومت زیادی دارد، در خاک‌های سبک عمیق و تهویه مناسب بهترین نتیجه و خاک‌های سنگین و رسی برای کشت این گیاه مناسب نیست. صبوری فرد و انتظاری

(۱۴۰۰) در تحقیقی به این نتیجه رسیده‌اند که ارزن به‌عنوان یک گیاه تابستانه باهدف تولید علوفه و دانه در بسیاری از کشورها کشت می شود. دوره آبیاری این گیاه کوتاه‌تر و با تنش رطوبتی کمتری مواجه است. همتی و همکاران (۱۳۹۴) مقایسه کاربرد فرایند تحلیل شبکه (ANP) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در تحلیل شاخص فقر آبی کشاورزی؛ در شهرستان دزفول انجام داده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که مدل تحلیل شبکه‌ای در مقایسه با مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی از کار آیی بیشتری برای تحلیل شاخص فقر آبی کشاورزی در منطقه برخوردار است. (Ojo et al, ۲۰۲۰) تأثیر تغییر اقلیم در عملکرد کشت علوفه ارزن با استفاده از بارش سالانه و دما مطالعه کره است نتایج نشان می‌دهد مقدار بارش رابطه مستقیم با طول دوره رشد ارزن دارد. (Kumar et al, ۲۰۲۰) بررسی نقش خاک در مراحل کشت ارزن مطالعه کردندو نتایج نشان داد که ارزن در خاک‌های سبک با زهکشی مناسب کشت می‌شود و عملکرد خوبی دارد. (Abdullahi et al, ۲۰۲۱) طبقه‌بندی تناسب زمین برای تولید ارزن در ایالت کاتسینا در شمال غربی نیجریه را مطالعه کردند و نتایج نشان داد که خصوصیات خاک، شرایط آب و هوایی توپوگرافی، بارندگی و فرسایش نقش مؤثر در نواحی مستعد به کشت ارزن دارد. (Behera, ۲۰۱۷) ارزیابی نواحی کشت ارزن را در هندوستان مطالعه کرده‌اند و نتایج نشان داد که به علت رطوبت مناسب، درجه حرارت خوب کاشت ارزن در آن منطقه توصیه می‌گردد. بااینکه ارزن، یک گیاه گرمسیری با رشد سریع است و به مناطق گرمی با بارندگی سالیانه ۴۰۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر سازگار است (Singh, ۱۹۸۳). برخی ارقام زودرس ارزن تنها با ۱۲۵ میلی‌متر باراندگی رشد می‌کنند، ولی کشت آن بیشتر در مناطقی با بارندگی سالانه بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر می‌افتد (Pearson, ۱۹۸۴). بهترین خاک برای رشد ارزن خاک‌های لومی شنی با تهویه و زهکشی مطلوب است (Hulse et al, ۱۹۸۰). با توجه به مشخصات گیاهی ارزن و نیازهای مطلوب اقلیمی به‌غیراز نواحی مرتفع استان در سایر نواحی امکان کشت این محصول وجود دارد. نظر به این‌که استان اردبیل یکی از قطب دامپروری در کشور است و هرساله به علت کمبود علوفه دامداران با کمبود شدید علوفه مواجه هستند. لذا توسعه کشت ارزن در اغلب نواحی استان به علت نیاز آبی کم می‌تواند گره‌گشای کمبود علوفه در استان باشد و این مطالعه نیز می‌تواند با توجه به سوابق تحقیقاتی که انجام‌شده در مکان‌یابی مناطق مستعد برای کشت این محصول کمک کند.

۲- روش انجام تحقیق

- محدوده موردمطالعه

استان اردبیل در شمال غرب ایران واقع است. موقعیت جغرافیایی آن در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه و در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه قرار دارد. مساحت آن ۱۷۹۵۳ کیلومترمربع است (سبحانی و دل‌آرا، ۱۴۰۲). در فصول سرد تحت تأثیر جریان‌های مهاجر شمالی و شمال غرب است. در تابستان تحت تاثیرآب و هوای دریای خزر از شرق و کوه سبلان در غرب آن، جزء خنک‌ترین استان کشور است (سبحانی و عبدی، ۱۴۰۱). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی استان را نشان می‌دهد.



شکل ۱- محدوده موردمطالعه

- داده‌های موردمطالعه

در این تحقیق از داده‌های عناصر اقلیمی؛ بارش سالانه برحسب میلی‌متر، درجه حرارت (متوسط، کمینه و بیشینه) برحسب سانتی‌گراد از ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی در طول دوره آماری (۱۳۷۱ تا ۱۴۰۱) و عوامل اقلیمی؛ ارتفاع برحسب متر از سطح دریا، شیب برحسب درصد و عمق خاک برحسب سانتی‌متر استفاده گردید. جدول ۱ نیازهای مطلوب اقلیمی برای کشت علوفه ارزن را در استان اردبیل نشان می‌دهد.

جدول۱-نیازهای مطلوب اقلیمی برای کشت علوفه ارزن

معیارها	خیلی مناسب	مناسب	کمی مناسب	نامناسب
متوسط دما	۲۵-۲۰	۲۰-۱۵	۱۵-۱۰	۱۰>
بارندگی	۶۰۰-۵۰۰	۵۰۰-۴۰۰	۴۰۰-۳۰۰	۳۰۰>
کمینه دما	۲۰-۱۴	۱۴-۱۲	۱۲-۱۰	۱۰>
بیشینه دما	۳۰-۲۵	۲۵-۲۰	۲۰-۱۵	۱۵>
شیب	۴-۰	۸-۴	۱۲-۸	>۱۲
ارتفاع	۱۰۰۰-۰	۱۳۰۰-۱۰۰۰	۱۵۰۰-۱۳۰۰	>۱۵۰۰
عمق خاک	۱۰۰-۸۰	۸۰-۵۰	۵۰-۲۰	۲۰>

منبع: سبحانی و نصیری، ۱۴۰۱.، پورهادیان، ۱۴۰۰

•روش سلسله مراتبی: پیاده‌سازی AHP در سه حالت؛ ۱- ایجاد سلسله‌مراتب درختی. ۲-مقایسه زوجی معیارهای هر سطح نسبت به یکی از معیارهای سطح بالا (جدول ۲). ۳-محاسبه وزن‌ها انجام می‌شود (علی نژاد و خلیلی، ۱۳۹۶).

