پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی کشت علوفه سور گوم با استفاده از روش‌های Shanon Entropy, ANP 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: ۱۴۰۲/۰۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۳

چکیده

سورگوم بانام علمی *Sorghum bicolor Moench* گیاه علوفه‌ای، یک‌ساله، روزکوتاه و به دلیل سازگاری با شرایط خشک و کم‌آبی از گیاهان زراعی باارزش به شمار می‌رود. هدف از این تحقیق شناسایی و پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی کشت علوفه سورگوم در استان اردبیل با روش‌های چند معیاره است. در این تحقیق با استفاده از معیارهای؛ بارش، دما، ارتفاع، شیب و عمق خاک، پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی در محیط GIS انجام شد. برای تعیین وزن معیارها، از روش‌های Shanon Entropy, ANP and WLC استفاده گردید. نتایج نشان داد که؛ با استفاده از روش آنتروپی شانون ایستگاه‌های بیله سوار با امتیاز ۰/۱۰۵، پارس‌آباد با امتیاز ۰۹۵ /۰، گیوی با امتیاز ۰/۰۹۳ و اردبیل با امتیاز ۰/۰۹ به ترتیب در رتبه ۱ تا ٤ قرار دارند و نواحی خیلی مناسب و مناسب برای کشت سورگوم می‌باشند و همچنین بر اساس روش ANP دما با معیار وزنی ۰/٤۰۹، بارش با معیار وزنی ۰/۲٤٤ و عمق خاک با معیار وزنی ۰/۱٦٦ به ترتیب در رتبه ۱ تا ۳ در بین معیارهای موردمطالعه بیشترین تأثیر را در مراحل رشد و پهنه‌بندی علوفه سورگوم دارند. با استفاده از روش ترکیب خط وزنی WLC در محیط GIS لایه‌های اطلاعاتی با همدیگر تلفیق شدند و نقشه نهایی پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی کشت علوفه سورگوم تهیه گردید. نتایج تحلیل با روش WLC نشان داد که در سطح استان اردبیل حدود ۲٦ درصد خیلی مناسب،۳٤ درصد مناسب، ۳۵ درصد کمی مناسب و ۵ درصد نامناسب برای کشت علوفه سورگوم است.

کلمات کلیدی "استان اردبیل"، "آب و هواشناسی کشاورزی"، "توپوگرافی"، "چندمعیاره"،

۱- مقدمه

گیاه علوفه‌ای سورگوم بانام علمی *Sorghum bicolor Moench* از خانواده غلات است (خدابنده، ۱۳۸۸). این علوفه از محتمل‌ترین گیاهان زراعی به تنش خشکی است و به آن شتر گیاهان زراعی جهان لقب داده‌اند. سورگوم گیاهی روزکوتاه محسوب می‌شود و طول روز مناسب آن ۱۰ تا ۱۲ ساعت است. در خاک‌های حاصلخیز با زهکشی و ساختمان خوب و بافت متوسط عملکرد بالایی دارد. سورگوم به کم‌آبی مقاوم بوده و در طول دوره رشد خود ۳۵ تا ٤۰ درصد کمتر از ذرت آب مصرف می‌کند (سید شریفی و حکم علی پور، ۱۳۸۹، Parzak,۲۰۱٦ و Dendy, ۱۹۹۵). مظاهری لقب (۱۳۸۷) شرایط محیطی سازگار سورگوم را مطالعه و به این نتیجه رسیده است که؛ این گیاه را در مناطق گرمسیری می‌توان در تمام طول سال کشت نمود، به سرمای بهاره خیلی حساس است، حداقل درجه حرارت لازم برای جوانه زدن ۷ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد و حرارت مطلوب برای رشد علوفه سورگوم حدود ۲۷ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و در مناطق خشک که حداقل دارای ۳۵۰ تا ٤۰۰ میلی‌متر بارندگی سالانه داشته باشد به‌خوبی رشد می‌کند. همتی و همکاران (۱۳۹٤) مقایسه کاربردهای (ANP) و (AHP) را در بررسی شاخص فقر آبی کشاورزی در شهرستان دزفول انجام داده‌اند و نتایج نشان داد که مدل ANP از کار آیی بیشتری برای تعیین شاخص فقر آبی کشاورزی در منطقه برخوردار است. خواجه پور (۱۳۹۲) طول دوره رشد علوفه سورگوم را بر اساس تأثیر اقلیم، عوامل محیطی، زراعی و ژنو تیپ، حداقل ۹۰ تا بیش از ۱۵۰ روز که در سه فاز اصلی؛ رویشی، توسعه گل‌آذین و رشد دانه، پیشنهاد کرده است. (Vanderlip and Reeves, ۱۹۷۲) مراحل نمو علوفه سورگوم را به شرح زیر مشخص کرده است؛ مرحله صفر؛ سبز شدن، مشاهده غلاف ساقچه در سطح خاک. مرحله ۱؛ مشاهده یقه برگ سوم. مرحله ۲؛ مشاهده یقه برگ پنجم. مرحله ۳؛ انتقال از رویشی به زایشی. مرحله ٤-خروج رأس برگ پرچم. مرحله ۵، خوشه مستور. مرحله ٦؛ ۵۰ درصد گرده‌افشانی. مرحله ۷؛ خمیری نرم. مرحله ۸؛ خمیری سفت. مرحله ۹؛ رسیدگی فیزیولوژیک. (Kouyate, ۲۰۲۰) تأثیر تغییر اقلیم برکشت سورگوم را در کوتیال کشور مالی بررسی و به این نتیجه رسید که درجه حرارت و بارندگی در مراحل کشت سورگوم نقش بیشتری دارند.

(Reddy et al, ۲۰۱۱) نیازهای مطلوب اقلیمی علوفه سورگوم در کشور فیلیپین را مطالعه کردند و نتایج نشان داد که کشت سورگوم در فیلیپین تا ۱۵۰۰ متر، شرق افریقا بین ۹۰ تا ۱۵۰۰ متر، امریکا ۲۵ تا ۸۵۰ متر (Buestan, ۱۹۹٤)، افریقا ٤۰۰ متر تا ۲۵۰۰ متر (Habet et al, ۲۰۱۷)و در حالت کلی تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا کشت می‌شود (Perez et al, ۲۰۱۰). مطالعه نیاز مطلوب حرارتی کشت سورگوم علوفه‌ای در نواحی وسیعی از خلیج مکزیک انجام شد و نتایج نشان داد که این گیاه در آب‌وهوایی گرم با درجه حرارت بالاتر از ۱۸ درجه سانتی و دمای مطلوب ۲٦/۷ تا ۲۹/٤ درجه سانتی که بالاتر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد نباشد مناسب است (Baradas, ۱۹۹٤). (Assefa et al, ۲۰۱۰) تأثیر درجه حرارت را در عملکرد سورگوم مطالعه کردند و نتایج نشان داد که درجه حرارت مطلوب برای دوره رشد سورگوم ۲٤ تا ۳۰ و در مرحله جوانه‌زنی ۱۲ تا ۱۳ درجه سانتی‌گراد است. (FAO, ۲۰۱٤) پهنه‌بندی آگروکلیماتیک کشت سورگوم در تامیل نادو هندوستان را بر اساس دمای موردنیاز مطالعه و نتایج نشان داد که مراحل کشت سور گوم در سه مرحله؛ مرحله اول (D۱ – ۱۵ سپتامبر)، مرحله دوم (D۲- ۳۰ سپتامبر) و مرحله سوم (D۳- ۲۲ اکتبر) انجام می‌شود. بارش سالانه موردنیاز برای سورگوم حدود ۷۰۰ میلی‌متر (Pecina et al, ۲۰۱۷) و برای مراحل کاشت سورگوم ۱۰ سانتی‌متر آب قبل از کشت، ۲۰ سانتی‌متر آب در مرحله اول، ٤۰ روز بعد کاشت و ۲۰ سانتی‌متر در مرحله دوم، ٦۵ تا ۷۰ روز بعد از کشت نیاز است. همچنین(Yang and Zhong, ۲۰۲۲) ارزیابی تناسب اراضی کشت سور گوم را بر اساس نیازهای مطلوب اقلیمی در کشور کینشازا و (Ahmed and Jeb, ۲۰۱٤) ارزیابی تناسب اراضی برای کشت سورگوم را با استفاده از روش AHP در کشور نیجریه انجام و نتایج نشان داد که منطقه موردمطالعه به چهار ناحیه مناسب ۹٦ درصد، متوسط ٤ درصد، کمی مناسب و نامناسب برای کشت طبقه‌بندی‌شده است (جدول ۱). با توجه به اهمیت پروتئین در جیره غذایی انسان، افزایش تولید گیاهان علوفه‌ای که منشأ تولید پروتئین دام می‌باشند ضروری است. در این تحقیق تلاش براین است، نواحی مناسب برای کشت گیاه علوفه سورگوم که برای تغذیه دام در استان اردبیل اهمیت زیادی دارد با استفاده روش‌ها و معیارهای مطالعه و نقشه پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی کشت علوفه سورگوم در استان اردبیل تهیه شد.

