پهنه‌بندی آگروکلیماتیک کشت علوفه اسپرس با کاربرد هم‌زمان روش‌های AHP, TOPSIS, Antropy Shanon and WLC (مطالعه موردی: استان اردبیل)

بهروز سبحانی [۱*]

۱*- دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

ایمیل نویسنده مسئول: sobhani@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۶

چکیده

اسپرس بعد از یونجه یکی از نباتات علوفه‌ای مهم در دنیا و ایران است. بر همین اساس پهنه‌بندی کشت علوفه اسپرس، متناسب با شرایط آب‌وهوایی نیاز ضروری است. هدف از این تحقیق پهنه بندی نواحی مستعد کشت علوفه اسپرس در استان اردبیل با روش‌های چندمعیاره وزنی است. امکان‌سنجی و پتانسیل منطقه با استفاده از هفت معیار؛ بارش، متوسط دما، کمینه دما، بیشینه دما، ارتفاع، شیب و خاک و در محیط GIS انجام شد. برای تعیین وزن معیارها، از روش‌های AHP، TOPSIS و Antropy Shanon استفاده گردید. با استفاده روش ترکیب خطی وزنی WLC در محیط GIS لایه‌های اطلاعاتی با همدیگر تلفیق و نقشه نهایی کشت علوفه اسپرس به چهار کلاس؛ خیلی مناسب (۲۹ درصد)، مناسب (۴۰ درصد)، کمی مناسب (۲۶ درصد) و نامناسب (۵ درصد) طبقه‌بندی شدند. نتایج ارزش وزنی با روش AHP نشان داد که بارش با معیار وزنی ۰/۱۴۳، بیشینه دما ۰/۱۲۶ و متوسط دما ۰/۰۸۹ در بین معیارهای موردمطالعه، بیشترین تأثیر را در مراحل رشد علوفه اسپرس دارند. درنهایت با استفاده روش‌های تاپسیس و آنتروپی شانون به ترتیب حدود ۲۵ درصد و ۲۸ درصد از مساحت استان برای کشت علوفه اسپرس مناسب و ۱۱ درصد و ۴۰ درصد نامناسب است؛ بنابراین در مقایسه با روش‌های موردمطالعه در این تحقیق نتایج نشان داد که روش ترکیب خطی وزنی (WLC) مناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی علوفه اسپرس در استان اردبیل نسبت به وضع موجود شناخته شد.

کلمات کلیدی

"استان اردبیل"، "علوفه اسپرس"، "چندمعیاره"، "اقلیم و توپوگرافی"،

۱- مقدمه

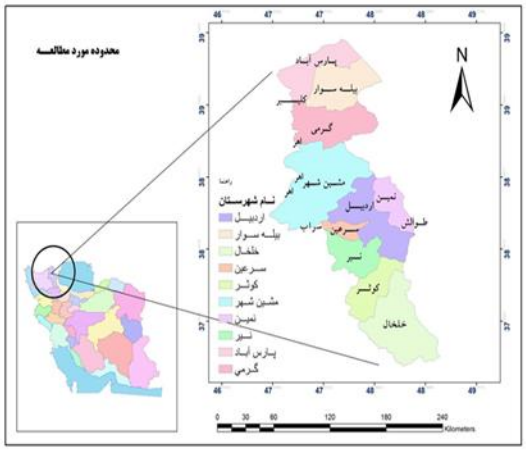
گیاه علوفه اسپرس بانام علمی از *Onobrychis sativa* ازجمله بقولات علوفه‌ای است که به لحاظ تولید علوفه خوب، باکیفیت و قابل‌قبول و رقابت با علوفه یونجه در میان گیاهان علوفه‌ای موردتوجه است. کشت این گیاه نه‌تنها با مناطق سردسیری سازگاراست در مناطق گرمسیری نیز به‌خوبی استقرار و کشت می‌شود (مجیدی و ارزانی، ۱۳۸۸). مطالعه‌ای مراحل مورفولوژیکی و سیر تکاملی عملکرد علوفه اسپرس در فصل بهار در (چین اول) نشان داد که علوفه اسپرس در ۹ دوره رشد دارای گونه‌های متعدد و یکی از مهم‌ترین گیاه علوفه‌ای مرتعی و زراعی محسوب می‌شود و محل تنوع کشت آن منطقه ایرانی – تورانی است (Polhill, ۱۹۸۱).اسپرس همدانی از گونه‌های باارزشی است که در نواحی مرتعی ایران کشت می‌شود و در حد برداشت متوسط می‌تواند تولید مناسبی داشته باشد و درشدت چرایی مختلف از تحمیل چرایی و رشد مجدد برخوردار است (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۵). کوشکی و همکاران (۱۳۹۸) مدل‌سازی توان اکولوژیک کاربری کشاورزی با استفاده از روش فازی سلسله مراتبی در حوضه آبریز گله رود بروجرد با استفاده خصوصیات خاک، شکل زمین و بیوکلیماتیک انجام دادند و نتایج نشان داد که اراضی بخش شمالی شهر بروجرد توان بسیار زیاد برای کشاورزی شناخته شد. یوسفی فاتح و همکاران (۲۰۱۵) مدل‌سازی الگوی بهینه کشت گندم آبی، علوفه یونجه و سیب‌زمینی را با استفاده از روش AHP و در محیط GIS در دشت اسدآباد همدان انجام و نتایج نشان داد نواحی که؛ متوسط درجه حرارت ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد، شیب زمین صفرتا ۱۵ درصد و عمق خاک ۷۵ تا ۲۰۰ سانتی‌متر باشد مکان مناسب برای کشت یونجه است. منیری فر و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از داده‌های آب و هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی خسرو شاه در دشت تبریز، شناسایی و ارقام مناسب یونجه را برای شرایط کم آبیاری بررسی و نتایج نشان داد که گونه ورزقان مناسب‌ترین رقم برای شرایط کم آبیاری است. اسپرس گیاه علوفه‌ای بدون نفخ است که به‌صورت چندساله در اروپا و آسیای مرکزی کشت می‌شود (Bhattarai et al, ۲۰۱٦). به همین دلیل در سال‌های اخیر توسعه زراعت علوفه اسپرس با ترکیب علوفه یونجه که در افزایش وزن دام مؤثر بودند رونق یافته است (Acharya et al, ۲۰۱۳ and Iwaasa et al, ۲۰۱۸). همچنین در ساسکاچوان کانادا به‌منظور تأمین غذای مطمئن برای دام، ارزیابی کشت علوفه‌های اسپرس و یونجه با استفاده بارش و دما انجام شد و نتایج نشان داد که دما و بارش در طول دوره رشد از جوانه‌زنی تا برداشت این گیاهان علوفه نقش مؤثر دارند (Biligetu et al, ۲۰۲۲). قنواتی و همکاران (۱۳۹۱) ارزیابی اکو جغرافیایی گونه‌های اسپرس را در ارتباط با خاک و اقلیم در استان کرمانشاه با استفاده از میانگین درجه حرارت، میانگین حداقل درجه حرارت، میانگین حداکثر درجه حرارت، بارش سالانه، ارتفاع از سطح دریا و شیب را در محیط GIS مطالعه کردند و نتایج نشان داد که بیشتر گونه‌های اسپرس در نیمه جنوبی استان به علت هوای نیمه مرطوب کشت می‌شود. همچنین اسپرس در نواحی که مقدار بارش سالانه کمتر از ۴۰۰ میلی‌متر و دمای سالانه ۷/۵ تا ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد پراکنش دارند به‌خوبی کشت می‌شود که سازگاری این گیاه را به مناطق خشک و سرد را بیان می‌کند (Rechinger, ۱۹۸٤)؛ بنابراین علوفه اسپرس به دلیل داشتن ریشه‌های اصلی و فرعی عمیق و قوی، در مقابل خشکی مقاوم بوده و با خاک‌های عمیق و گچی و مناطق گرم سازگاری دارد (کریمی، ۱۳۷۵). پیمانی فرد و همکاران (۱۳۷۳) در تحقیقی به این نتیجه رسیده‌اند که مقاومت اسپرس نسبت به سرما و خشکی از علوفه یونجه بیشتر است و در محدوده حرارتی ۲۰- تا ۳۸+ درجه سانتی‌گراد می‌تواند به رشد و نمو ادامه دهند بنابراین، گیاه علوفه اسپرس در شرایط دیم در نواحی که مقدار بارش سالانه ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر است رشد می‌نماید. مطالعه مورفولوژیکی علوفه اسپرس به‌منظور تأثیر داده‌های آب‌وهوا و خاک در مراحل برداشت اسپرس در کشور سویس نشان داد که نوع خاک، بافت خاک، مواد آلی خاک، PH خاک، بارش‌های سالانه، متوسط دما و رطوبت نسبی نقش مؤثر درکشت اسپرس دارند و درنهایت تاریخ برداشت اول از ۲۳ می تا ۲۹ می و تاریخ برداشت دوم از ۹ جولای تا ۱۰ جولای تعیین‌شده است (Azuhnwi et al, ۲۰۱۱). همچنین ارزیابی عملکرد اسپرس قبل از برداشت در طول چین اول (فصل بهار) در دشت پو ایتالیا بر اساس میانگین دما و بارش سالانه و درجه روز بررسی و بر اساس اصلاحیه (Kslu and Fick, ۱۹۸۱) مراحل فنولوژی علوفه اسپرس در فصل بهار به شرح زیر است: ۰ روزت بدون ساقه یا جوانه گل. ۱- طول ساقه میان رویشی ≥ ۳۰ سانتی‌متر. ۲- ساقه رویشی دیررس < ۳۰ سانتی‌متر. ۳- جوانه اولیه ۱ تا ۲ گره با جوانه. ۴- جوانه دیررس < ۲ گره با جوانه. ۵- زود گل یک گره با یک گل باز. ۶- دیر گل ۲ گره با گل باز. ۷- غلاف زودرس ۱ تا ۳ گره با غلاف بذر سبز. ۸- غلاف دیر بذر < ۳ گره با غلاف بذر سبز. ۹- گره غلاف بذر رسیده با غلاف بذر بالغ عمدتاً قهوه‌ای‌رنگ. همچنین با استفاده از رشد درجه روز (GDD) دمای پایه برای اسپرس ۵ درجه سانتی‌گراداست (Borreani et al, ۲۰۰۳). هدف اصلی این تحقیق پهنه‌بندی کشت علوفه اسپرس در استان اردبیل با استفاده از معیارهای مؤثر در طول دوره رشد اسپرس است. تفاوت تحقیق حاضر با مطالعات صورت گرفته در این زمینه، این است که از معیارهای بیشتر و داده‌های جدید و همچنین از کارآمدی چهار روش در طول دوره رشد علوفه اسپرس استفاده‌شده است.