جدول ۲- ترجیحات تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی

تعریف	شدت اهمیت
اهمیت یکسان	۱
برتری متوسط	۳
برتری زیاد	۵
برتری بسیار زیاد	۷
برتری فوق‌العاده	۹
اهمیت بینابین	۲،۴،۶،۸

منبع: ساعتی و وارگاس، ۱۹۹۱

فرایند تحلیل شبکه‌ای(ANP) : این روش یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاری و فرم توسعه‌یافته (AHP) است که برای حل معیارها و گزینه‌های که از هم مستقل نیستند، به کار می‌رود. مراحل روش ANP عبارت است: ۱-ساخت مدل (شبکه) تحلیل. ۲-تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی و محاسبه بردارهای وزن. ۳- تشکیل سوپر ماتریس اولیه. ٤- تشکیل سوپر ماتریس وزنی. ۵- تشکیل سوپر ماتریس حد (پورخباز و همکاران، ۱۳۹۲ و اصغری زاده و محمدی بالانی، ۱۳۹۷).

- مدل آنتروپی شانون

این مدل عمدتاً به‌منظور رتبه‌بندی توسعه‌یافتگی در حوزه‌های مختلف علوم مورداستفاده می‌شود و هرچه میزان پراکندگی در مقدار یک شاخص مشخص بیشتر باشد آن شاخص دارای اهمیت بیشتری است (Shannon, ۱۹۸۸). برای محاسبه وزن شاخص‌ها از روابط (۱ تا ٦) عمل می‌شود. در این مدل m تعداد معیارها (شاخص‌ها)، n تعداد گزینه‌ها، aij ارزیابی گزینه i ام به ازای شاخص j ام است (کمانگر و همکاران، ۱۳۹۲ و جعفری و همکاران، ۱٤۰۱).

$$X=[x_{ij}]_{n\times m}=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}$$ رابطه (۱)

$\sum_{j=1}^{m} xij$ رابطه (۲)

$rij=\frac{xij}{\sum_{j=1}^{m} xij}$ رابطه (۳)

$Ej=-h\sum_{i=1}^{m} rijlnrij \quad j,\dots n$ رابطه (٤)

dj=۱-ej رابطه (۵)

$\frac{1-ej}{\sum_{j}^{n}(1-e)}$ j= ۱, …,n رابطه (٦)

wj=

•روش دیمتل

این تکنیک تنها به بررسی روابط شاخص‌ها، در وضعیتی می‌پردازد که روی یکدیگر اثر می‌گذارند و از یکدیگر اثر می‌پذیرند. تنها ورودی این تکنیک عبارت است از ماتریس مستقیم است. این ماتریس همواره مربع است و ابعاد آن برابر با تعداد شاخص‌ها است. گام‌های محاسباتی این تکنیک به‌صورت زیر است:

گام ۱. مجموع سطری ماتریس F محاسبه می‌شود، بیشترین مجموع سطری مشخص می‌شود که آن را S می‌نامند رابطه (۷).

$S=MAX\{\sum_{h=1}^{m} f_{I,h}$ I=۱, …, m رابطه (۷)

گام ۲. تمام درایه‌های ماتریس تأثیرات (F) را بر S تقسیم می‌شود تا ماتریس تأثیرات بی‌بعد (M) به دست آید (رابطه ۸).

M=F/S رابطه (۸)

گام ۳. ماتریس تأثیرات (C) محاسبه می‌شود برای محاسبه آن به ترتیب ریز عمل می‌شود.

الف) ابتدا I-M را محاسبه می‌کنیم. ب) معکوس ماتریس حاصل گام قبل یعنی $(I-M)^{-1}$ را به دست می‌آوریم... پ) با ضریب ماتریس M در ماتریس معکوس $(I-M)^{-1}$ ماتریس C همان ماتریس مربع را از رابطه (۹) تعیین می‌گردد. رابطه (۹)

$C=M\,(I-M)^{-1}$

گام ٤. تأثیرگذاری کلی هر شاخص برابر با مجموع سطری ماتریس c بر اساس رابطه (۱۰) با محاسبه ماتریس است. رابطه (۱۰)

$$R_I = \sum_{h=1}^{m} c_{I,h}$$

گام ٥. تأثیرپذیری کلی هر شاخص برابر با مجموع ستونی ماتریس C بر اساس رابطه (۱۱) محاسبه می‌شود. رابطه (۱۱)

$$D_i = \sum_{I=1}^{M} C_{I,h}$$

گام ٦. میزان وابستگی کلی (Ri+Di) و میزان عدم وابستگی کلی (Ri+Di) هر گزینه را نسبت به مجموعه کل گزینه‌ها محاسبه می‌شود.

گام ۷. نمودار تأثیرگذاری و تأثیرپذیری را (که Ri+Di در محور افقی (x) و Ri-Di در محور عمودی (y) آن قرار دارد) رسم می‌شود. این شبکه تأثیرات به‌نوعی تقدم و تأخر اهمیت شاخص‌ها را نشان می‌دهد و به عبارتی، اولویت یا رتبه آن‌ها را مشخص می‌کند (جدول، ۳).

جدول ۳- امتیازدهی درروش دیمتل

بدون تأثیر	تأثیر خیلی کم	تأثیر کم	تأثیر زیاد	تأثیر خیلی زیاد
۰	۱	۲	۳	٤

منبع: ابراهیمی و خورشیدی، ۱۳۹٤

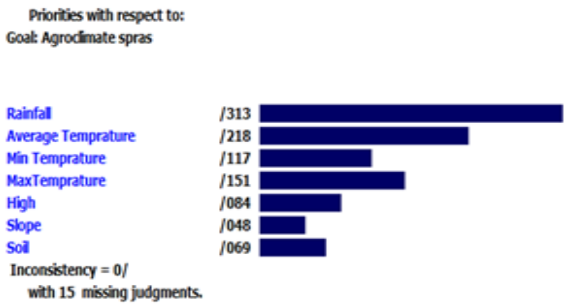
روش وزن دهی (WLC): روش ساده وزن دهی بر مبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است. سپس از طریق ضرب کردن وزن نسبی در مقدار آن خصیصه، مقدار نهایی هر آلترناتیو مشخص می‌شود و آلترناتیوی که بیش‌ترین وزن را داشته باشد مناسب‌ترین آلترناتیو برای هدف موردنظر خواهد بود. به‌طور رسمی در قاعده تصمیم‌گیری، برای ارزیابی هر گزینه یا Ai از رابطه (۱۲) استفاده می‌شود:

$$Ai = \sum Wj\ Xij \qquad \text{رابطه (۱۲)}$$

که در آن Xij معرف گزینه i ام در ارتباط با معیار j ام و Wj وزن استانداردشده معیار j ام، به‌گونه‌ای که مجموع Wj برابر ۱ باشد. وزن اهمیت نسبی هر معیار را به نمایش می‌گذارند (مخدوم، ۱۳۸۹). با تعیین ارزش حداکثر Ai اولویت‌دار ترین گزینه انتخاب می‌شود. روش WLC علاوه بر این‌که همه پارامترها یا لایه‌ها را باهم تلفیق می‌کند، اهمیت هر یک از پارامترها را بر اساس وزنی که به آن پارامتر داده می‌شود را نیز در نظر می‌گیرد. درنتیجه، نقشه حاصل از مکان‌یابی به روشWLC دارای قابلیت بالایی برای ارائه گزینه‌های مناسب است.