جدول ۱-نیازهای مطلوب اقلیمی و خاک برای کشت علوفه سورگوم

	جدول طبقات مناسب و درجه محدودیت برای کشت سور گوم					
	S۱		S۲	S۳	N۱	N۲
فاکتور	۱۰۰-۹۵	۹۵-۸۵	۸۵-٦۰	٦۰-٤۰	٤۰-۲۵	۲۵-۰
بارندگی (mm)	۹۵۰-۵۰۰	۵۰۰-٤۵۰ ۱۲۰۰-۹۵۰	٤۰۰-۳۰۰ ۱٤۰۰-۱۲۰۰	۳۰۰-۱۵۰	-	۱۵۰>و ۱٤۰۰<
درجه حرارت (T/°C)	۲٦-۲٤	۲۱-۲٤ و ۳۲-۲٦	۱۸-۲۱ و ۳۲<	۱۸-۱۵	-	۱۵>
شیب (%)	٤-۰	۸-٤	۱٦-۸	۳۰-۱٦	۵۰-۳۰	۵۰<
بافت خاک	Sil,L	CL, SiCL	SiC, C	L,S	-	S
عمق خاک (cm)	۱۰۰<	۱۰۰-۵۰	۵۰-۲۰	۲۰-۱۰	-	۱۰-۰
زهکشی خاک	خوب	متوسط	imperfect	فقیر	خیلی فقیر	-
درصد سنگ برهنه (٪)	فاقد سنگ	۲۰>	۲۰ تا ۵۰	≥۵۰		

Souce: (Fao, ۱۹۷۹; USDA, ۱۹۹۳; Van Diepen,Metson, ۱۹٦۱, Sandeep and Rao, ۲۰۲۱, Sys et al, ۱۹۹۳)

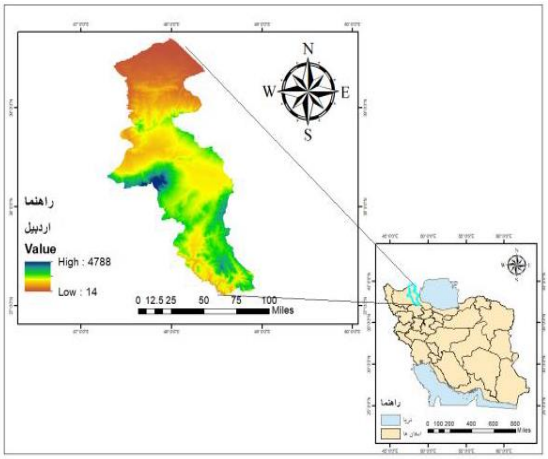
۲- روش انجام تحقیق

- محدوده موردمطالعه

- استان اردبیل در شمال غرب ایران قرار دارد و موقعیت آن در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ٤۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ٤۲ دقیقه نیمکره شمالی و در طول جغرافیایی ٤۷ درجه و ۳ دقیقه تا ٤۸ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی واقع است (سبحانی و محب الدینی، ۱٤۰۲). مساحت استان حدود ۱۷۹۵۳ کیلومترمربع (حدود ۱/۰۹ درصد وسعت کشور) است. آب‌وهوای نواحی شمالی و مرکزی استان بر اساس روش دمارتن نیمه‌خشک و جنوب استان مدیترانه‌ای است. این استان بر اساس تقسیمات کشوری در سال ۱٤۰۰، دارای ۱۲ شهرستان، ۳۱ شهر، ۲۵ بخش، ٦٦ دهستان است (سبحانی و دل‌آرا، ۱٤۰۲). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی استان اردبیل را نشان می‌دهد.

-
- **روش‌ها و داده‌های موردمطالعه**

در این تحقیق ابتدا نیاز مطلوب اقلیمی کشت علوفه سورگوم از منابع موجود مشخص گردید (جدول، ۲). سپس داده‌های بارش، درجه حرارت، ۱۲ ایستگاه سینوپتیک در طول دوره آماری (۱۳۷۹ تا ۱۴۰۰) و نقشه ارتفاع، شیب و عمق خاک از سازمان‌های مربوط تهیه گردید. همچنین از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، آنتروپی شانون، ANP و روش ترکیبی وزنی WLC و نرم‌افزارهای ARC GIS و Super Decision جهت انجام تحقیق، کمک گرفته‌شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان اردبیل

جدول ۲- نیازهای مطلوب اقلیمی برای کشت سورگوم در استان اردبیل

معیارها	طبقات تناسب اراضی موردمطالعه برای پهنه‌بندی گیاه سورگوم			
	S۱ خیلی مناسب	S۲ مناسب	S۳ نسبتاً مناسب	N۱ نامناسب
بارندگی سالانه (mm)	۵۵۰-۴۵۰	۳۵۰-۴۵۰	۳۵۰-۲۵۰	<۲۵۰
متوسط درجه حرارت سالانه (°C)	۲۶-۲۴	۲۴-۲۰	۲۰-۱۵	<۱۵
درجه حرارت جوانه‌زنی (°C)	۲۰-۱۵	۱۵-۱۰	۷-۱۰	<۷
نیاز حرارتی (h)	۳۵۰۰-۲۵۰۰	۲۵۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۱۵۰۰	<۱۵۰۰
شیب (%)	۴-۰	۸-۴	۱۲-۸	۱۲<
ارتفاع (m)	۱۰۰۰-۰	۱۴۰۰-۱۰۰۰	۱۶۰۰-۱۴۰۰	۱۶۰۰<
عمق خاک (cm)	۱۰۰-۸۰ عمیق	۸۰-۵۰ نسبتاً عمیق	۵۰-۳۰ کم‌عمق	<۳۰ خیلی کم‌عمق
سطح سنگی (%)	۳-۰	۹-۳	۲۰-۹	>۲۰
بافت خاک	رسی، رسی ولومی، سیلی	سیلی، سیلی رسی و سیلی لومی	لومی شنی و سیلی لومی	شنی

- **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 (جعفری و همکاران، ۱۴۰۱).

$$X=[x_{ij}]_{n\times m}\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}$$ 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 (٥)

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

wj=

فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

فرایند تحلیل شبکه، یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و فرم توسعه‌یافته فرایند تحلیل سلسله مراتبی است. این روش برای حل مسائلی که در آن‌ها معیارها و گزینه‌ها از هم مستقل نیستند به کار می‌رود (پورهادیان، ۱۴۰۰). در این فرایند اندازه‌گیری مقادیر و اهمیت نسبی مانند فرایند تحلیل سلسله مراتبی با مقایسه زوجی انجام می‌شود (عطایی، ۱۳۸۹ و علیخانی و پور ابراهیم، ۱۴۰۱). مراحل روش ANP به شرح زیر است:

۱-ساخت مدل (شبکه) تحلیل: در این مرحله معیارهای که در تصمیم‌گیری نهایی مؤثرند و با نظرخواهی متخصصان

مشخص شدند، به یکدیگر متصل می‌شوند و ساختار شبکه‌بندی را تشکیل می‌دهند.

۲-تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی و محاسبه بردارهای وزن: ماتریس‌های مقایسه زوجی تأثیر معیارها و زیرمعیارها، با در نظر گرفتن سطوح بالاتر شبکه و ارتباطات داخلی تشکیل می‌شوند تا به توان به کمک آن‌ها وزن عناصر را به دست آورد. پس‌ازآن که مقایسه زوجی به‌صورت کامل انجام شد، بردار وزن (W) محاسبه می‌شود که (saaty, ۱۹۹۱) رابطه (۷) معرفی کرده است.