۲- روش انجام تحقیق

- **محدوده موردمطالعه**

استان اردبیل در شمال غرب ایران، بین عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه قرارگرفته است (شکل ۱). این استان با مساحتی معادل ۱۷۹۵۳ کیلومترمربع در دامنه‌های کوه سبلان، آغ داغ و باغرو واقع است. حداقل و حداکثر ارتفاع استان، به ترتیب در پارس‌آباد ۳۲ متر و قله سبلان ۴۸۱۱ متر از سطح دریا است. آب‌وهوای استان در فصول

سرد تحت تأثیر توده‌هوای مهاجر از شمال، شمال غرب و غرب قرار دارد و در تابستان نیز گاهی سامانه‌های کم‌فشار باران‌زایی تأثیر گذاشته و بارندگی‌های تابستانه در ارتفاعات اتفاق می‌افتد. نواحی از استان تحت تأثیر اقلیم خزری است و دریای خزر در شرق استان بر شرایط دمایی و رطوبتی منطقه تأثیر دارد (سبحانی، ۲۰۲۲).



شکل ۱- محدوده موردمطالعه

- **داده‌ها و روش‌ها**

در این تحقیق از داده‌های بارش، متوسط دما، کمینه دما و بیشینه دما در طول دوره آماری (۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰) و ارتفاع، شیب زمین و عمق خاک استفاده شد (هواشناسی استان، ۱۴۰۰) و همچنین از نرم‌افزارهای ARC GIS و Export Choice برای تحلیل داده‌ها و از روش‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، مدل تاپسیس (TOPSIS)، آنتروپی شانون (Entropy Shanon)و روش ترکیب خطی وزنی (WLC) برای وزن دهی و پهنه‌بندی استفاده‌شده است.

- **روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی**

محاسبه ماتریس بی مقیاس موزون: درواقع ماتریس (v) حاصل‌ضرب ماتریس بی مقیاس شده در ماتریس قطبی وزن‌ها محاسبه می‌گردد.

تعیین ایده آل‌های مثبت: (بهترین عملکرد هر شاخص) که آن را با (A^*) نشان می‌دهند که از رابطه (۴) محاسبه می‌شود. (۴)

$$A^* = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \epsilon J\right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \epsilon J'\right) \right\}$$

تعیین ایده آل‌های منفی: (بدترین عملکرد هر شاخص) که آن را با (A^-) نشان می‌دهند که از رابطه (۵) محاسبه می‌شود. (۵)

$$A^* = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \epsilon J\right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \epsilon J'\right) \right\}$$

اولین اقدام در فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تعیین ضریب اهمیت معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها درکشت علوفه اسپرس است. این مقیاس بندی توسط ساعتی و وارگاس (۱۹۹۱) در جدول ۱ نشان داده‌شده است. برای تحلیل معیارها در فرایند سلسله مراتبی از نرم‌افزار Export Choice استفاده شد. پس از تعیین وزن نسبی معیارها، محاسبه ضریب ناسازگاری است که اگر این ضریب کمتر یا برابر ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها موردقبول است.

جدول ۱- اهمیت وزنی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

اهمیت	وزن
اهمیت برابر یا مساوی	۱
اهمیت متوسط	۳
اهمیت قوی (بالا)	۵
اهمیت خیلی قوی	۷
اهمیت فوق‌العاده قوی	۹
اهمیت واسطه‌ای یا بینابین	۲،۴،۶،۸

روش تاپسیس

فرایند تحلیل چند معیاره تاپسیس به شرح زیر است (جعفری و همکاران، ۱۴۰۱)

تشکیل ماتریس داده‌ها: بر اساس m معیار و n گزینه محاسبه می‌گردد.

بی مقیاس کردن داده‌ها: تشکیل ماتریس بی مقیاس شده از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد. (۲)

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m} a_{kj}^2}}$$

تعیین معیار فاصله‌ای: هر گزینه از ایده آل‌های منفی و مثبت (Si^+ و Si^-) بر اساس رابطه (۶) محاسبه می‌شود. (۶)

$$d_j^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^*)^2}$$

$$d_j^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - [\![v_j^-]\!])^2}$$

تعیین نزدیکی نسبی گزینه‌ها: بر اساس رابطه (۷). (۷)

$$C_i = \frac{d^-}{d_i^{\mp} d_i^+}$$

رتبه‌بندی گزینه‌ها: بر اساس میزان (C_{i+}) به‌طوری‌که ۱ $< C_{i+} <$ ۰ است. بر این اساس هراندازه یک گزینه به نقطه ایده آل نزدیک‌تر باشد C_{i+} به سمت ۱ میل می‌کند؛ بهترین گزینه است.