۳- نتایج

روش تحلیل سلسله مراتبی: نتایج ارزیابی معیارهای موردمطالعه با روش AHP نشان داد که بر اساس وزن معیارها، داده‌های اقلیمی چندان محدودیتی برای کشت علوفه ارزن ایجاد نمی‌کند. شکل ۳ مقدار وزن نهایی هرکدام از معیارهای موردمطالعه درکشت علوفه ارزن را بر اساس تحلیل نرم‌افزار اکسپورت چویس نشان می‌دهد که بارندگی، متوسط دما و بیشینه دما به ترتیب ۰/۳۱۳، ۰/۲۱۸ و ۰/۱۵۱ که نسبت به سایر معیارهای موردمطالعه بیشترین تأثیر در طول دوره رشد علوفه ارزن با روش AHP دارند. چون ضریب ناسازگاری ماتریس مقایسه زوجی آن کمتر از ۰/۱ است مقایسه درست بوده و نشان‌دهنده نسبی بودن اهمیت معیارها است. باقری و اسدی (۱۳۹۸) در مورد تأثیر داده‌های اقلیمی روش AHP در استان کرمانشاه مطالعه و نتایج نشان داد که بارش و متوسط دما مهم‌ترین عامل مؤثر درکشت علوفه یونجه است. معیارهای شیب و ارتفاع با ضریب وزنی ۰/۰۸٤ و ۰/۰٤۸ به ترتیب به‌عنوان محدودکننده‌ترین عامل در طول دوره رشد ارزن می‌باشند.



شکل ۳ -مقدار وزن نهایی معیارها با نرم‌افزار اکسپورت چویس

روش تحلیل شبکه‌ای: درروش AHP وابستگی‌ها به‌صورت خطی، از بالا به پایین یا بالعکس است. مدل ANP علاوه بر این‌که با معیارهای سطح پایین خود وابستگی دارد با مؤلفه‌های دیگر این شاخص نیز به‌صورت یک‌طرفه یا دوطرفه دارای وابستگی است. نتایج تحلیل معیاره در مدل ANP نشان داد که بارندگی با ضریب نرمال ۰/٤٦۷، دما ۰/۲۸۹ و توپوگرافی ۰/۲٤۳ به ترتیب بیشترین وزن را دارند و همچنین در دامنه‌های سبلان (ایستگاه‌های شمشیر

خانه، لای و موئیل) با وزن ۳۹۷/.، منطقه خلخال (ایستگاه‌های خلخال و کوثر) با وزن ۲۴۰، دشت مغان (ایستگاه‌های بیله سوار، پارس‌آباد و گرمی) با وزن ۲۲۱ و در منطقه اردبیل و مشکین‌شهر (ایستگاه‌های اردبیل، مشکین، سرعین، نیر، نمین و خلخال) با ضریب ۰/۱۴۰ مناسب‌ترین مکان برای کشت ارزن بر اساس مدل ANP می‌باشند. نتایج مشاهدات میدانی و بررسی شرایط منطقه موردمطالعه نیز تائید کننده نتایج حاصل مدل ANP است که با تحقیق (همتی و همکاران، ۱۳۹۴) در موردمطالعه شاخص‌های فقر آبی کشاورزی شهرستان دزفول مطابقت دارد. تحلیل معیارها با سوپر ماتریس حد بر اساس نرم‌افزار سوپر دیسیژن نشان داد که بارندگی ۰/۲۸۰، دما ۰/۱۷۳ و توپوگرافی ۰/۱۴۶ بیشترین معیار وزنی دارند و همچنین در مورد گزینه‌ها؛ دامنه سبلان با ۰/۰۷۹، خلخال با ۰/۰۴۸، پارس‌آباد با ۰/۰۴۴ و اردبیل با ۰/۰۲۸۰ به ترتیب اولویت مناسب‌ترین گزینه برای کشت علوفه ارزن است که با تحقیق سبحانی و نصیری (۱۴۰۱) در دشت اردبیل با روش ANP مطابقت دارد.

روش دیمتل ضریب تأثیرگذاری معیارها از طریق ماتریس مجموع تأثیرات معیارها بررسی و بدین منظور ابتدا ماتریس روابط کل معیارها (جدول ٤)، سپس مجموع تأثیرات معیارها (جدول ٥) آماده شدند. نتایج نشان داد که بارندگی و ارتفاع ٤/٥٧، متوسط دما ٤/٠٤ و عمق خاک ۳/٦۱ بیشترین معیار وزنی را برای کشت ارزن دارند.

جدول ٤- میانگین‌گیری معیارها

معیارها	بارندگی	متوسط دما	بیشینه دما	کمینه دما	شیب	ارتفاع	عمق خاک	مجموع سطر
بارندگی	۰	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۱۸
متوسط دما	۲	۰	۳	۳	۳	۲	۳	۱٦
بیشینه دما	۱	۲	۰	۲	۲	۲	۲	۱۱
کمینه دما	۱	۲	۲	۰	۲	۲	۲	۱۱
شیب	۲	۲	۲	۲	۰	۲	۳	۱۲
ارتفاع	۲	۳	۳	۳	۳	۰	۳	۱۸
عمق خاک	۲	۲	۲	۳	۳	۲	۰	۱٤

جدول ٥ -ماتریس نرمال شده

معیارها	بارندگی	متوسط دما	بیشینه دما	کمینه دما	شیب	ارتفاع	عمق خاک
بارندگی	۱	۰/۱٦٦	۰/۱٦٦	۰/۱٦٦	۰/۱۱۱	۰/۱٦٦	۰/۱٦٦
متوسط دما	۰/۱۱۱	۱	۰/۱٦٦	۰/۱٦٦	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱٦٦
بیشینه دما	۰/۱۱۱	۰/۱٦٦	۱	۰/۱٦٦	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱
کمینه دما	۰/۱۱۱	۰/۱٦٦	۰/۱٦٦	۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱
شیب	۰/۱٦٦	۰/۱٦٦	۰/۱٦٦	۰/۱٦٦	۱	۰/۱٦٦	۰/۱٦٦
ارتفاع	۰/۱٦٦	۰/۱٦٦	۰/۱٦٦	۰/۱٦٦	۰/۱٦٦	۱	۰/۱٦٦
عمق خاک	۰/۱۱۱	۰/۱٦٦	۰/۱٦٦	۰/۱٦٦	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۱

در جدول ٦ محاسبه مقادیر تأثیر معیاره ها نشان داده‌شده است که بارندگی، متوسط دما و ارتفاع تأثیر بیشتری در مراحل کشت ارزن نسبت به سایر معیاره دارند. زیر خالص R-D عدم وابستگی آن (خالص اثرگذاری) آن‌ها مثبت است. این بدان معنا است که نسبت به معیاره های بیشینه دما، کمینه دما، شیب و عمق خاک که R-D آن‌ها منفی است اهمیت بیشتری دارد. در مقایسه معیارهای بارندگی، متوسط دما و ارتفاع چون مقدار R+D بارندگی و ارتفاع بیشتر است از موقعیت مهم برخوردار هستند.