رابطه (۷) $AW=\lambda max \ldots W$

که در آن λmax بزرگ‌ترین مقدار ویژه‌ماتریس A است. بردار W با استفاده از a نرمال می‌شود. برای تعین میزان سازگاری مقایسه‌ها از شاخص سازگاری وزن معیارها استفاده می‌شود که این شاخص‌ها با استفاده از رابطه (۸) محاسبه می‌شود:

رابطه (۸) $CI=(\lambda max-n)/(n-1)$

درکل اگر CI کمتر از ۰/۱ باشد، مقایسه تائید می‌شود.

۳-تشکیل سوپر ماتریس اولیه: بر اساس ماتریس مقایسه زوجی، چند ماتریس ساخته و وزن نسبی هر ماتریس محاسبه می‌شود. سپس، وزن‌های حاصل در سوپر ماتریس وارد می‌شوند که رابطه متقابل بین عناصر سیستم را نشان می‌دهند.٤-تشکیل سوپر ماتریس وزنی: عناصر ستون سوپر ماتریس اولیه متناسب با وزن نسبی آن‌ها فاکتور گرفته و هر ستون ماتریس استاندارد می‌شود. درنتیجه ماتریس جدیدی به دست می‌آید؛ که جمع هریک از ستون‌های آن برابر ۱ خواهد بود.۵-محاسبه سوپر ماتریس حد: در مرحله بعد، سوپر ماتریس وزنی، به توان حدی می‌رسد تا عناصر ماتریس همگرا و مقادیر سطری آن باهم برابر شوند. در این مورد جمع سطر سوپر ماتریس وزنی از رابطه (۹) همگرا می‌شود:

رابطه (۹) $Limk\rightarrow^{oo}w^{k}$

روش ترکیب خطی وزنی (**WLC**)

روش ترکیب خطی وزنی از رایج‌ترین تکنیک در تحلیل ارزیابی چند معیاره است (Malczewski, ۱۹۹۹). این روش برمبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است و تصمیم‌گیری مستقیم بر مبنای اهمیت نسبی وزن‌هایی به معیارها است. با استفاده از رابطه (۱۰) از طریق ضرب کردن وزن نسبی در مقدار آن خصیصه، یک مقدار نهایی برای هر گزینه به دست می‌آید.

رابطه (۱۰) $S=\sum WiXi\Pi Cj$

در این رابطه، S: مطلوبیت؛ Wi: وزن عامل؛ Xi: ارزش فازی عامل؛ Cj: امتیاز معیار محدودیت و Π نمایه حاصل‌ضرب است. روش ترکیب وزنی می‌تواند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و قابلیت‌های همپوشانی این سیستم اجرا شود. استفاده از این روش در هر دو قالب رستری و برداری GIS عملی است. پس‌ازآن که مقدار نهایی هر گزینه مشخص شد گزینه‌هایی که بیشترین مقدار را داشته باشد، مناسب‌ترین گزینه برای هدف موردنظر خواهد بود (سادات بنی عقیل و همکاران، ۱۳۹۵).

۳- نتایج

وزن دهی معیارها بر اساس مدل آنتروپی شانون

در این مدل معیارهای بارندگی، درجه حرارت، ارتفاع، شیب و عمق خاک که در طول دوره رشد علوفه سورگوم مؤثر بودند انتخاب و تشکیل ماتریس داده‌ها بر اساس i گزینه و j شاخص، بر اساس رابطه (۱) محاسبه در جدول (۵) نشان داده‌شده است.

جدول ۵- ماتریس نرمال‌سازی معیارهای موردمطالعه درکشت علوفه سورگوم

گزینه‌ها/معیارها	بارش(mm)	متوسط دما(°c)	ارتفاع (m)	شیب (%)	عمق خاک (cm)
اردبیل	۲۸۲	۹/٤	۱۳۵۰	۵	۱۰۰
بیله سوار	۳۷٦	۱٦/۵	۱۵۰	۵	۱۰۰
پارس‌آباد	۲۷٤	۱۵	۵۰	۵	۱۰۰
خلخال	۳۷۱	۸/۹	۱۸۰۰	۱۰	۵۰
سرعین	۳۸۱	۱۰/۵	۱٦۵۰	۱۰	۵۰
فرودگاه اردبیل	۲۲٤	۹/۳	۱۳۲۰	۵	۱۰۰
کوثر-گیوی	۲۸٦	۱٤	۱۸۰۰	۱۰	۵۰
گرمی	۳۲٦	۱٤/٦	۹۰۰	۱۰	۵۰
مشگین شهر	۳۷۸	۱۱	۱٤۰۰	۱۰	۵۰
نمین	۲۷۳	۱۱	۱٤۵۰	۱۰	۵۰
نیر	۳۵٦	۱۱	۱٦۵۰	۱۰	۵۰
دامنه سبلان	۵۰۰	۳/۵	۲۲۰۰	۱۵<	۱۰
جمع ستون	٤۰۲۷	۱۳٤/۷	۱۵۷۲۰	۱۰۵	۷٦۰

گام بعدی نرمال‌سازی اعداد ماتریس داده‌ها به‌منظور انجام سایر فازهای مدل آنتروپی شانون است که ارزش شاخص‌های برآورد شده هم‌جهت و بی مقیاس شوند ازاین‌رو ارزش شاخص بر اساس رابطه (۳) محاسبه گردید. در این مرحله ماتریس داده‌های استاندارد (نرمالیزه شده) مشخص می‌شود (جدول،٦).

جدول ٦- ماتریس نرمال شده

گزینه‌ها/معیارها	بارش(mm)	متوسط دما(°c)	ارتفاع (m)	شیب (%)	عمق خاک (cm)
اردبیل	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۸٦	۰/۰٤۸	۰/۱۳۲
بیله سوار	۰/۰۹۳	۰/۱۲۲	۰/۰۱	۰/۰٤۸	۰/۱۳۲
پارس‌آباد	۰/۰٦۸	۰/۱۱۱	۰/۰۰۳	۰/۰٤۸	۰/۱۳۲
خلخال	۰/۰۹۲	۰/۰٦٦	۰/۱۱۵	۰/۰۹۵	۰/۰٦٦
سرعین	۰/۰۹۵	۰/۰۷۸	۰/۱۰۵	۰/۰۹۵	۰/۰٦٦
فرودگاه اردبیل	۰/۰۵٦	۰/۰٦۹	۰/۰۸٤	۰/۰۸٤	۰/۱۳۲
کوثر-گیوی	۰/۰۷۱	۰/۱۰٤	۰/۱۱۵	۰/۰۹۵	۰/۰٦٦
گرمی	۰/۰۸۱	۰/۱۰۸	۰/۰۵۷	۰/۰۹۵	۰/۰٦٦
مشگین شهر	۰/۰۹٤	۰/۰۸۲	۰/۰۸۹	۰/۰۹۵	۰/۰٦٦
نمین	۰/۰٦۸	۰/۰۸۲	۰/۰۹۲	۰/۰۹۵	۰/۰٦٦
نیر	۰/۰۸۸	۰/۰۸۲	۰/۱۰۵	۰/۰۹۵	۰/۰٦٦
دامنه سبلان	۰/۱۲٤	۰/۰۲٦	۰/۱٤۰	۰/۱٤۳	۰/۰۱۳

در مرحله بعد تعیین اهمیت شاخص‌ها با استفاده از روش آنتروپی شانون است که پس از تشکیل ماتریس داده‌ها که یک ماتریس نرمالیزه است، آنتروپی واحدهای کاری نسبت به شاخص‌ها محاسبه‌شده و ماتریس دوبعدی آن شکل می‌گیرد (جدول، ۷).