روش آنتروپی شانون

ایده اصلی این روش آن است که هر چه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است. گام‌های این روش مطابق زیر است (معروف نژاد، ۱۴۰۰).

$$Zij=\frac{Xij-Xi}{S}$$

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

Si= انحراف معیار هر ستون از ماتریس داده‌ها.

در این مرحله ماتریس داده‌های استاندارد (نرمالیزه شده) مشخص می‌شود.

شکیل ماتریس داده‌ها: ابتدا ماتریس دوبعدی از گزینه‌ها و شاخص‌ها شکل می‌گیرد و ارزش هر شاخص در هر گزینه با استفاده از آمارهای رسمی و مطالعات میدانی برآورد می‌شود. نرمال‌سازی اعداد ماتریس داده‌ها: به‌منظور انجام سایر مراحل وزن معیارهای برآورد شده بر اساس رابطه (۸) هم‌جهت و بی مقیاس شوند. (۸)

روش ترکیبی خطی وزنی (WLC)

این روش، رایج‌ترین تکنیک در تحلیل چند معیاره بر مبنای مفهوم میانگین وزنی است که مقدار نهایی هر گزینه مشخص و گزینه‌های که بیش‌ترین وزن را داشته باشد هدف موردنظر خواهد بود (مخدوم، ۱۳۸۹). برای ارزیابی هر گزینه یا Ai از رابطه (۱۲) استفاده می‌شود:

تعیین اهمیت شاخص‌ها با محاسبه آنتروپی شانون: آنتروپی Ej به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد و k به‌عنوان مقدار ثابت و مقدار Ej را بین ۰ و ۱ نگه می‌دارد که از رابطه (۹) محاسبه می‌شود. (۹)

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

که در آن p (x) توزیع احتمال متغیر تصادفی X است.

مقدار dj (درجه انحراف): از رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود که بیان می‌کند شاخص مربوطه (dj) چه میزان کار آیی در فرایند پهنه‌بندی کشت علوفه اسپرس دارد. هرچه مقادیر dj به صفر نزدیک باشد، نشان دهنده آن است که نقش آن معیارها در تصمیم‌گیری باید به همان اندازه کاهش یابد.

$$dj=1-Ej \qquad (۱۰)$$

سپس مقدار وزن Wj محاسبه می‌گردد. درواقع وزن معیار برابر با هر dj تقسیم‌بر مجموع dj ها است که از رابطه (۱۱) محاسبه می‌شود (عرب عامری، ۱۳۹۷).

$$wj=dj/\sum dj \qquad ۱۱)$$

$$Ai=\sum Wj\, Xij \qquad (۱۲)$$

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 یک باشد. وزن اهمیت نسبی هر معیار را به نمایش می‌گذارند (ناصری و همکاران ۲۰۱۸). 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. جدول (۲) نیاز مطلوب اقلیمی کشت علوفه اسپرس را نشان می‌دهد.

جدول ۲- نیاز مطلوب اقلیمی کشت علوفه اسپرس

کلاس / معیار	خیلی مناسب	مناسب	کمی مناسب	نامناسب
بارش (mm)	۵۰۰<	۵۰۰-۴۵۰	۴۵۰-۳۰۰	۳۰۰>
دمای متوسط (°C)	۱۵-۲۰	۲۰-۲۳	۲۵-۲۳	۳۵< و ۸>
بیشینه دما (°C)	۳۰-۲۰	۲۰-۱۸	۱۸-۱۵	۳۸ < و ۱۵>
کمینه دما (°C)	۱۴-۸	۸-۴	۴-۱	۱ >
ارتفاع (m)	۱۱۰۰-۰	۱۶۰۰-۱۱۰۰	۲۱۰۰-۱۶۰۰	۲۱۰۰<
شیب (درصد)	۵-۰	۱۰-۵	۱۵-۱۰	۱۵>
جهات شیب	SW	E-NW	SW-NW	W-N
خاک(cm)	عمیق ۱۵۰-۱۰۰	نیمه عمیق ۱۰۰-۵۰	کم‌عمق ۵۰-۲۵	خیلی کم‌عمق ۲۵<

منبع: خدابنده،۱۳۸۸؛ سید شریفی و حکم علی پور، ۱۳۸۹ و مظاهری لقب، ۱۳۸۷

۳-نتایج

روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی: در این روش ارزش‌گذاری معیارها بر اساس نیاز مطلوب اقلیمی علوفه اسپرس و اهمیت معیارهای وزنی طبق جدول ۱ انجام شد. پردازش داده‌ها با نرم‌افزار Export Choice به عمل آمد (جدول، ۳). نتایج نشان داد که بیشترین وزن

۰/۳۱۳ به معیار بارش اختصاص‌یافته یعنی در مکان‌یابی کشت اسپرس بارش بیشترین اهمیت را دارد. همچنین معیارهای متوسط دما، بیشینه دما و کمینه دما به ترتیب با وزن‌های ۰/۲۱۸، ۰/۱۵۱ و ۰/۱۱۸ در مراحل بعدی ازلحاظ اهمیت قرار دارند. با توجه به این‌که عدد به‌دست‌آمده در میزان نرخ ناسازگاری مقایسه زوجی ارزش‌گذاری معیارها کمتر از ۰/۱ است نشان‌دهنده دقت قابل‌قبول ارزش وزنی مقایسه زوجی درروش AHP است. نتایج این تحقیق با تحقیق (فال سلیمان و همکاران، ۱۳۹۲) در مورد تعیین نواحی مستعد کشت پسته در شهرستان بیرجند همخوانی دارد.

پهنه‌بندی روش تاپسیس: به‌منظور مکان‌یابی کشت علوفه اسپرس در استان اردبیل از هفت معیار مؤثر استفاده شد. تبدیل داده‌های کیفی به کمی بر اساس مقیاس سازی AHP انجام و ماتریس مقایسه زوجی معیارها محاسبه شد (جدول،۳). با استفاده از رابطه‌های (۲ و ۳) بی مقیاس کردن داده‌های معیارها به عمل آمد. به‌منظور هم ارزش نمودن در آیه‌های ماتریس نرمالیزه، مجموع اوزان مقیاس‌های معیارهای موردمطالعه برای کشت علوفه اسپرس نسبت به یکدیگر انجام و وزن هریک از معیارها بر اساس نیاز مطلوب اقلیمی بر اساس جداول (۲ و ۳) محاسبه گردید. سپس مقادیر ماتریس بی‌بعد وزین که حاصل‌ضرب مقادیر استاندارد هر شاخص در اوزان مربوط به خود است محاسبه شد (جدول،۴).