جدول ٦ -محاسبه مقادیر تأثیرات معیارها

معیارها	R میزان اثرگذاری	D میزان تأثیرپذیری	R+D میزان اهمیت	R-D میزان ارتباط
بارندگی	٤/٥٧	۲/۹۲	۷/٤۹	۱/٦٥
متوسط دما	٤/۰٤	۳/٦۱	۷/٦٦	۰/٤۲
بیشینه دما	۲/۹۲	۳/۸٤	٦/۷۷	-۰/۹۲
کمینه دما	۲/۹۲	٤/۱۰	٦/۰۲	-۱/۱۷
شیب	۳/٤۳	٤/۱۰	۷/٥۳	-۰/٦٦
ارتفاع	٤/٥۷	۳/٤۰	۷/۹٦	۰/۱۷
عمق خاک	٤/٦۲	٤/۱۰	۷/۷۱	-۰/٤۸

روش آنتروپی شانون

برای تعیین وزن کلاس‌های هر معیار از یک مقیاس پایه‌ای که مقادیر آن بین ۱ تا ۹، از روش AHP استفاده شد. پس

از تهیه لایه‌های اطلاعاتی بر اساس نیاز مطلوب اقلیمی کشت علوفه ارزن طبق جدول (۱) ارجحیت ماتریس تصمیم‌گیری تعیین شد.

•محاسبه آنتروپی(Ej) و وزن معیارها (wj)

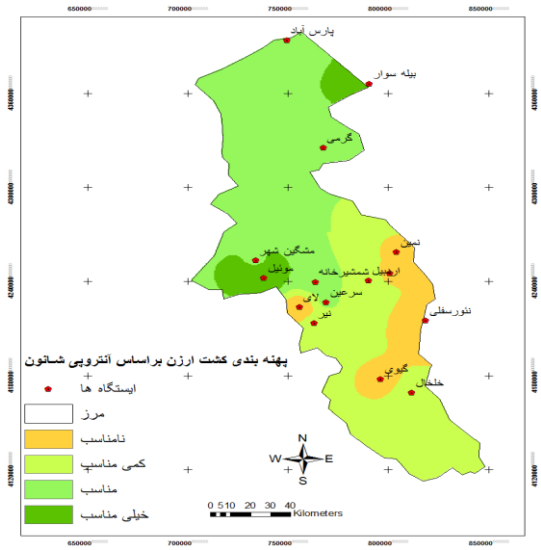
وزن هر معیار با توجه به مقادیر عدم اطمینان و طبق رابطه‌های (٤، ٥ و ٦) محاسبه و در جدول ۷ آمده است. در جدول ۸ اولویت و رتبه‌بندی گزینه‌ها برای کشت علوفه ارزن انجام شد. نتایج نشان داد که بیله سوار، پارس‌آباد و مشکین‌شهر به ترتیب با ضریب وزنی ۰/۰۸، ۰/۰۷۳ و۰/۰۷۲ نواحی مناسب برای کشت ارزن در استان اردبیل هستند که معیارهای دما و تأمین آب موردنیاز، شیب و عمق خاک نقش مهم را در این ایستگاه‌ها دارند. به‌منظور رتبه‌بندی نهایی گزینه‌های موردمطالعه برای کشت ارزن در استان اردبیل بر اساس معیارهای موردمطالعه، پس از تعیین ضریب اهمیت شاخص‌ها (wj) اولویت‌بندی نهایی گزینه‌ها از ضرب مؤلفه‌های ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه گروهی در ضریب اهمیت شاخص‌ها (wj) ضریب اولویت نهایی و رتبه‌بندی گزینه‌ها برای کشت ارزن نسبت به هر شاخص در (جدول، ۸) مشاهده می‌شود. براساس مدل آنتروپی شانون، نتایج نشان داد که حدود ۰/۰٦ درصد مساحت استان اردبیل خیلی مناسب، ٤۷ درصد مناسب، ۳۵ درصد کمی مناسب و ۱۲ درصد نامناسب برای کشت ارزن است. این یافته با نتایج پژوهش‌های (Hezam et al, ۲۰۲۲ ,□□□□□□□□□ □□□ □□□□□□□□□ ۲۰۱۱□) مطابقت دارد.

جدول ۷ -محاسبه مقدار آنتروپی و وزن معیارها

معیارها	عمق خاک (cm)	شیب (%)	ارتفاع (m)	متوسط دما(°c)	بارش (mm)	بیشینه دما(°c)	کمینه دما (°c)
ej	۷/٤۰۸	٦/۰۱۷	٦/٥٤۲	٦/۱۹٦	٥/۹۱۳	٦/۰۳۷	٦/۳۲۲
dj=۱-ej	۷-۱/٤۰۸	٦-۱/۰۱۷	٦-/٥٤۲ ۱	٦-/۱۹٦ ۱	٥-۱/۹۱۳	٦-/۰۳۷ ۱	٦-۱/۳۲۲
di= -۳۷/٤۳٤	-٦/٤۰۸	-٥/۰۱۷	-٥/٥٤۲	-٥/۱۹٦	-٤/۹۱۳	-٥/۰۳۷	-٥/۳۲۲
w	-۳۷/٤۳٤	-۳۷/٤۳٤	۳۷/٤۳٤ -	۳۷/٤۳٤ -	-۳۷/٤۳٤	۳۷/٤۳٤ -	-۳۷/٤۳٤
Wj=di/w	۰/۱۷۱	۰/۱۳٤	۰/۱٤۸	۰/۱۳۹	۰/۱۳۱	۰/۱۳٥	۰/۱٤۲

جدول ۸- اولویت نهایی و رتبه‌بندی کشت علوفه ارزن در استان اردبیل با روش آنتروپی شانون

گزینه‌ها	اردبیل	بیله سوار	پارس‌آباد	خلخال	سرعین	فرودگاه اردبیل	گیوی	گرمی	مشکین	نمین	مؤنیل	لای	نئور	نیر	شمشیر بنا
اولویت نهایی	۰٦۷ /	۰۸ /	۰۷۳ /	۰٦٥ /	۰٦۹ /	۰٦۲ /	۰٦۳ /	۰٦۸ /	۰۷۲ /	۰۷۱ /	۰٦٤ /	۰۱۰ /	۰٥۹ /	۰٦٥ /	۰۷ /
رتبه‌بندی	۸	۱	۲	۹	٦	۱۲	۱۳	۷	۳	٤	۱۰	۱٥	۱٤	۱۱	٥