جدول ۷ - ماتریس آنتروپی واحدهای کاری نسبت به شاخص‌ها

گزینه‌ها/معیارها	بارش(mm)	متوسط دما(°c)	ارتفاع (m)	شیب (%)	عمق خاک (cm)
اردبیل	-۰/۱۸٦	-۰/۱۸٦	-۰/۱۸۳	-۰/۲۲٤	-۰/۲٦۷
بیله سوار	-۰/۲۲۱	-۰/۲۵۷	-۰/۰٤٦	-۰/۲۲٤	-۰/۲٦۷
پارس‌آباد	-۰/۱۸۳	-۰/۲٤٤	-۰/۰۱۷	-۰/۲۲٤	-۰/۲٦۷
خلخال	-۰/۲۲۰	-۰/۰۲۷	-۰/۲٤۹	-۰/۲۲٤	-۰/۰۲۷
سرعین	-۰/۲۲٤	-۰/۱۹۹	-۰/۲۳۷	-۰/۲۲٤	-۰/۰۲۷
فرودگاه اردبیل	-۰/۱٦۱	-۰/۱۸٤	-۰/۲۰۸	-۰/۲۲٤	-۰/۲٦۷
کوثر-گیوی	-۰/۱۸٦	-۰/۲۳۵	۰/۲٤۹	-۰/۲۲٤	-۰/۰۲۷
گرمی	-۰/۲۰۲	-۰/۲٤۰	-۰/۳۲۰	-۰/۲۲٤	-۰/۰۲۷
مشگین شهر	-۰/۲۲۲	-۰/۲۰۵	-۰/۲۱۵	-۰/۲۲٤	-۰/۰۲۷
نمین	-۰/۱۸۳	-۰/۲۰۵	-۰/۲۲۰	-۰/۲۲٤	-۰/۰۲۷
نیر	-۰/۲۱٤	-۰/۲۰۵	-۰/۲۳۷	-۰/۲۷۸	-۰/۰۲۷
دامنه سبلان	-۰/۲۵۹	۰/۰۹۵	-۰/۰۹۵	-۲/۷۳۸	-۱/۳۱۸

در ادامه آنتروپی، شاخص‌ها (Ej) از رابطه (٤) محاسبه گردید و هرچه مقادیر اندازه‌گیری شده شاخص به عدد صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده آن است که در سایر ایستگاه‌های موردمطالعه ازنظر آن شاخص تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند (رابطه، ۵). سپس مقدار اوزان شاخص‌ها از رابطه (٦) محاسبه می‌گردد. در ادامه آنتروپی شاخص‌های موردمطالعه در پهنه‌بندی کشت سورگوم در استان اردبیل (Ej) و محاسبه درجه انحراف (dj) و اوزان شاخص‌ها (wj) اهمیت شاخص‌ها در جدول (۸) برآورد شده است.

جدول ۸- برآورد آنتروپی، درجه انحراف و اوزان شاخص معیارها در پهنه‌بندی علوفه سورگوم

معیارها	عمق خاک (cm)	شیب (%)	ارتفاع (m)	متوسط دما(°c)	بارش(mm)
$\sum_{i=1}^{m} irjlnirj$	-۱/۳۱۸	-۲/۷۳۸	-۱/٦۳٤	-۰/۲۵۳	-۲/۰۱٦
Ej=$\sum_{i=1}^{m} irjlnirj * -h = 0.4024$	-۰/٤۰۲٤	-۰/٤۰۲٤	-۰/٤۰۲٤	-۰/٤۰۲٤	-۰/٤۰۲٤
ej	۰/۵۳۰۲	۰/۱۰۱۷	۰/٦۵۷۷	۰/۱۰۱۷	۰/۸۱۱۲
dj=۱-ej	۰-/۵۳۰۲ ۱	۱-/۱۰۱۷ ۱	۰-/٦۵۷۷ ۱	۰-/۱۰۱۷ ۱	۰-۱/۸۱۱۲
$\sum_{j}^{n}(1-e) = 1.7975$	۰/٤٦۹۸	-۰/۱۰۱۷	۰/۳٤۲۳	۰/۸۹۸۳	۰/۱۸۸۸
Wj=	$\frac{0.4698}{1.7975}$	$\frac{-0.1017}{1.7975}$	$\frac{0.3423}{1.7975}$	$\frac{0.8983}{1.7975}$	$\frac{0.1888}{1.7975}$
wj	۰/۲٦۱٤	-۰/۰۵٦٦	۰/۱۹۰٤	۰/٤۹۹۷	۰/۱۰۵۰

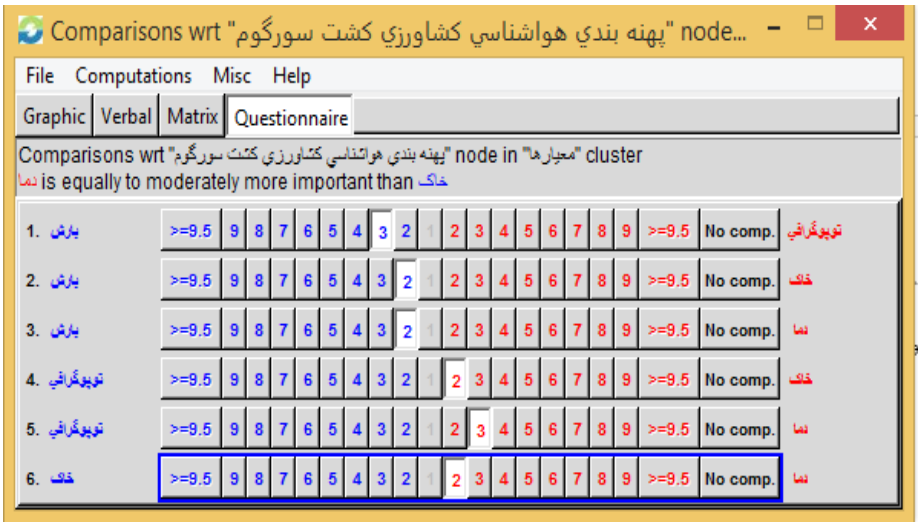
جدول ۹ - اولویت نهایی و رتبه‌بندی کشت علوفه سورگوم در استان اردبیل با روش آنتروپی شانون

گزینه‌ها	اردبیل	بیله سوار	پارس‌آباد	خلخال	سرعین	فرودگاه اردبیل	گیوی	گرمی	مشکین	نمین	نیر	دامنه سبلان
اولویت نهایی	۰/۰۹	۰/۱۰۵	۰/۰۹۵	۰/۰۷۷	۰/۰۸۱	۰/۰۸۸	۰/۰۹۳	۰/۰۸٦	۰/۰۸	۰/۰۷۸	۰/۰۸۲	۰/۰٤۸
رتبه	٤	۱	۲	۱۱	۸	۵	۳	٦	۹	۱۰	۷	۱۲

به‌منظور رتبه‌بندی نهایی گزینه‌های موردمطالعه برای کشت سورگوم در استان اردبیل بر اساس معیارهای موردمطالعه، پس از تعیین ضریب اهمیت شاخص‌ها (wj) اولویت‌بندی نهایی گزینه‌ها از ضرب مؤلفه‌های ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه گروهی (جدول، ۷) در ضریب اهمیت شاخص‌ها (wj) در جدول (۸) ضریب اولویت نهایی و رتبه‌بندی گزینه‌ها برای کشت سورگوم نسبت به هر شاخص در (جدول، ۹) مشاهده می‌شود نتایج نشان داد که مناطق بیله سوار، پارس‌آباد و گیوی به ترتیب با درجه اهمیت ۰/۱۰۵، ۰/۰۹۵ و ۰/۰۹۳ از حیث معیارهای موردمطالعه در وضعیت مناسب و دامنه سبلان، خلخال و نمین به ترتیب با درجه اهمیت ۰/۰٤۸، ۰/۰۷۷ و ۰/۰۷۸ نامناسب برای کشت سورگوم در استان اردبیل قرار دارند و همچنین حدود ۱۰ درصد مساحت استان اردبیل خیلی مناسب، ۱۹ درصد مناسب، ۵۹ درصد کمی مناسب و ۱۲ درصد نامناسب برای کشت سورگوم بر اساس پهنه‌بندی با روش آنتروپی شانون است. یافته تحقیق حاضر با نتایج پژوهش‌های (Hezam et al, ۲۰۱۱; Mohammed and Misganaw, ۲۰۲۲) مطابقت دارد.

وزن دهی معیارها بر اساس مدل ANP

پس از به دست آوردن لایه‌های اطلاعاتی، برای وزن دهی از مدل ANP استفاده شد. بدین منظور پس از تشکیل ساختار و ماتریس‌های مقایسه‌ای، از طریق پرسش‌نامه و نیازهای مطلوب اقلیمی برای کشت سورگوم، برای تعیین رابطه و میزان اهمیت هریک از معیارها استفاده شد (شکل، ۳). برای انجام محاسبات از نرم‌افزار Super decision استفاده شد و پس از تشکیل سوپر ماتریس‌های وزنی و غیر وزنی و تبدیل آن به سوپر ماتریس حد جدول ۱۰ مرحله اولویت‌بندی معیارها و گزینه‌ها انجام شد (جدول، ۱۱). نتایج نشان داد که دما (۰/٤۰۹)، بارندگی (۰/۲٤٤) و عمق خاک (۰/۱٦٦) امتیاز به ترتیب نقش بیشتری در پهنه‌بندی آگروکلیماتیک کشت سورگوم دارند. یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات (جعفری و همکاران، ۱۳۹۰ زبردست و همکاران، ۱۳۸۹؛ سبحانی و همکاران، ۱۳۹۸؛ کیانی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Elaalem et al, ۲۰۰۱) هم‌راستا می‌باشند.