جدول ۳ -ماتریس مقایسه زوجی ضریب اهمیت معیارها

معیارها	بارش (mm)	دمای متوسط (Tc°)	کمینه دما (Tc°)	بیشینه دما (Tc°)	ارتفاع (m)	شیب (%)	خاک (cm)	وزن معیارها
بارش ((mm	۱	۳	۲	۳	۴	۳	۳	۰/۳۱۳
متوسط دما(Tc°)	۰/۳۳	۱	۳	۲	۳	۴	۲	۰/۲۱۸
کمینه دما(Tc°)	۰/۵	۰/۳۳	۱	-۲	۲	۲	۳	۰/۱۱۷
بیشینه دما(Tc°)	۰/۳۳	۰/۵	-۰/۵	۱	۳	۳	۲	۰/۱۵۱
ارتفاع(m)	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۰/۳۳	۱	۳	۲	۰/۰۶۴
شیب(%)	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۱	۲	۰/۰۴۸
عمق خاک(cm)	۰/۳۳	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۱	۰/۰۶۹

جدول ٤- ماتریس نرمالیزه وزین معیارهای کشت علوفه اسپرس در استان اردبیل

معیار	بارش (mm)	دمای متوسط (Tc°)	کمینه دما (Tc°)	بیشینه دما (Tc°)	ارتفاع (m)	شیب (%)	خاک (cm)
وزن معیارها	۰/۳۱۳	۰/۲۱۸	۰/۱۱۷	۰/۱۵۱	۰/۰۶۴	۰/۰۴۸	۰/۰۶۹
اردبیل	۰/۲۳۷	۰/۲۳۲	۰/۱۴۲	۰/۰۷۸	۰/۲۶۹	۰/۱۵۶	۰/۴۱۷
بیله سوار	۰/۳۱۷	۰/۴۰۷	۰/۴۸۸	۰/۱۰۴	۰/۰۳۰	۰/۱۵۶	۰/۴۱۷
پارس‌آباد	۰/۲۳۱	۰/۳۷۰	۰/۴۳۵	۰/۱۰۴	۰/۰۱۰	۰/۱۵۶	۰/۴۱۷
دامنه سبلان	۰/۴۲۱	۰/۰۸۶	۰	۰/۴۹۶	۰/۴۳۸	۰/۴۶۸	۰/۰۴۲
سرعین	۰/۳۲۱	۰/۲۵۹	۰/۲۱۳	۰/۰۷۶	۰/۳۲۹	۰/۳۱۲	۰/۲۰۸
خلخال	۰/۳۱۲	۰/۲۱۹	۰/۰۹۳	۰/۰۷۴	۰/۳۵۸	۰/۳۱۲	۰/۲۰۸
فرودگاه	۰/۱۸۹	۰/۲۲۹	۰/۱۰۲	۰/۰۸۱	۰/۲۶۳	۰/۱۵۶	۰/۴۱۷
مشکین‌شهر	۰/۳۱۸	۰/۲۷۱	۰/۲۹۲	۰/۰۷۹	۰/۲۷۸	۰/۳۱۲	۰/۲۰۸
گرمی	۰/۲۷۴	۰/۳۶۰	۰/۴۵۲	۰/۰۹۰	۰/۱۷۹	۰/۳۱۲	۰/۲۰۸
کوثر	۰/۲۴۱	۰/۳۴۵	۰/۲۳۹	۰/۱۰۴	۰/۳۵۸	۰/۳۱۲	۰/۲۰۸
نمین	۰/۲۳۰	۰/۲۷۱	۰/۲۶۶	۰/۰۷۶	۰/۲۸۹	۰/۳۱۲	۰/۲۰۸
نیر	۰/۳۰۰	۰/۲۷۱	۰/۲۶۶	۰/۰۷۷	۰/۳۲۳	۰/۳۱۲	۰/۲۰۸

در جدول (۵) محاسبه تعیین ایده آل‌های مثبت و ایده آل‌های منفی برای هریک از معیارها از رابطه‌های (۴ و ۵) محاسبه و نتایج نشان داد که معیارهای بارش، بیشینه دما و متوسط دما با وزن‌های ۰/۱۴۳، ۰/۱۲۶ و ۰،۰۸۹ دارای ایده آل مثبت و به میزانی که آن عدد به یک نزدیک‌تر باشد. آن گزینه ارجح‌تر است. همچنین تعیین معیار فاصله‌ای هر گزینه از ایده آل‌های منفی و مثبت بر اساس رابطه (۶) انجام شد (جدول، ۶). به‌منظور تعیین نزدیکی نسبی و رتبه‌بندی گزینه‌ها از رابطه (۷) استفاده شد و نتایج نشان داد که بیله سوار، پارس‌آباد و گرمی به ترتیب با وزن‌های ۰/۴۷۳، ۰/۴۱۳ و ۰/۳۹۳ خیلی مناسب و نمین و فرودگاه با وزن‌های ۰/۲۷۸ و ۲۶۰ نامناسب برای کشت علوفه اسپرس می‌باشند (جدول، ۶). همچنین پهنه‌بندی کشت علوفه اسپرس بر اساس روش تاپسیس در محیط GIS انجام و نقشه نهایی در پنج کلاس به دست آمد (شکل،۲). نتایج نشان داد که حدود ۵ درصد از مساحت استان اردبیل خیلی مناسب، ۲۳ درصد مناسب، ۳۲ درصد کمی مناسب و ۴۰ درصد نامناسب برای کشت علوفه اسپرس می‌باشند.

جدول ۵ مقادیر ایده آال مثبت و منفی معیارهای کشت علوفه اسپرس در استان اردبیل

معیارها / ایدئال	بارش (mm)	متوسط دما (Tc°)	کمینه دما (Tc°)	بیشینه دما (Tc°)	ارتفاع (m)	شیب (%)	عمق خاک (cm)
A^+	۰/۱۴۳	۰/۰۸۹	۰/۰۳۰	۰/۱۲۶	۰/۰۰۳	۰/۰۱۱	۰/۰۲۹
A^-	۰/۰۶۴	۰/۰۲۱	۰	۰/۰۰۶	۰/۰۴۱	۰/۰۳۲	۰/۰۰۳

جدول ۶ فاصله اقلیدسی و فاصله نسبی و رتبه‌بندی گزینه‌های در استان اردبیل

گزینه	اردبیل	برگ خریده سوار	پارس‌آباد	خلخال	سرعین	فرودگاه	کوثر	گرمی	مشکین	نمین	نیز	دامنه سبلان
S^+	۰/۱۳۹	۰/۱۱۹	۰/۱۳۱	۰/۱۳۵	۰/۱۳۰	۰/۱۴۸	۰/۱۳۴	۰/۱۲۸	۰/۱۲۸	۰/۱۴۰	۰/۱۳۱	۰/۱۵۰
S^-	۰/۰۵۵	۰/۱۰۷	۰/۰۹۲	۰/۰۵۶	۰/۰۶۶	۰/۰۵۲	۰/۰۶۹	۰/۰۸۳	۰۶۹۰	۰/۰۵۴	۰/۰۶۴	۰/۰۷۹
Ci	۰/۲۸۴	۰/۴۷۳	۰/۴۱۳	۰/۲۹۳	۰/۳۳۷	۰/۲۶۰	۰/۳۴۰	۰/۳۹۳	۰/۳۵۰	۰/۲۷۸	۰/۳۲۸	۰/۳۴۵
رتبه	۱۰	۱	۲	۹	۷	۱۲	۶	۳	۴	۱۱	۸	۵

تشکیل ماتریس آنتروپی شانون

پس از تعیین معیارهای مؤثر در طول دوره رشد علوفه اسپرس در سطح استان اردبیل اقدام به تشکیل ماتریس مقایسه زوجی داده‌ها شد (جدول، ۳). به‌منظور یکسان کردن معیارها اقدام به نرمال‌سازی داده‌ها از رابطه ۸ گردید (جدول، ۷). تشکیل ماتریس آنتروپی شانون معیارهای موردمطالعه: بر اساس ماتریس نرمال معیارهای موردمطالعه در جدول (۷) و از رابطه ۹ ماتریس آنتروپی معیارهای کشت علوفه اسپرس برای هریک از گزینه برآورد شد.