شکل ۲- پهنه‌بندی کشت ارزن با روش آنتروپی شانون

•روش ترکیب خطی وزنی WLC

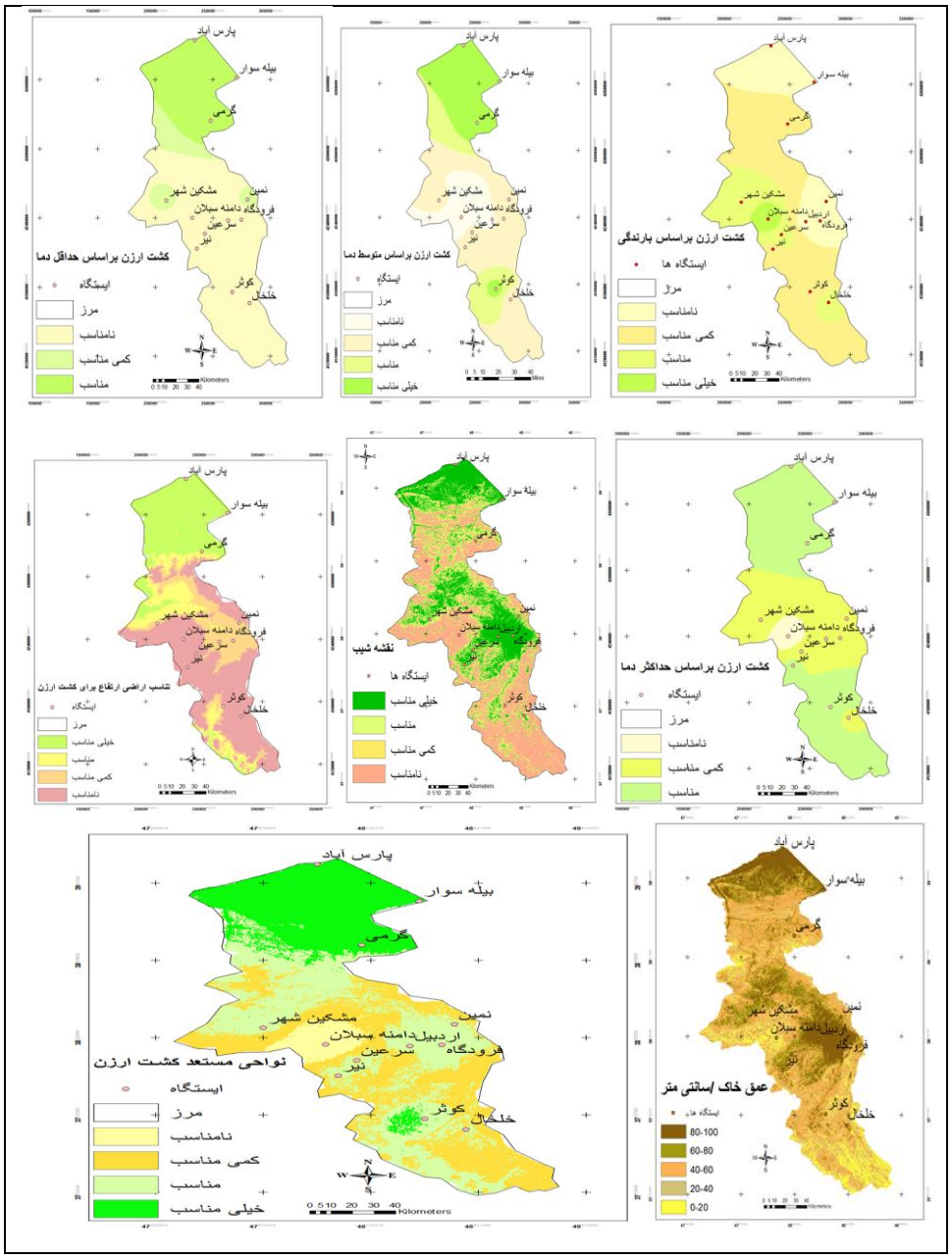
هریک از معیارها بر اساس نیازهای مطلوب اقلیمی کشت علوفه ارزن با روش WLC وزن دهی و نقشه مکان‌یابی کشت ارزن برای هرمعیاردر شکل ۳ تهیه شد. نتایج نشان داد که بر اساس مقدار بارش حدود ۱۸ درصد از مساحت استان فقط یک‌بار در سال امکان برداشت ارزن میسر است و برای برداشت ۵۰ درصد نیاز به آبیاری است. در معیار متوسط دما ۳۹ درصد از مساحت استان محدودیتی برای کشت ارزن وجود ندارد و در ٤٥ درصد باید زمان کشت با تغییر ماه‌های گرم مطابقت داشته باشد. ازلحاظ کمینه دما حدود ۳٦ درصد و بیشینه دما ۵۸ درصد مساحت استان مناسب برای کشت ارزن است. نتایج تحلیل داده‌های توپوگرافی نشان داد که حدود ٤۹ درصد بر اساس ارتفاع، ٤٥ درصد برحسب شیب زمین و ۳٦ درصد بر اساس عمق خاک برای کشت ارزن مناسب است. نتایج تحلیل معیاره بر اساس روش WLC نشان داد که؛ نواحی که عمق خاک کمتر از ۲۰ سانتی‌متر، شیب زمین بیشتر از ۱۳ درصد و ارتفاع از سطح دریا بالاتر ۱٦۰۰ متر، کمینه دما کمتر از ۷ و بیشینه دما کمتر ۱۳ درجه سانتی و همچنین بارش کمتر ۲۵۰ میلی‌متر است شرایط برای کشت ارزن مناسب نیست که با نتایج (آلیانی و همکاران، ۲۰۲۱؛ دلاور و همکاران، ۲۰۱۸ و یوهانس، ۲۰۲۰) همخوانی دارد. با تلفیق معیارهای موردمطالعه در شکل ۳ نقشه نهایی مناطق مستعد برای کشت ارزن تهیه شد. مکان‌های مناسب برای کشت ارزن بیشتر در نواحی شمالی و مرکزی استان واقع‌شده است که علت آن استفاده از آب سد میل مغان، شیب کم، دمای مناسب، عمق خاک بیشتر و ارتفاع کمتر است و در منطقه کوثر و مرکزی استان نیز شرایط همانند شمال استان است اما نیاز آبی از طریق چاه‌های عمیق تأمین می‌شود. در نواحی کمی مناسب محدودیت اقلیمی و توپوگرافی و تأمین نیاز آبی وابسته به بارندگی است. در نواحی نامناسب نیازهای مطلوب اقلیمی برای کشت ارزن در همه معیارها پایین‌تر از حد آستانه رشد علوفه ارزن است و کشت این محصول با محدودیت‌های زیادی مواجه می‌کند که از هزینه صرف شده بیشتر از عملکرد محصول می‌شود.