شکل ۳ - نمونه‌ای از روش وزن دهی بر اساس معیارها و گزینه‌ها معیارها در نرم‌افزار Super decision

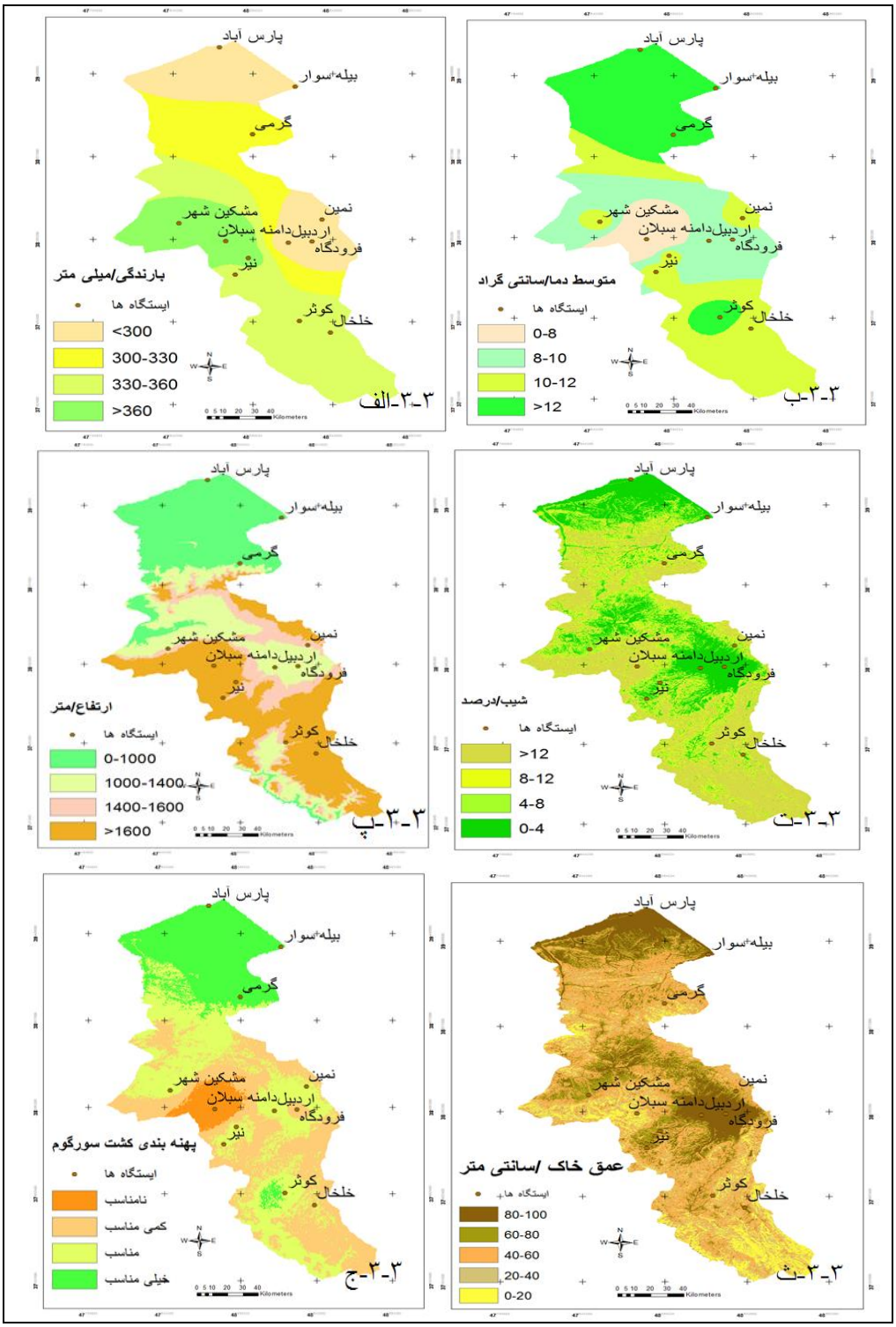
جدول ۱۰ - نمونه‌ای از سوپر ماتریس حد در پهنه‌بندی آگروکلیماتیک کشت علوفه سورگوم در استان اردبیل

		آلترناتیو-گزینه‌ها					معیارها					هدف
		اردبیل	خلخال	دامنه سبلان	مشگین	پارس‌آباد	بارش(mm)	شیب (%)	ارتفاع (m)	عمق خاک (cm)	متوسط دما(°c)	پهنه‌بندی
آلترناتیو-گزینه‌ها	اردبیل	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴
	خلخال	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴
	دامنه سبلان	۰/۱۲۲	۰/۱۲۲	۰/۱۲۲	۰/۱۲۲	۰/۱۲۲	۰/۱۲۲	۰/۱۲۲	۰/۱۲۲	۰/۱۲۲	۰/۱۲۲	۰/۱۲۲
	مشکین	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱
	پارس‌آباد	۰/۰۷۲	۰/۰۷۲	۰/۰۷۲	۰/۰۷۲	۰/۰۷۲	۰/۰۷۲	۰/۰۷۲	۰/۰۷۲	۰/۰۷۲	۰/۰۷۲	۰/۰۷۲
معیارها	بارش	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹
	شیب	۰/۱۴۵	۰/۱۴۵	۰/۱۴۵	۰/۱۴۵	۰/۱۴۵	۰/۱۴۵	۰/۱۴۵	۰/۱۴۵	۰/۱۴۵	۰/۱۴۵	۰/۱۴۵
	ارتفاع	۰/۱۴۸	۰/۱۴۸	۰/۱۴۸	۰/۱۴۸	۰/۱۴۸	۰/۱۴۸	۰/۱۴۸	۰/۱۴۸	۰/۱۴۸	۰/۱۴۸	۰/۱۴۸
	خاک	۰/۱۳۱	۰/۱۳۱	۰/۱۳۱	۰/۱۳۱	۰/۱۳۱	۰/۱۳۱	۰/۱۳۱	۰/۱۳۱	۰/۱۳۱	۰/۱۳۱	۰/۱۳۱
	دما	۰/۱۱۵	۰/۱۱۵	۰/۱۱۵	۰/۱۱۵	۰/۱۱۵	۰/۱۱۵	۰/۱۱۵	۰/۱۱۵	۰/۱۱۵	۰/۱۱۵	۰/۱۱۵

جدول ۱۱ - اولویت‌بندی معیارها، گزینه‌ها و پهنه‌بندی آگروکلیماتیک با روش ANP

معیارها	بارش(mm)	متوسط دما(°c)	ارتفاع (m)	شیب (%)	عمق خاک (cm)
نرمالیز	۰/۱۶۶	۰/۱۹۱	۰/۲۸۶	۰/۲۰۸	۰/۱۴۹
محدودیت	۰/۰۸۳	۰/۱۹۱	۰/۱۴۳	۰/۱۰۴	۰/۰۷۵
گزینه‌ها	اردبیل	پارس‌آباد	مشکین شهر	خلخال	دامنه سبلان
نرمالیز	۰/۱۲۶	۰/۲۰۸	۰/۱۵۶	۰/۱۶۲	۰/۳۴۸
محدودیت	۰/۰۶۳	۰/۱۰۴	۰/۰۷۸	۰/۰۸۱	۰/۱۷۴
پهنه‌بندی معیارها	بارندگی	دما	ارتفاع	شیب	عمق خاک
	۰/۲۴۴	۰/۴۰۹	۰/۰۸۷	۰/۰۹۴	۰/۱۶۶