جدول ۷ ماتریس نرمال معیارهای آنتروپی شانون برای کشت علوفه اسپرس

معیار	بارش (mm)	دمای متوسط (Tc°)	کمینه دما (Tc°)	بیشینه دما (Tc°)	ارتفاع (m)	شیب (%)	خاک (cm)
اردبیل	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴۷	۰/۰۷۹	۰/۰۸۶	۰/۰۴۸	۰/۱۳۲
بیله سوار	۰/۰۹۳	۰/۱۲۲	۰/۱۶۳	۰/۱۰۵	۰/۰۱۰	۰/۰۴۸	۰/۱۳۲
پارس‌آباد	۰/۰۶۸	۰/۱۱۱	۰/۱۴۵	۰/۱۰۵	۰۰۳۰	۰/۰۴۸	۰/۱۳۲
دامنه سبلان	/۱۲۴	۰/۰۲۶	۰	۰/۰۵۰	۰/۱۴۰	۰/۱۴۳	۰/۰۱۳
سرعین	۰/۰۹۵	۰/۰۷۸	۰/۰۷۱	۰/۰۷۶	۰/۱۰۵	۰/۰۹۵	۰/۰۶۶
خلخال	۰/۰۹۲	۰/۰۶۶	۰/۰۳۱	۰/۰۷۴	۰/۱۱۵	۰/۰۹۵	۰/۰۶۶
فرودگاه	۰/۰۵۶	۰/۰۶۹	۰/۰۳۴	۰/۰۸۱	۰/۰۸۴	۰/۰۴۸	۰/۱۳۲
مشکین‌شهر	۰/۰۹۴	۰/۰۸۲	۰/۰۹۸	۰/۰۸۰	۰/۰۸۹	۰/۰۹۵	۰/۰۶۶
گرمی	۰/۰۸۱	۰/۱۰۸	۰/۱۵۱	۰/۰۹۱	۰/۰۵۷	۰/۰۹۵	۰/۰۶۶
کوثر	۰/۰۷۱	۰/۱۰۴	۰/۰۸۰	۰/۱۰۵	۰/۱۱۵	۰/۰۹۵	۰/۰۶۶
نمین	۰/۰۶۸	۰/۰۸۲	۰/۰۸۹	۰/۰۷۷	۰/۰۹۲	۰/۰۹۵	۰/۰۶۶
نیر	۰/۰۸۸	۰/۰۸۲	۰/۰۸۹	۰/۰۷۷	۰/۱۰۵	۰/۰۹۵	۰/۰۶۶

برآورد آنتروپی معیارها (ej)، درجه انحراف (dj) و اهمیت معیارها نسبت به هم (Wj) در ادامه معیارهای موردمطالعه در پهنه‌بندی اسپرس از روابط (۱۰ و ۱۱) محاسبه می‌شود و با محاسبه درجه انحراف و اوزان معیارها اهمیت شاخص‌ها مطرح در منطقه موردمطالعه مطابق جدول (۸) برآورد شد.

جدول ۸-برآورد آنتروپی، درجه انحراف و اوزان معیارهای مراحل کشت علوفه اسپرس

معیار	بارش (mm)	دمای متوسط (Tc°)	کمینه دما (Tc°)	بیشینه دما (Tc°)	ارتفاع (m)	شیب (%)	عمق خاک (cm)
جمع ln	-۱/۸۷۲	-۱/۸۶	-۱/۵۹۵	-۲/۰۶۵	-۱/۶۴۷	-۱/۷۳	-۲/۳۶۶
In (۱۲)	-۰/۴۰۲	-۰/۴۰۲	-۰/۴۰۲	-۰/۴۰۲	-۰/۴۰۲	-۰/۴۰۲	-۰/۴۰۲
ej	۰/۶۹۴	۰/۷۰۰	۰/۶۲۹	۰/۷۸۰	۰/۶۷۷	۰/۶۸۵	۰/۸۷۷
di=1-ej	-۰/۰۵۵	-۰/۰۶۸	۰/۰۸۱	-۰/۲۳۵	-/۰۲۰	-۰/۰۳۶	-۰/۴۳۸
w	-۰/۷۷۲	-۰/۷۷۲	-۰/۷۷۲	-۰/۷۷۲	-۰/۷۷۲	-۰/۷۷۲	-۰/۷۷۲
di÷w=wj	۰/۰۷۱	۰/۰۸۸	-۰/۱۰۵	۰/۳۰۵	۰/۰۲۶	۰/۰۴۷	۰/۵۶۷

رتبه‌بندی مناطق کشت علوفه اسپرس با روش آنتروپی شانون

پس از تعیین ضریب اهمیت معیارها، اولویت نهایی برمبنای رابطه ۸ از ضریب مؤلفه‌های ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه گروهی جدول ۷ در ضریب اهمیت شاخص‌ها تشکیل ماتریس ضریب اولویت واحدها نسبت به هر شاخص شکل گرفت که درنهایت از مجموع سطری ضریب اولویت هر واحد، اولویت نهایی واحدها برآورد شد (جدول، ۹). بر اساس روش آنتروپی شانون پهنه‌بندی کشت علوفه اسپرس در استان اردبیل در محیط GIS انجام و نقشه نهایی در پنج طبقه به دست آمد (شکل، ۳). نتایج نشان داد که حدود ۱۲ درصد مساحت استان اردبیل خیلی مناسب، ۲۳ درصد مناسب، ۵۴ درصد کمی مناسب و ۱۱ درصد نامناسب برای کشت علوفه اسپرس می‌باشند.

جدول ۹- ماتریس ضریب اولویت گزینه‌ها و تعیین اولویت نهایی بر اساس روش آنتروپی شانون

معیار	بارش (mm)	دمای متوسط (Tc°)	کمینه دما (Tc°)	بیشینه دما (Tc°)	ارتفاع (m)	شیب (%)	خاک (cm)	اولویت نهایی
اردبیل	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	-۰/۰۰۵	۰/۰۲۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	/۰۷۵	۰/۱۰۹
بیله سوار	۰/۰۰۷	۰/۰۱۱	-۰/۰۱۷	۰/۰۳۲	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۷۵	۰/۱۱۰
پارس‌آباد	۰/۰۰۵	۰/۰۱۰	-۰/۰۱۵	۰/۰۳۲	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۷۵	۰/۱۰۹
دامنه سبلان	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۱۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	۰/۰۴۴
سرعین	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	-۰/۰۰۷	۰/۰۲۳	/۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۳۷	۰/۰۷۴
خلخال	۰/۰۰۷	۰/۰۰۶	-۰/۰۰۳	۰/۰۲۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۳۷	۰/۰۷۴
فرودگاه	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	-۰/۰۰۴	۰/۰۲۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۷۵	۰/۱۱۰
مشکین‌شهر	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	-۰/۰۱۰	۰/۰۲۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۳۷	۰/۰۷۱
گرمی	۰/۰۰۶	۰/۰۱۰	-۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۳۷	۰/۰۷۰
کوثر	۰/۰۰۵	۰/۰۰۹	-۰/۰۰۸	۰/۰۳۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۳۷	۰/۰۸۲
نمین	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	-۰/۰۰۹	۰/۰۲۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۳۷	۰/۰۶۹
نیر	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	-۰/۰۰۹	۰/۰۲۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۳۷	۰/۰۷۱