٤-نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای مکان‌یابی کشت علوفه ارزن از روش‌های AHP, ANP, DEMATEL, Antropy SHANON, WLC و همچنین از معیارهای؛ بارش، متوسط دما، کمینه دما، بیشینه دما، ارتفاع، شیب و عمق خاک استفاده شد. به‌وسیله نرم‌افزارهای Exper Choice و SuperDicisionوزن معیارها با بهره‌گیری از نیاز مطلوب اقلیمی ارزن محاسبه گردید. نتایج نشان داد که بارش و متوسط دما مهم‌ترین تأثیر را در طول دوره رشد علوفه ارزن دارند. نتایج تلفیق معیارها در شکل ۳ با روش ترکیبی خطی وزنی در محیط GIS نشان داد که حدود ۲۵ درصد خیلی مناسب، ۳٦ درصد مناسب، ۳۰ درصد کمی مناسب و ٤/۰۵ درصد نامناسب برای کشت ارزن در استان اردبیل است. نتایج مدل‌های AHP, ANP, DEMATE نشان داد که معیارهای بارندگی و دما و در مدل Antropy Shanon ارتفاع و شیب بیشتر تأثیر را در طول دوره رشد علوفه ارزن دارند. طبقه‌بندی خروجی دو مدل WLC وAntropy Shanon در مورد گزینه‌ها نشان دادند که نواحی کشت علوفه ارزن در هر دو روش همپوشانی دارند و مناطق شمالی و مرکزی استان دارای شرایط مستعد برای کشت علوفه ارزن است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله نویسنده مقاله، از دانشگاه محقق اردبیلی که این پژوهش با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه به شماره قرارداد ۱٤۰۲/د/۹/۸۰۱۲ صورت گرفته کمال تشکر و سپاسگزاری را دارد.



شکل ۳- مناطق مستعد کشت علوفه ارزن بر اساس معیارهای مورد مطالعه با رو

منابع

- ابراهیمی، م.، خورشیدی، ز. ۱۳۹٤. کاربرد تکنیک دیمتل و فرایند تحلیل شبکه‌ای در اولویت‌بندی، فصلنامه مهندسی تصمیم، سال ۱، شماره ٤، ص ۳۰-۵۲.
- اسفندیاری، ص.، حسن لی، ع و فرشاد فر، م.، ۱۳۸۷. هوشمند. مقایسه عملکرد و صفات ۵ گونه یونجه یکساله در شرایط دیم استان کرمانشاه، فصلنامه تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، سال ۱٦شماره ۲، ص ۲۸۵-۲۹٤.
- اصغری،ع و محمدی بالانی، ع.، ۱۳۹۷. تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، انتشارات دانشگاه تهران.
- آقا علیخانی، م.، ۱۳۹۲ .اثر تراکم بوته بر عملکرد کمی و کیفی ارزن مرواریدی، پایان‌نامه ارشد زراعت، دانشگاه تربیت مدرس.
- آلیانی، ح.، قنبری مطلق، م و حلیمی، منصور.، ۱٤۰۱. مقایسه دو مدل WLC و TOPSIS در آنالیز تناسب اراضی توسعه شهری (مطالعه موردی: فومن و شفت)، نشریه تحقیقات علوم جغرافیایی، سال ۲۲، شماره ٦۵، ص ۱۷۳-۱۹۱.
- باقری، ع و اسدی، س.،۱۳۹۸. تعیین مناطق کشت یونجه یکساله با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP و سامانه اطلاعات جغرافیایی در استان کرمانشاه، نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، سال ۱۱، شماره ۲، ص ٤۸۲-٤٦۷.
- بحرانی، م.، ۱۳۸۰. فرآوری گیاهان علوفه‌ای، انتشارات دانشگاه شیراز.
- پور خباز، ح.، اقدر، ح.، محمدیاری، ف و جوانمردی، س.،۱۳۹٤. ارزیابی تناسب اراضی برای تعیین کاربری کشاورزی با مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره ANP-DEMATEL و FAHP چانگ (مطالعه موردی: حاشیه بهبهان، محیط‌شناسی، ٤۱ سال ٤۱، شماره ۲، ص ٤۲۹-٤٤۵.
- پورهادیان، ح.،۱٤۰۰. 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 ٤، ص ۳۰۲-۳۱۵.
- جعفری، ن.، حافظ پرست، م و فرهادی، ب .، ۱٤۰۱. اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره) مطالعه موردی: حوضه آبریز گاماسیاب، کرمانشاه)، مطالعات علوم محیط‌زیست، سال ۷، شماره ۱، ص ٤۷۲٤-٤۷۷۰.
- خدابنده، ن.، ۱۳۸۹. زراعت گیاهان علوفه‌ای، انتشارات علم کشاورزی ایران.
- خواجه پور، م.ر.، ۱۳۹۲. غلات، جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- دلاور، م.ا.، صفری، ی.، علمداری، پ.، نوری، ز.، ۱۳۹۸. ارزیابی تناسب اراضی دشت زنجان برای کشت آبی گندم، یونجه و سیب‌زمینی با استفاده از شاخص تناسب تطبیقی. نشریه دانش آب‌وخاک، سال ۲۹، شماره ۱، ص ۱۵۱-۱٦۳.
- سبحانی، ب و دل‌آرا، ق.، ۱٤۰۲. واکاوی همدیدی بارش برف سنگین اردبیل و ارزیابی تغییرات فراوانی روزهای برفی، مطالعات علوم محیط‌زیست، سای ۸، شماره ۲، ص ٦۷۰۳-٦٦۹۳.
- سبحانی، ب و نصیری، ف.، ۱٤۰۱. پهنه‌بندی آگرواکولوژی کشت کلزا در دشت اردبیل، نشریه تحقیقات کاربردی، سال ۲۲، شماره ٦۵، ص ٦۲-۷۸.
- سبحانی، ب و عبدی خرابه کهل، ز.، ۱٤۰۱. تحلیل احتمالات وقوع یخبندان‌های زودرس و دیررس شهرستان مشکین‌شهر و واکاوی همدیدی آن، مطالعات علوم محیط‌زیست، سال ۷، شماره ٤، ص ۵۸۲۸-۵۸۳۸.
- سبحانی، ب.، صفریان و قاسم‌آبادی، ز.،۱۳۹۸. بررسی شرایط آب‌وهوایی دشت مغان برای کشت محصول پنبه با روش ANP، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال ۱۰، شماره ۳۷، ص ۱۱۱-۱۲۲.
- سید شریفی، ر و حکم علی پور، س.، ۱۳۸۹. زراعت گیاهان علوفه‌ای، انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی.
- صبوری فرد، ح.، انتظاری، ا.، ۱٤۰۰. تأثیر زمان کاشت و دور آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی ارزن نوتریفید، فصلنامه علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای، سال ۱۸، شماره ٤، ص ۹۳-۱۱۰.
- علی نژاد، ع و خلیلی، ج.، ۱۳۹٦. تکنیک‌های نوین در تصمیم‌گیری جلد دوم، جهاد دانشگاهی امیرکبیر.