ارزش‌گذاری، طبقه‌بندی و تلفیق لایه‌ها با روش ترکیب خطی وزنی WLC معیارهای موردمطالعه بر اساس نیازهای مطلوب اقلیمی کشت علوفه سورگوم، وزن دهی شدند و در محیط GIS نقشه کشت سورگوم بر اساس معیارهای بارش، دما، ارتفاع، شیب و عمق خاک تهیه شد (شکل ۳-۳). نتایج تحلیل داده‌ها نشان داد که در سطح استان اردبیل، بر اساس مقدار بارش، نواحی اطراف دامنه سبلان از قبیل ایستگاه‌های مشگین شهر، سرعین و نیر به علت بارش سالانه بیش از ۳۵۰ میلی‌متر برای کشت سورگوم مناسب و نواحی شمالی و مرکزی استان به علت بارش کمتر نامناسب و در طول دوره رشد نیاز به آبیاری دارد؛ بنابراین بر اساس مقدار بارش؛ حدود ١٦ درصد مساحت خیلی مناسب ۳۳ درصد مناسب، ۲۵ درصد کمی مناسب و ٢٦ درصد نامناسب برای کشت علوفه سورگوم است (شکل ۳-۳-الف). این یافته با نتایج تحقیقات (Montes et al ۲۰۱۳; Alvarado, ۲۰۱۵ and Bazaluk et (al, ۲۰۲۱منطبق است. گیاه علوفه سورگوم در طول دوره رشد به دمای بیشتری نیاز دارد نتایج نشان داد که نواحی شمالی استان (پارس‌آباد، بیله سوار و گرمی) و کوثر به علت متوسط دمای بیش از ۱۲ درجه سانتی‌گراد خیلی مناسب و نواحی مرتفع به علت کاهش متوسط دما به کمتر از ۷ درجه سانتی‌گراد برای کشت علوفه سورگوم مناسب نیست؛ بر اساس تحلیل متوسط دما، حدود ۳۱ درصد خیلی مناسب، ٣٤ درصد مناسب، ۲۷ درصد کمی مناسب و ۸ درصد نامناسب در سطح استان اردبیل برای کشت علوفه سورگوم است (شکل ۳-۳-ب). بر اساس نقشه توپوگرافی استان اردبیل، نواحی شمالی استان (پارس‌آباد، بیله سوار و گرمی) به علت ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر خیلی مناسب و نواحی مرکزی و شمال مشگین شهر و مسیر رودخانه قره‌سو و قزل‌اوزن به علت ارتفاع کمتر از ۱۳۰۰ متر از سطح دریا مناسب و نواحی مرتفع که بیش از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا برای کشت سورگوم نامناسب است (شکل ۳-۳-پ). بر اساس نقشه ارتفاعی استان حدود ۲۹ درصد خیلی مناسب، ۲۳ درصد مناسب،١٤ درصد کمی مناسب و ٣٤ درصد نامناسب برای کشت سورگوم است. شیب زمین از معیارهای است که درکشت علوفه سورگوم مؤثر است. نواحی شمالی استان اردبیل (دشت مغان) و مرکزی (دشت اردبیل) و شمال شرقی مشکین شهر به علت شیب کمتر از ۸ درصد مناسب و خیلی مناسب و سایر نواحی به علت شیب بیشتر از ۸ درصد در حد متوسط و نامناسب برای کشت سورگوم است. بر اساس تحلیل نقشه شیب زمین؛ حدود ۲۵ درصد خیلی مناسب، ۱۹ درصد مناسب، ۱۳ درصد کمی مناسب و ٤٣ درصد نامناسب برای کشت سورگوم است (شکل ۳-۳-ت). عمق خاک از عوامل مؤثر درکشت سورگوم محسوب می‌شود. دشت‌های مغان، اردبیل و مسیر رودخانه قره‌سو با عمق خاک بیش از ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر مناسب برای کشت سورگوم و نواحی مرتفع با عمق خاک کمتر از ۲۰ سانتی‌متر برای کشت سورگوم نامناسب است؛ بنابراین حدود ۱۹ درصد خیلی مناسب، ۱۷ درصد مناسب، ٤٠ درصد کمی مناسب و ۱۱ درصد نامناسب برای کشت علوفه سورگوم است (شکل ۳-۳-ث). نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های (آلیانی و همکاران، ۲۰۲۱؛ رهنما و همکاران، ١٣٩٦؛ Subramanyam, ۲۰۱۸; Srivastava et al, ۲۰۱۲; Parveenkumar et al, ۲۰۲۰;Jaramillo et al, ۲۰۲۰) همخوانی دارد. با تلفیق معیارهای موردمطالعه، نقشه نهایی مکان‌یابی کشت سورگوم در شکل (۳-۳-ج) مشاهده می‌شود که با نتایج تحقیق (Correa,۲۰۰۱) در مورد تعیین عمق خاک همخوانی دارد. نتایج نشان داد که شمال استان اردبیل (پارس‌آباد، بیله سوار و گرمی) و غرب کوثر خیلی مناسب، دشت‌های اردبیل، مشگین شهر، اطراف نیر و کوثر مناسب، نواحی مرتفع و دارای شیب بیشتر برای کشت سورگوم مناسب نیست. نتایج نشان داد که بر اساس تلفیق داده‌های موردمطالعه با روش WLC در سطح استان اردبیل حدود ٢٦ درصد خیلی مناسب، ٣٤ درصد مناسب، ۳۵ درصد کمی مناسب و ۵ درصد نامناسب برای کشت علوفه سورگوم است.



شکل ۳-۳-نقشه پهنه‌بندی معیارهای موردمطالعه برای کشت علوفه سورگوم

٤

٤- نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی کشت علوفه سورگوم از روش‌های آنتروپی شانون، ANP و WLC و همچنین از معیارهای؛ بارش، دما، ارتفاع، شیب و عمق خاک استفاده شد. با بهره‌گیری از نیازهای مطلوب اقلیمی علوفه سورگوم در نرم‌افزار SuperDicision وزن معیارها محاسبه گردید. نتایج نشان داد که دما مهم‌ترین تأثیر را در طول دوره رشد علوفه سورگوم دارد. نوسان بارش در طول دوره رشد عامل محدودکننده درکشت علوفه سورگوم است که نیاز به آبیاری دارد. نتایج تحلیل داده‌ها با سه روش موردمطالعه نشان داد که دما، بارش و عمق خاک به ترتیب مهم‌ترین معیار تأثیرگذار درکشت

سورگوم هستند. نتایج پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی کشت علوفه سورگوم در استان اردبیل با روش WLC در محیط GIS نتایج نشان داد که حدود ۲۶ درصد خیلی مناسب، ۳۴ درصد مناسب، ۳۵ درصد کمی مناسب و ۵ درصد نامناسب برای کشت علوفه سورگوم است. همچنین پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی با روش آنتروپی شانون نشان داد که حدود ۱۰ خیلی مناسب، ۱۹ درصد مناسب، ۵۹ درصد کمی مناسب و ۱۲ درصد نامناسب برای کشت سورگوم در استان اردبیل است؛ بنابراین بر اساس روش‌های موردمطالعه در سطح استان اردبیل در صورت تأمین نیاز آبی، نواحی گرمسیری از قبیل؛ پارس‌آباد، بیله سوار خیلی مناسب، دشت گیوی و اردبیل مناسب برای کشت سورگوم شناخته‌شده است.

سپاسگزاری:
بدین‌وسیله نویسنده مقاله، از دانشگاه محقق اردبیلی که این پژوهش با حمایت مالی این دانشگاه به شماره قرداد ۱۴۰۱/۹/۲۸۶۱۱/د صورت گرفته کمال تشکر و سپاسگزاری را دارد.