روش ترکیب خطی وزنی WLC

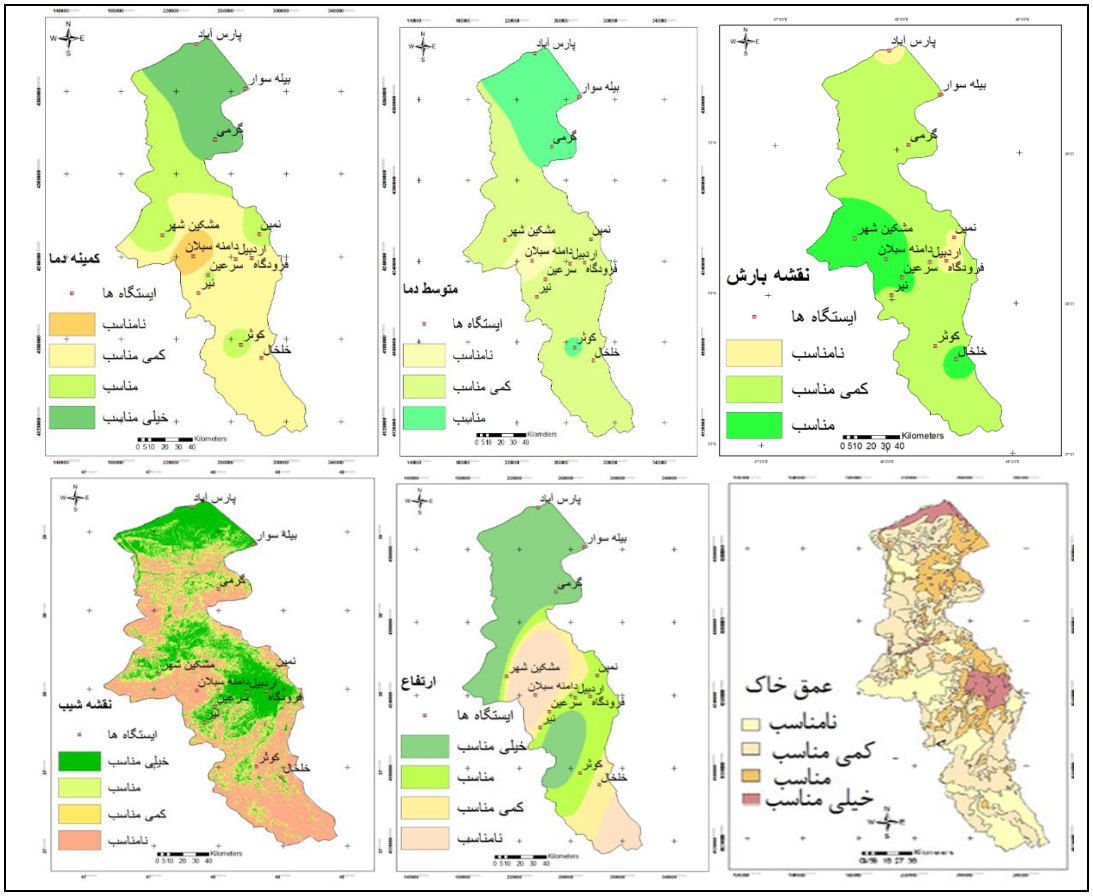
هریک از معیارها بر اساس نیازهای مطلوب اقلیمی کشت علوفه اسپرس، با روش WLC وزن دهی و نقشه مکان‌یابی کشت اسپرس برای معیارها تهیه شد (شکل،۴). نتایج نشان داد که در سطح استان، ازلحاظ مقدار بارش فقط یک‌بار در سال امکان برداشت علوفه اسپرس میسر است و برای برداشت بیشتر نیاز به آبیاری است. در معیارهای متوسط دما، بیشینه دما و کمینه دما به ترتیب ۲۴ درصد، ۲۲ درصد و ۲۱ درصد از مساحت استان محدودیتی برای

کشت اسپرس چند چین وجود ندارد. نتایج تحلیل داده‌های ارتفاع، شیب و عمق خاک به ترتیب نشان داد که حدود ۴۶ درصد، ۴۵ درصد و ۴۹ درصد برای کشت اسپرس مناسب است. در نواحی که عمق خاک کمتر از ۲۰ سانتی‌متر، شیب بیش از ۱۵ درصد و ارتفاع بالاتر ۲۱۰۰ متر از سطح دریا و همچنین بارش کمتر ۲۵۰ میلی‌متر است شرایط برای کشت اسپرس مناسب نیست. نتایج این تحقیق با بسیاری از پژوهش‌های که از داده‌های اقلیمی و توپوگرافی در مکان‌یابی کشت اسپرس و یونجه استفاده گردیده است ازجمله (دنگ و همکاران ۲۰۱۴ و یوهانس، ۲۰۲۰) همخوانی دارد. با تلفیق اشکال ۴، نقشه نهایی مکان‌یابی کشت اسپرس تهیه شد (شکل، ۵). نتایج نشان داد مکان‌های مناسب برای کشت اسپرس در شمال و مرکز استان واقع‌شده است که علت آن استفاده از آب سد میل مغان، شیب کم منطقه، دمای مناسب، عمق خاک بیشتر و ارتفاع کمتر است و در نواحی مرکزی نیز شرایط همانند شمال استان است اما نیاز آبی از طریق چاه‌های عمیق تأمین می‌شود.

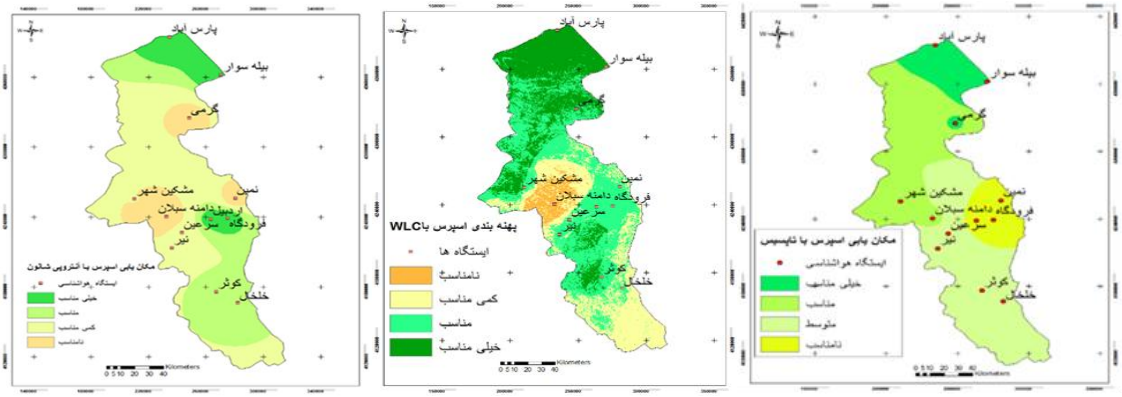
نتیجه‌گیری: در این پژوهش برای مکان‌یابی کشت علوفه اسپرس از روش‌های موردمطالعه و همچنین از معیارهای؛ بارش، متوسط دما، کمینه دما، بیشینه دما، ارتفاع، شیب و عمق خاک استفاده شد. نتایج نشان داد که در همه روش‌ها؛ بارش مهم‌ترین تأثیر را در طول دوره رشد اسپرس دارد؛ لذا بارش به‌عنوان محدودکننده‌ترین معیار درکشت علوفه اسپرس در استان اردبیل است. نتایج معیارهای وزنی با روش‌های AHP, TOPSIS, Antropy Shanon نشان داد که بارش، متوسط دما و کمینه دما با بیشترین وزن به ترتیب مهم‌ترین پارامتر تأثیرگذار درکشت علوفه اسپرس هستند. همچنین نتایج تلفیق معیارها با روش WLC در محیط GIS نشان داد که اراضی استان اردبیل دارای استعداد خیلی مناسب (۲۹ درصد)، مناسب (۴۰ درصد)، کمی مناسب (۲۶ درصد) و نامناسب (۵ درصد) برای کشت علوفه اسپرس می‌باشند (شکل، ۵). نتایج ارزش وزنی با روش AHP نشان داد که بارش با معیار وزنی ۰/۱۴۳، بیشینه دما ۰/۱۲۶ و متوسط دما ۰/۰۸۹ در بین معیارهای موردمطالعه، بیشترین تأثیر را در مراحل رشد اسپرس دارند. درنهایت با استفاده روش‌های تاپسیس حدود ۵ درصد و آنتروپی شانون حدود ۱۲ درصد از مساحت استان برای کشت علوفه اسپرس خیلی مناسب است؛ بنابراین در مقایسه با روش‌های موردمطالعه در این تحقیق نتایج نشان داد که روش ترکیب خطی وزنی (WLC) مناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی اسپرس در استان اردبیل نسبت به وضع موجود است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله نویسنده مقاله، از دانشگاه محقق اردبیلی که این پژوهش با حمایت مالی این دانشگاه به شماره قرارداد ۱۴۰۱/د/۹/۱۰۸۶۲ صورت گرفته کمال تشکر و سپاسگزاری را دارد.