- کمانگر، م.، قادری، فیروزه و کرمی، پ.، ۱۳۹۵. بررسی دقت روش وزن دهی آنتروپی شانون در تعیین عرصه‌های مناسب تغذیه مصنوعی دشت سرخون، تحقیقات آب‌وخاک، سال ٤٧، شماره ۲، ص ۲٤۷-۲۵۸.
- مجنون حسینی، ن. ۱۳۹٤. زراعت غلات، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- مجید، م.، ۱۳۸۹. شالوده آمایش سرزمین .انتشارات دانشگاه تهران.
- مهاجر خراسانی، س.، اعلمی، م. ۱۳۹۸. ارزن: غله فراموش شده-غذایی ارزشمند برای آینده، علوم و صنایع غذایی، سال ١٦، شماره ۹۵، ص ۱۱-۲٦.
- نباتی، ج و رضوانی مقدم، پ.، ۱۳۸۹ .اثر فواصل آبیاری بر خصوصیات زراعی، مورفولوژیکی و کیفی ارزن، سورگوم و ذرت علوفه‌ای.، مجله علوم زراعی ایران (علوم کشاورزی ایران)، سال ٤۱، شماره ۱، ص ۱۸٦-۱۷۹.
- همتی، ب.، فروزانی،م.، یزدان پناه، ی و خسروی پور، ب.، ۱۳۹٤. مقایسه کاربرد فرایند تحلیل شبکه و تحلیل سلسله مراتبی در تحلیل شاخص فقر آبی کشاورزی: موردمطالعه شهرستان دزفول، علوم ترویج آموزش، سال ۱۱، شماره ۲، ص ۲۰۳-۲۲۱. ۱

- Abdullahi,S., Ismail, R., Zaibon, S., Ahmad, N and Samaila Sani Noma, S. S. ۲۰۲۱. Land Suitability for Millet Production in Katsina State, Northwest, Nigeria. World Journal of Innovative Research (WJIR), ۱۰(٤): ٥٥-٦٤.
- Behera, M.K. ۲۰۱۷.Assessment of the state of millets farming in India. MOJ & Environmental Science, ۲(۱): ۳-۱۸.
- FAO. ۲۰۱۷. Food and Agriculture. Sorghum and millets in human nutrition. Rome, Italy: FAO.
- Fernandez, G. C. J. ۱۹۹۲. Effective Selection Criteria for Assessing Stress Tolerance. In: Kuo, C.G., Ed., Proceedings of the International on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. AVRDC Publication, Tainan. p ۲٥۷-۲۷۰.
- Hezam Al-Mashreki, M.H., Mat Akhir, J. B., Abd Rahim, S., Desa, K.M., Lihan, T and Rahman Haider, A. ۲۰۱۱. Land Suitability Evaluation For Sorghum Crop in the Ibb Governorate, Republic of Yemen Using Remote Sensing And GIS Techniques. Australian Journal of Basic and Applied Sciences,۳(۳): ۳٥۹-۳٦۸.
- Hulse, J.H., Laing, E.M and pearsion, O.E. ۱۹۸۰. Sorghum and millets, London, UK.
- Kumar, A., Singh, D., and Mahapatra, S.K.۲۰۲۰. Current and Potential Soil Suitability of Pearl Millet, Wheat and Mustard for Sustainable Production in Aravalli Foothills of Mewat Region of Haryana, India, International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, ۹(٥): ۳٥٦٦-۳٥۸۳.
- Mohammed, A and Misganaw, A. ۲۰۲۲. Modeling future climate change impacts on sorghum (*Sorghum bicolor*) production with best management options in Amhara Region, Ethiopia, CABI Agriculture and Bioscience, https://doi.org/۱۰,۱۱۸٦/s٤۳۱۷۰-۰۲۲-۰۰۰۹۲-۹.
- Nielson, D.C., Vigil, M.F., and Benjamin, G. ۲۰۱۲. Forage yield response to water use for dryland corn millet and triticale in the central Great planis. Agronomy Journal. ۹۸(٤): ۹۹۲-۹۹۸.
- O Ojo, O. I., Olaniyan, A. O., Gbadegesin, A.S and Ilunga, M. F. ۲۰۲۰. Assessment of Climatic Variability Effect on Millet Production and Yield. Springer Nature Switzerland, https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/۹۷۸-۳-۳۱۹-۹۳۳۳٦-۸_۱۸۸.
- Pearson, C. ۱۹۸٤. Pennisetum millet. In: the physiology of field Crops , John Wiley and Sons inc.
- Roy, S.K., and Bisara, P.K. ۱۹۹۲. Effect of plant density and detopping following silking on cob growth, fodder and grain yield of maize (*Zea mays*). Agricultural Science Cambridge. ۱۱۹(۳): ۲۹۷-۳۰۲.
- Saaty TL and vargas LG, ۱۹۹۱. Predictin, Proecton and forecasting. Kluwer Academic Publishers,Dorderecht.

- Shannon, C.۱۹۸۸. A mathematical theory of communication. Bell System Technology Journal, P.۳۷۹-٤۲۳.
- Singh,S. ۱۹۸۳. Modern techniques of raising Field Crops, McGraw Hill.
- Yohannes, Yimam., Evan, Girvetz., Ermias, Aynekulu., Dawit, Solomon., and Abeyou, W. Worqlul. ۲۰۲۰. Evaluating Land Suitability and Potential Climate Change Impacts on Alfalfa (Medicago sativa) Production in Ethiopia ,Atmosphere · DOI: ۱۰,۳۳۹۰/atmos۱۱۱۰۱۱۲٤.

Determining the potential areas for millet fodder cultivation in Ardabil province using AHP, ANP, DEMATEL, Antropy Shanon and WLC methods.

Behrouz Sobhani[۱]

[۱] Professor, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Abstract

Millet fodder plant is one of the important plants in Iran and the world, and due to its abundance of nutrients and its resistance to drought, it has a special advantage over other forages.The purpose of this research is to identify the areas prone to millet fodder cultivation in Ardabil province with multi-criteria methods and using the data of climatic elements and factors; Rainfall, average temperature, minimum temperature, maximum temperature, altitude, slope and soil depth.AHP, ANP, DEMATEL, Shannon Antropy and WLC methods were used to determine the weights of criteria and options.By using the weighted linear combination method in the GIS environment, information layers were integrated and the final map of millet fodder cultivation was prepared.The results showed that about ۲۵٪ are very suitable, ۳۶٪ are suitable, ۳۰٪ are slightly suitable and ٤,۰٥٪ are unsuitable for millet fodder cultivation in Ardabil province.The results of AHP, ANP, DEMATE models showed that rainfall and temperature criteria, and in the Shannon Antropy model, height and slope have the most influence during the growth period of millet fodder.The output classification of two WLC and Antropy Shanon models about options showed that millet fodder cultivation areas overlap in both methods and the northern and central regions of the province have suitable conditions for millet fodder cultivation.