منابع

- اداره کل هواشناسی استان اردبیل. ۱۳۹۹. آمار اطلاعات هواشناسی
- آلیانی، ح. قنبری مطلق، م و حلیمی، م.، ۱۴۰۱. مقایسه دو مدل WLC و TOPSIS در آنالیز تناسب اراضی توسعه شهری (مطالعه موردی: فومن و شفت)، نشریه تحقیقات علوم جغرافیایی، ۲۲(۶۵): ۱۹۱-۱۷۳.
- بحرانی، م.، ۱۳۸۰. فرآوری گیاهان علوفه‌ای، انتشارات دانشگاه شیراز.
- 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 ٤، ۲۲۸-۳۰۲.
- جعفری، ا.، نجفی و مافی غلامی، د.، ۱۳۹۰. فرآیند تحلیل شبکه (ANP)، رهیافتی در مدیریت پایدار جنگل‌های زاگرس، فصلنامه علمی و پژوهشی اکوسیستم‌های طبیعی ایران، سال ۲، شماره ۲، ۱-۱۰.
- جعفری، ن.، حافظ پرست، م و فرهادی، ب.، ۱۴۰۱. اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیار (مطالعه موردی: حوضه آبریز گاماسیاب، کرمانشاه)، مطالعات علوم محیط‌زیست، سال ۷، شماره ۱، ص ٤۷۲۷-٤۷٤۰.
- خدابنده، ناصر.، ۱۳۸۹. زراعت گیاهان علوفه‌ای، انتشارات علم کشاورزی ایران.
- خواجه پور، م.ر.، ۱۳۹۲. غلات، جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- رهنما، س.، بختیاری، ب و رضایی استخرونیه، ع.، ۱۳۹٦. برآورد تبخیر و تعرق واقعی و ضریب گیاهی سور گوم در اقلیم خشک کرمان، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، سال ۲، شماره ۱۱، ص ۲۱۹-۲۲۸. ۲
- زبردست، ا.، ۱۳۸۹. کاربرد فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، فصلنامه هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی، سال ٤۱، شماره ۱، ص ۷۹-۹۰.
- سادات بنی عقیل، ا.، راحمی کاریزکی، ع.، بیابانی، ع و فرامرزی، ح.، ۱۳۹۵. پهنه‌بندی فیزیوگرافی پتانسیل کشت گندم با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی (WLC) در استان گلستان، نشریه تحقیقات کاربردی اکو فیزیولوژی گیاهی، سال ۳، شماره ۱، ص ۱۷-۲۹.
- سبحانی، ب و دل‌آرا، قدیر.، ۱۴۰۲. واکاوی همدید بارش برف سنگین اردبیل و ارزیابی روند تغییرات فراوانی روزهای برفی با روش‌های نا پارامتری، مطالعات علوم محیط‌زیست، سال ۸، شماره ۲، ص ٦٦۹۳-٦۷۰۳.
- سبحانی، ب و محب الدینی، آ.، ۱۴۰۲. تجزیه‌وتحلیل عناصر اقلیمی با پراکنش گیاهی منطقه سبلان و تأثیر آن بر استقرار کلنی‌های زنبورعسل در نیمه گرم سال، مطالعات علوم محیط‌زیست، سال ۸، شماره ۳، ص ٦۸۷۱-٦۸۸۱.
- 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.
- صلاحی، ب و فروتن، م.، ۱۴۰۲. پهنه‌بندی اقلیمی استان اردبیل با استفاده از روش‌های چند متغیره، مطالعات علوم محیط‌زیست، سال ۸، شماره ۱، ص ٦۲۳۸-٦۲٤۷.

- عطائی، م.، ۱۳۸۹. تصمیم‌گیری چند معیارها فازی، انتشارات دانشگاه شاهرود.
- علیخانی، م و پور ابراهیم، ش.، ۱۴۰۱. تعیین پهنه‌های مستعد توسعه مزارع خورشیدی در استان البرز با استفاده از تکنیک DEMATEL-ANP، مطالعات علوم محیطزیست، سال ۷، شماره ۳، ص ۵۲۸۷-۵۳۰۲.
- فریم، ج.، ۱۳۹۱. لزوم‌های علوفه‌ای برای علفزارهای مناطق معتدله، ترجمه؛ سادات، سید عطاالله، مبینی، مهران و بحرانی، عبدالله.
- کریمی، ه.،۱۳۷۹. زراعت و اصلاح گیاهان علوفه‌ای، انتشارات دانشگاه تهران.
- کیانی، ا و سالاری سردری، فر. ع.، ۱۳۹۰. بررسی و ارزیابی اولویت‌های منظر فضاهای عمومی شهر عسلویه با استفاده از و دل ANP، فصلنامه علمی و پژوهشی باغ نظر مرکز پژوهشی هنر معماری و شهرسازی نظر، سال ۸، شماره ۱۸، ص ۲۶-۵۰.
- مجید، م.، ۱۳۸۹. شالوده آمایش سرزمین، انتشارات دانشگاه تهران.
- مظاهری لقب، ح.، ۱۳۸۷. آشنایی با گیاهان علوفه‌ای، انتشارات دانشگاه ابوعلی سینا، ص ۲۹۰.
- میراب زاده، م.، ۱۳۷۸. کاشت، داشت، برداشت گیاهان علوفه‌ای، انتشارات موسسه فرهنگی شقایق روستا.
- وزارت جهاد کشاورزی.،۱۴۰۰. آمارنامه جهاد کشاورزی.
- همتی، بهنام.، فروزانی، معصومه.، یزدان پناه، مسعود و خسروی پور، بهمن.، ۱۳۹۴. مقایسه کاربرد فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در تحلیل شاخص‌های فقر آبی کشاورزی: موردمطالعه شهرستان دزفول، نشریه علوم ترویج و آموزش کشاورزی، سال ۱۱، شماره ۲، ص ۲۰۳-۲۲۱.

- Ahmed, M and Jeb, D.N. ۲۰۱٤. Land Suitability for Sorghum Using Multicriteria Evaluation (MCE) and Analytical Hierarchy Process (AHP) in Bunkure Kano State, Nigeria, IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS),Vol. ۹, P.۲۵-۳۷.
- Alvarado, P.J.I.۲۰۱۵. Project Report. Effect of the Planting Method, Planting Density and Irrigation in the Biomass and Sugar Production of Sweet Sorghums Evaluated in Baja California. INIFAP. Experimental Field Station of Valle de Mexicali, Mexicali.
- Assefa, Y. Staggenborg, S.A. and Prasad, V.P.V. ۲۰۱۰. Grain Sorghum Water Requirement
- Baradas, M.W. ۱۹۹٤. Crop Requirements of Tropical Crops. In: Griffiths, J.F. Ed.
- Bazaluk, O. Havrysh, V. Fedorchuk, M. and Nitsenko, V. ۲۰۲۱. Energy Assessment of Sorghum Cultivation in Southern Ukraine, Agriculture, https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/agriculture۱۱۰۸۰٦۹۵.
- Buestan, R.H. ۱۹۹٤. Stability Parameters and Cultivar Selection, National Institute for Agricultural Research, Boliche Experimental Station.
- Correa, U.A. ۲۰۰۱. Sorghum in Animal Production. CREAS. West Zone, Information Gazette No. ۱٦٦. Argentine Animal Production Site. ۱-٤.
- Dendy, D.A.V. ۱۹۹۵. Sorghum and Millets Chemistry and Technology, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Universidad de Wisconsin, Madison.
- Elaalem, M. Comber, A and Fisher.P. ۲۰۰۱. A Comparison of Fuzzy AHP and Ideal Point Methods for Evaluating Land Suitability,Transactions in GIS, Vol ۱۵, P ۳۲۹-۳٤٦.
- FAO.۱۹۷۹. Soil Survey Investigation for Irrigation, Soil Bull, FAO Rome.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).۲۰۱٤. Ecocrop. for Agricultural Research, Boliche Experimental Station.
- Habte, N. Seyoum, A. and Gebreyohannes, A. ۲۰۱۷. Evaluation of Yield Performance of Intermediate Altitude Sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) Genotypes Using Genotype x Environment Interaction Analysis and GGE Biplot in

Ethiopia. International Journal of Trend in Research and Development, Vol.۳, P. ۲۷-۳۵.