شکل ٤ پهنه‌بندی کشت علوفه اسپرس بر اساس معیارهای موردمطالعه



شکل ۲ پهنه‌بندی علوفه اسپرس با روش تاپسیس شکل ۳ پهنه‌بندی علوفه اسپرس با روش آنتروپی شانون شکل ۵ پهنه‌بندی کشت علوفه اسپرس با روش W

منابع

- اداره کل هواشناسی استان اردبیل. ۱۳۹۹. آمار اطلاعات هواشناسی.
- پیمانی فرد، ب.، ملک پور، ب و فائزی پور، م. م.، ۱۳۷۳. معرفی گیاهان مهم مرتعی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی، شماره ۲۴، ص ۱۵-۳۴.
- جعفری، ن.، حافظ پرست، م و فرهادی، ب.، ۱۴۰۱. اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (مطالعه موردی: حوضه آبریز گاماسیاب کرمانشاه)، مطالعات علوم محیط‌زیست، سال ۷، شماره ۱، ص ۴۷۲۷-۴۷۴۰
- خدابنده، ناصر.، ۱۳۸۸. زراعت گیاهان علوفه‌ای، انتشارات علم کشاورزی ایران.
- دلاور، م.ا.، صفری، ی.، علمداری، پ.، نوری، ز. ۱۳۹۸. ارزیابی تناسب اراضی دشت زنجان برای کشت آبی گندم، یونجه و سی به زمینی با استفاده از شاخص تناسب تطبیقی. نشریه دانش آب‌وخاک، جلد ۲۹، شماره ۱، ۱۵۱-۱۶۳.
- سید شریفی، رئوف و حکم علی پور، سعید.، ۱۳۸۹. زراعت گیاهان علوفه‌ای، انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی.
- شهبازی، ع.، متینخواه، س.ح.، بشری، ح و ترکش اصفهانی، ت.، ۱۳۹۵. ارزیابی صفات جوانه‌زنی اسپرس همدانی در شرایط دمای تناوبی و تنش خشکی، بوم‌شناسی کاربردی، سال ۵، شماره ۱۵، ص ۳۲۶-۳۵۵.
- عرب عامری، ع.، رضایی، خ.، شیرانی، ک.، یمانی، م.، 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، سال ۹، شماره ۱۷، ص ۱۳۲-۱۴۳.
- فال سلیمان، م.، حجی پور، م و صادقی، حجت‌الله.، ۱۳۹۲. مقایسه کار آیی روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه AHP و TOPSIS به‌منظور تعیین نواحی مستعد کشت محصول پسته در دشت مختاران شهرستان بیرجند، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۳، شماره ۳۱، ص ۱۳۳-۱۵۵.
- قنواتی، ف.، نظری منوچهر آبادی، ف.، امیرآبادی، ح.، ۱۳۹۱. ارزیابی اکو جغرافیایی پراکنش گونه‌های اسپرس در ارتباط با خاک و اقلیم در استان کرمانشاه، یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی، شماره ۲، ص ۱۳۷-۱۴۷.
- کوشکی، پ.، پورخباز، ح.، یوسفی خانقاه، ش و جوانمردی، س.، ۱۳۹۸. مدل‌سازی توان اکولوژیک کاربری کشاورزی با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی چانک (مطالعه موردی: حوضه آبریز گله رود بروجرد)، مطالعات علوم جغرافیایی محیط‌زیست، سال ۴، شماره ۴، ص ۱۸۸۸-۱۸۹۸.
- کریمی، ه.، ۱۳۷۵. زراعت و اصلاح گیاهان علوفه‌ای .انتشارات دانشگاه تهران.
- مجیدی، م.م و ارزانی، ا.، ۱۳۸۸. مطالعه روابط بین صفات مورفولوژیک، زراعی و کیفی در توده‌های اسپرس، مجله پژوهش تولید گیاهی، جلد ۱۶، شماره ۲، ص ۱۵۸-۱۷۲.
- مجید، مخدوم. ۱۳۸۹. شالوده آمایش سرزمین .انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دهم، ۲۸۰ صفحه.
- مظاهری لقب، حجت اله.، ۱۳۸۷. آشنایی با گیاهان علوفه‌ای، انتشارات دانشگاه ابوعلی سینا.
- معروف نژاد، ع. ۱۴۰۰. کاربرد مدل آنتروپی شانون در ارزیابی هفت شاخص در کلان‌شهر اهواز، جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال ۱۲، شماره ۱، ص ۱۵۳-۱۶۷.
- منیری فر، ح.، مرادیان، پ.، احمدی عدل، ر و مقدم، ع.، ۱۳۹۹. شناسایی ارقام مناسب یونجه برای شرایط کم‌آبیاری در دشت تبریز، نشریه دانش کشاورزی و پایدار، سال ۳۰، شماره ۴، ص ۲۴۹-۲۶۴.
- ناصری، داریوش.، شمسی‌پور، علی‌اکبر و رضوانی، محمد.، ۱۳۹۸. ارزیابی و پهنه‌بندی تناسب اراضی سرزمین برای کاربری مرتع با استفاده از فرایند سلسله مراتبی- منطق فازی، فصلنامه انسان و محیط‌زیست، شماره ۵۰، ص ۸۷-۱۰۲.
- وزارت جهاد کشاورزی.۱۳۹۹. آمارنامه جهاد کشاورزی.
- یوسفی فاتح، آ.م.، حسین و بهزادی، سعید.، ۱۳۹۵. مدل‌سازی مکان مند الگوی بهینه کشت با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و GIS در دشت اسدآباد همدان، نشریه مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، سال ۷، شماره ۲، ص ۱۳-۲۷.