Introduction

Annually, Millet is one of the traditional cereals in dry and semi-arid areas of tropical regions, which has a high tolerance to drought and salinity stress. Millet is the sixth most important cereal after wheat, rice, corn, barley and sorghum. Despite the agricultural importance of millet in the past, it also has a special place in agriculture .The adaptability and resistance of this plant to adverse environmental conditions has spread it in many tropical countries of the world, from West Africa to the Indian subcontinent, and has made this plant an important agricultural plant. In addition to being used as fodder for livestock and poultry, millet seed is also consumed by humans and today it forms the food of about ٥۰۰ million people on the planet. This plant has an area of more than ۱۹ million hectares in Africa and about ۱٥ million hectares in Asia. Apart from this, this valuable plant is more or less cultivated in other parts of the world. Today, various plants are cultivated to produce fodder, among which millet fodder has a special place due to its adaptability to dry climate conditions. The statistics of the cultivated area of millet in ۲۰۱۷ is about ۸,۹ thousand hectares and its production is reported as ۱۸,٤ thousand tons. According to the latest statistics of FAO in ۲۰۱۷, the cultivated area of millet in the world was ۳۱,۲ million hectares, from which ۲۸,٤ million tons of millet were produced. Khajepour (۲۰۱۲) described the optimal climatic needs of millet fodder in a description; Plant millet is thermophilic. The minimum soil temperature for germination is ۱٤ degrees Celsius. The ideal temperature for millet germination is ۲۰ to ۳۰ degrees Celsius. The base temperature for millet is ۱۰°C and the maximum is ۳۰°C. The growth of millet in the average day and night temperature is less than ۱٥ °C and stops at ٥ °C. Millet grows in most soils except coarse sandy soils. The threshold amount of water for millet production in rainy conditions is estimated to be about ۱٥۰ mm. Considering that Ardabil province is one of the hubs of animal husbandry in the country, and every year, due to the lack of fodder, livestock farmers face a severe shortage of fodder. Therefore, the development of millet cultivation in most areas of the province due to low water requirements can solve the fodder shortage in the province and this study can also help in locating suitable areas for the cultivation of this product according to the research records.

Methodology

Ardabil province is located in the northwest of Iran. Its geographical location is in latitude ۳۷°٤٥' to ۳۹°٤۲' and longitude ٤۷°۳' to ٤۸°٥٥'. Its area is ۱۷,۹٥۳ square kilometers (Sebahani and Del Ara, ۱٤۰۲). In the cold seasons, it is influenced by the north and northwest migratory currents.

Study data: In this research, from the data of climatic elements; Annual precipitation in millimeters, temperature (average, minimum and maximum) in centigrade from synoptic and rain gauge stations during the statistical period (۱۳۷۱ to ۱۴۰۱) and climatic factors; Height in meters above sea level, slope in percentage and soil depth in centimeters were used. Hierarchical method: AHP implementation in three modes; ۱- Creating a tree hierarchy. ۲- Pairwise comparison of the criteria of each level compared to one of the high-level criteria ۳-Weights are calculated. Network analysis process: (ANP) This method is one of the multi-criteria decision-making techniques and extended form (AHP) which is used to solve the criteria and options that are not independent from each other (Ataei, ۲۰۱۹). The steps of the ANP method are: ۱-Building the analysis model (network). ۲-Formation of pairwise comparison matrices and calculation of weight vectors. ۳-Formation of the primary supermatrix. ٤- Formation of weighted super matrix. ٥- Forming the limit supermatrix. Shannon's entropy model: This model is mainly used to rank the development in different fields of science, and the greater the dispersion in the value of a specific index, the more important that index is (Shannon, ۱۹۸۸). It is used to calculate the weight of indicators. In this model, m is the number of criteria (indices), n is the number of options, and aij is the evaluation of the i-th option for the j-th index. DEMATEL method This technique only examines the relationships of indicators in a situation where they affect each other and are affected by each other. The only input of this technique is direct matrix. This matrix is always square and its dimensions are equal to the number of indices. Weighting method (WLC): The simple weighting method is based on the concept of weighted average. Then, by multiplying the relative weight by the value of that attribute, the final value of each alternative is determined, and the alternative that has the most weight will be the most suitable alternative for the intended purpose.

Conclusion

Each of the criteria was prepared based on the optimal climatic requirements of millet fodder cultivation with the WLC method of weighting and the location map of millet cultivation for each criterion. The results showed that based on the amount of rainfall, ۱۸٪ of the province's area can be harvested only once a year, and irrigation is needed to harvest ٥۰٪ of the province's area. There is no limit for millet cultivation in ۳۹٪ of the province's average temperature criteria, and in ٤٥٪, the cultivation time must correspond to the change of hot months. Therefore, there is no need to spend enormous expenses in this area. In terms of minimum temperature, about ۳٦٪ and maximum temperature is ٥۸٪ of the area of the province suitable for millet cultivation. The results of topographical data analysis showed that about ٤۹٪ based on height, ٤٥٪ based on land slope and ۳٦٪ based on soil depth are suitable for millet cultivation.The results of benchmark analysis based on WLC method show that; In areas where the soil depth is less than ۲۰ cm, the slope is more than ۱۳٪ and the altitude is ۱٦۰۰ meters above sea level, the minimum temperature is less than ۷ and the maximum temperature is less than ۱۳ degrees Celsius, and the rainfall is less than ۲٥۰ mm, the conditions are not suitable for millet cultivation.In this research, for the location of millet fodder cultivation, AHP, ANP, DEMATEL, Antropy SHANON, WLC methods and also from the criteria; Precipitation, average temperature, minimum temperature, maximum temperature, altitude, slope and soil depth were used. Using Exper Choice and SuperDicision software, the weight of the criteria was calculated using the optimal climatic requirement of millet. The results showed that precipitation and average temperature have the most important effect during the growth period of millet fodder. The results of combining the criteria with the weighted linear combination method in the GIS environment showed that about ۲٥٪ are very suitable, ۳٦٪ are suitable, ۳۰٪ are slightly suitable and ٤,۰٥٪ are unsuitable for millet cultivation in Ardabil province.

Keywords:

Meteorology; Ardebil province; Multi-criteria methods; Millet fodder