- Acharya, S., Sottie, E., Coulman, B., Iwaasa, A., McAllister, T., Wang, Y., Liu, J. 2013. New sainfoin populations for bloat-free alfalfa pasture mixtures in Western Canada, CropScience, Vol. 53, P. 2283–2293. doi:10.2135/cropsci2012.10.0591.
- Azuhnwi,B.N., Boller,B., Martens, M., Dohme-Meier, F., Ampuero, S., Gu¨ nter, S.,Kreuzer, M. H. D., Hess, H.D. 2011. Morphology, tannin concentration and forage value of 15 Swiss accessions of sainfoin (Onobrychis viciifolia Scop.) as influenced by harvest time and cultivation site, The Journal of the British Grassland Society,Vol. 66,P. 475-487. doi: 10.1111/j.1365-2494.2011.00811.x†

- Bhattarai, S., Coulman, B., Biligetu, B. 2016. Sainfoin (Onobrychis viciifolia Scop.): renewed interest as a forage legume for western Canada. Can, Journal Plant Science, Vol 96, P. 748–756. doi:10.1139/cjps-2015-0378.
- Biligetu, B., Jefferson, P. G., Lardner, H. A., Acharya, S. N.2022. Evaluation of sainfoin (Onobrychis viciifolia) for forage yield and persistence in sainfoin–alfalfa (Medicago sativa) mixtures and under different harvest frequencies, Canadian Journal of Plant Science, Vol.4, P. 525-535.
- Borreani. G., Peirett, P.G., Tabacco, E. 2003. Evolution of yield and quality of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.)in the spring growth cycle, Agronomie, Vol. 23, P. 193–201. DOI: 10.1051/agro:2002082.
- Deng, F., Xiaobing Li, Wang, H., Zhang, M., Ruihua, Li., Xu, Li. 2014. GIS-based assessment of land suitability for alfalfa cultivation: a case study in the dry continental steppes of northern China, Spanish Journal of Agricultural Research, Vol.2, P. 364-375. http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2014122-4672.
- Iwaasa, A.D., Sottie, E., Svendson, E., Coulman, B., Biligetu, B.,Acharya, S. 2018. Sainfoin for Western Canada.Agriculture and Agri-Food Canada, Swift Current, SK.Jefferson, P.G., and Gossen, B.D. 1992. Fall harvest management for irrigated alfalfa in southern Saskatchewan, Journal Plant Scienc, Vol. 72, P. 1183–1191. doi:10.4141/cjps92-144.
- Kalu, B.A., Fick, G.W.1981. Quantifying morphological development of alfalfa for studies of herbage quality, Crop Science, Vol. 21, P. 267–271.
- Polhill, R.M. 1981. Hedysareae. In: Polhill RM, and Raven PH, (eds). Advances in Legume Systematics, Royal Botanic Gardens, Kew. P. 367-370.
- echinger, K.H. 1984. Onobrychis. In: Rechinger KH (ed). Flora Iranica, Akademische Druck-u.-Verlagsanstalt. Graz, P. 389–459.
- Saaty TL and vargas LG, 1991. Predictin, Proecton and forecasting. Kluwer Academic Publishers,Dorderecht.
- Yohannes, Y., Evan, G., Ermias, A., Dawit, S., Abeyou, W. 2020. Evaluating Land Suitability and Potential Climate Change Impacts on Alfalfa (Medicago sativa) Production in Ethiopia, Atmosphere, DOI: 10.3390/atmos11101124

Agroclimatic Zoning of Sainfoin Fodder Cultivation with Simultaneous Application of AHP, TOPSIS, Shannon Antropy and WLC Methods.

Behrous Sobhani[1*]

[*1] - Professor, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

[*]Email Address: sobhani@uma.ac.ir

Abstract

Introduction

Sainfoin fodder plant is one of the fodder legumes, which is considered among fodder plants in terms of producing good, high-quality and acceptable fodder and competing with alfalfa fodder. Cultivation of this plant is not only compatible with cold regions, it is also established and cultivated well in tropical regions. A study of the morphological stages and evolution of Sainfoin fodder yield in spring season in (first China) showed that Sainfoin fodder has many species in 9 growth periods and is considered one of the most important pasture and crop fodder plants, and the place of its cultivation is the Iranian-Turanian region. In recent years, the development of Sainfoin fodder cultivation has been promoted with the combination of alfalfa fodder, which was effective in increasing the weight of livestock. Also, in Saskatchewan, Canada, in order to provide safe food for livestock, evaluation of Sainfoin and alfalfa fodder cultivation was carried out using rainfall and temperature, and the results showed that temperature and rainfall play an effective role during the growth period from germination to harvest of these fodder plants. The main goal of this research is the zoning of Sainfoin fodder cultivation in Ardabil province using effective criteria during the Sainfoin growth period. The difference between the present research and the studies conducted in this field is that more criteria and new data were used, as well as the efficiency of four methods during the growth period of Sainfoin fodder.

Methodology

Ardabil province is located in the northwest of Iran, between latitude 37 degrees 45 minutes to 39 degrees 42 minutes and longitude 47 degrees 3 minutes to 48 degrees 55 minutes (Figure 1). This province with an area equal to 17953 square kilometers, the minimum and maximum altitude of the province is 32 meters in Parsabad and 4811 meters in Sablan, respectively. In this research, the data of precipitation, average temperature, minimum temperature and maximum temperature during the statistical period (1990 to 2020) and altitude, land slope and soil depth were used, as well as ARC GIS and Export Choice software for data analysis and analysis process methods. Hierarchy (AHP), TOPSIS model, Shannon entropy and weighted linear combination (WLC) method were used for weighting and zoning.Hierarchical analysis process method: The first step in the hierarchical analysis process is to determine the importance coefficient of the criteria, sub-criteria and options in Sainfoin fodder cultivation. Export Choice software was used to analyze the criteria in the hierarchical process. After determining the relative weight of the criteria, the inconsistency coefficient is calculated. If this coefficient is less than or equal to 0.1, the consistency in the judgments is acceptable.Topsis method: The TOPSIS multi-criteria analysis process is as follows. Formation of data matrix: It is calculated based on m criteria and n options.Shannon entropy method: The main idea of this method is that the greater the dispersion in the values of an index, the more important that index is. The steps of this method are as follows. Forming the data matrix: First, a two-dimensional matrix of options and indicators is formed, and the value of each indicator in each option is estimated using official statistics and field studies. Weighted Linear Combination (WLC) method: This method is the most common technique in multi-criteria analysis based on the concept of weighted average, where the final value of each specific option and the options that have the highest weight will be the target. Equation (12) is used to evaluate each option or Ai: where Xij represents the i-th option in relation to the j-th criterion and Wj is the standardized weight of the j-th criterion, so that the sum of Wj is equal to one. The relative importance weight of each criterion is displayed. By determining the maximum value of Ai, the most priority option is selected. In addition to combining all parameters or layers, the WLC method also considers the importance of each parameter based on the weight given to that parameter. Table (2) shows the optimal climatic requirement of spruce fodder cultivation.

Conclusion

Conclusion: In this research, to locate Sainfoin fodder cultivation from the studied methods and also from the criteria; Precipitation, average temperature, minimum temperature, maximum temperature, altitude, slope and soil depth were used. The results showed that in all methods; Precipitation has the most important effect during the growth period of Sainfoin; Therefore, precipitation is the most limiting criterion in the cultivation of Sainfoin fodder in Ardabil province. The results of the weight criteria with AHP, TOPSIS, and Shannon's Antropy methods showed that precipitation, average temperature and minimum temperature with the highest weight are respectively the most important influencing parameters in Sainfoin fodder cultivation. Also, the results of combining the criteria with the WLC method in the GIS environment showed that the lands of Ardabil province have very suitable (29%), suitable (40%), slightly suitable (26%) and unsuitable (5%) for growing Sainfoin fodder(Fig,5). The results of the weighted value by AHP method showed that precipitation with a weighted criterion of 0.143, maximum temperature of 0.126 and average temperature of 0.089 among the studied parameters have the greatest effect on the growth stages of Sainfoin Finally, with the use of TOPSIS methods, about 5% and Shannon's entropy about 12% of the area of the province is very suitable for cultivating Sainfoin fodder; Therefore, compared to the studied methods in this research, the results showed that the weighted linear combination (WLC) method is the most suitable method for the zoning of Sainfoin in Ardabil province compared to the current situation. Therefore, the suitable areas for growing spruce fodder are located in the north and center of Ardabil province, which is due to the suitable climatic and topographical conditions.

Keywords: "Ardebil province", " Sainfoin fodder ", "Multi-criteria", "Climate and topography",