- 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,Vol.۳, P. ۳۵۹-۳٦۸.
- Jaramillo, G. R. Contreras, M. G.L. Jorge, H and Silva, R. ۲۰۲۰. Agroclimatic Conditions for Growing Sorghum bicolor L. Moench, under Irrigation Conditions in Mexico, Open Access Library Journal, DOI: ۱۰,٤۲۳٦/oalib.۱۱۰٦٤۲۳.
- Karrar, A.H. Mohamed, H.I. Elramiwai, H.R and Idris, A.E.۲۰۱٤. Rain Fed Sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) Crop Growth Yield Forecasting Model, Universal Journal of Agricultural Research ۲(٥): ۱٥٤-۱٦۷. DOI: ۱۰,۱۳۱۸۹/ujar.۲۰۱٤,۰۲۰٥۰۳.
- Komariah, D. P and Rachmawati, V.A. ۲۰۲۱. Land suitability evaluation for sorghum (Sorghum bicolor L.) at Gunungkidul, Yogyakarta, Indonesia, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Kouyate, D.۲۰۲۰. Effects of Climate Variability and Climate Change on Sorghum Productivity in the Cercle of Koutiala in Mali, Asian Journal of Agricultural Extension, Economics &Sociology, Vol.۱۲, P. ٦۸-۷۹.
- Malczewski, J. ۱۹۹۹. GIS and multicriteria decision analysis. John Wiely and Sons,New York, USA,
- Martin, J.H. ۱۹٤۱. Climate and Sorghum, year of book.
- Mastrorilli, M. Katerji, N. and Rana, G. ۱۹۹٥. Water efficiency and stress on grain sorghum at different reproductive stages, Agricultural Water Management, Vol. ۱, P. ۲۳–۳٤.
- Milian, I. ۲۰۱۰. Characterization and Potential of Sorghum Grain Sorghum bicolor
- 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,Vol. ۳, P.۱-۱۷. https://doi.org/۱۰,۱۱۸٦/s٤۳۱۷۰-۰۲۲-۰۰۰۹۲-۹
- Montes, G.N. Vargas, V.E. Salinas, G.J. Espinosa, R.M. and Loredo, P.R.۲۰۱۳. Sweet Sorghum Production Technology for Ethanol Elaboration in Tamaulipas, Leaflet ۲۱. Río Bravo Experimental Field Station. National Institute of Forest, Agricultural and Livestock Research.
- Neild, R.E. Logan, J. and Cardenas, A. ۱۹۸۳. Growing Season and Phenological Response of Sorghum as Determined from Simple Climatic Data, Agricultural Meteorology,Vol.۳۰, P.۳٥-٤۸. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/۰۰۰۲-۱٥۷۱(۸۳)۹۰۰۳۹-۰.
- Perez, A. Saucedo, O. Iglesias, J. Wencomo, Hilda, B. Reyes, F. Oquendo, G. and Milián, I. ۲۰۱۰. Characterizatión and Potential of Sorghum Grain (Sorghum bicolor L. Moench). Pastures and Forages, Vol. ۳۳, P.۱-۲٥.
- Prasad, P.V.V. Pisipati, S.R. Mutava, R.N. and Tunistra, M.R. ۲۰۰۸. Sensitivity of grain sorghum to high temperatures stress during reproductive development. Crop Science, ٤۸:۱۹۱۱-۱۹۱۷.
- Praveenkumar, P. Sathyamoorthy, N.K. Dheebakaran, R Karthikeyan, G.A. and D Santhoshkumar, D. ۲۰۲۰. Thermal utilization of Rabi sorghum (*Sorghum bicolor*) under different sowing windows in western agro - climatic zone of Tamil Nadu, International Journal of and Environmental Sciences, International Journal of and Environmental Sciences,Vol.٤, P. ۷۹٥-۷۹٦.
- Prazak, P. ۲۰۱٦. Prospects for Sorghum cultivation in Poland, Acta Agrobotanica,Vol. ۲, P. ۱٦٦۱-۱٦٦۸.
- Reddy, B.V.S. Layaoen, H. Dar, W.D. Rao, P.S and Eusebio, J.E. ۲۰۱۱. Sweet Sorghum in the Philippines: Status and Future, ResearchGate. nternational Crops Research for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). Patancheru ٥۰۲ ۳۲٤, Andhra Pradesh, India.
- Saaty T.L and vargas L.G. ۱۹۹۱. Predictin, Proecton and forecasting. Kluwer Academic Publishers,Dorderecht.

- Sandeep, V.M. and Rao, V.U.M.۲۰۲۱. Climate Change and Sorghum Productivity in India, Climate Change and Agriculture, P.۵۲۸-۵۵۰.
- Shannon, C.۱۹۸۸. A mathematical theory of communication, Bell System Technology Journal, Vol.۲۷, P.۳۷۹-٤۲۳.
- Srivastava, A. Naresh Kumar, S. and Aggarwal, P.K. ۲۰۱۰. Assessment on vulnerability of sorghum to climate change in India. Agriculture Ecosystem and Environment, ۱۳۸ (۳-٤):۱٦۰–۱٦۹.
- Subramanyam, G. ۲۰۱۸. Thermal Indices for Suitable Sowing Window for Rabi Sorghum in Western Maharashtra Agroclimatic Zone, International Journal of Agriculture Sciences.
- Sys, C. Vanrast, E. Debaveye, J. and Beerneart, F. ۱۹۹۳. Land Evaluation: Part III. Crop Requirements standard. International Training Center for Post Graduate Soil Scientists, University GHENT, Brussels, Belgium, Agricultural Publication, Vol. ۷, P.۱-۲۰.
- USDA.۱۹۹۳. U.S Dept. of Agriculture. Soil Survey Manual.
- Van Diepen C.A, Van Keulen H. Wolf J. and Berkhout J.A.A.۱۹٦۱. Land Evaluation from Intuition to Quantification. In BA, Stewart (ed) Advance in Social Science Springer New York.
- Vanderlip, R.Land Reeves, H.E. ۱۹۷۲. Growth stages of sorghum (Sorghum bicolor (L) Moench). Agronomy Journal,Vol. ٦٤, P. ۱۳-۱٦.
- Yang, R. and Zhong, C.۲۰۲۲. Land Suitability Evaluation of Sorghum Planting in Luquan County of Jinsha River Dry and Hot Valley Based on the Perspective of Sustainable Development of Characteristic Poverty Alleviation Industry, Agriculture, https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/agriculture۱۲۱۱۱۸۵۲.

Agricultural climate zoning of sorghum fodder cultivation using methods Shanon Entropy, ANP and WLC (Case study of Ardabil Province)

Behrouz Sobhani[۱]

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

Email Address: sobhani@uma.ac.ir

Introduction

The sorghum forage plant with the scientific name Sorghum bicolor Moench belongs to the cereal family. This fodder is one of the most likely crop plants to drought stress and it has been called the camel of the crop plants of the world. Sorghum is considered a short-day plant and its suitable day length is ۱۰ to ۱۲ hours. Sorghum is resistant to dehydration and consumes ۳۵-۴۰٪ less water than corn during its growth period. You can grow it in the tropics all year round very sensitive about the spring cold. Length of forage growth period of sorghum based on climatic influence, environmental, agronomic and genotype factors has suggested at least ۹۰ to more than ۱۵۰ days in three main phases: vegetative, inflorescence development and seed growth. Also, it has specified the stages of development of sorghum as follows: stage zero; greening, observation of stalk pods on the soil surface. Step ۱; View the third leaf collar. Step ۲; View the fifth leaf collar. Step ۳: Transition from vegetative to reproductive. Step ٤ – Exit the flag leaf vertices. Step ٥, Cluster Cover. Stage ٦; ٥٠ percent pollination. Step ۷; Soft paste. Step ۸; Stiff paste. Stage ۹: Physiological Proceedings. The results showed that sorghum is cultivated at latitude between ٤٥° of the northern hemisphere to ٤٥° in the southern hemisphere, and in Philippines the height of sorghum is ۱۵۰۰ meters and in East Africa between ۹۰ and ۱۵۰۰ m in East Africa, in America ۲٥ to ۸٥۰ m and in Africa from ٤۰۰ m to ۲٥۰۰ m and generally cultivated from zero to ۱۵۰۰ m above sea level. Considering the importance of protein in the human diet, it is necessary to increase the production of fodder plants that are the source of animal protein production. In this research, an attempt is made to prepare suitable areas for the cultivation of sorghum fodder plant, which is very important for livestock feeding in Ardabil province, using the methods and criteria of the study of agricultural climate zoning map of sorghum fodder cultivation in Ardabil province.

Methodology

Ardabil province is located in north-west of Iran and its location is at latitude of ۳۷° and ٤٥ minutes to ۳۹° ٤۲ minutes in the northern hemisphere and in geographical length of ٤۷° and ۳ minutes to ٤۸° and ٥٥ minutes of eastern longitude. Its area is about ۱۷۹٥۳ square kilometers (about ۱,۰۹٪ of the country's area). In this study, the optimum climatic requirement of sorghum forage cultivation from available sources was determined. Then, according to the favorable climatic requirement, precipitation, temperature, ۱۲ synoptic stations during the statistical period (۱٤۰۰-۲۰۰۰) were obtained from Ardabil Meteorological Department and soil elevation, slope and depth maps were prepared from the relevant organizations. Also, multi-criteria decision making models, Shannon entropy, ANP and WLC weighted combined method and ARC GIS software, Export Choice and Super Decision software have been used for research. Shannon entropy model: It was introduced in ۱۹۷۲ by Shannon and Weaver. Shannon's entropy method works by saying that the greater the dispersion in a given index, the more important the index is (Shannon, ۱۹۸۸). Analytic Network Process (ANP):Network analysis is one of the multi-criteria decision making techniques and the developed form of analytical hierarchy process. This method is used to solve problems in which criteria and options are not independent of each other. In this process, measurement of relative values and significance such as analytic hierarchy process is done by paired comparison. Weighted Linear Composition (WLC):Weighted linear combination method is the most common technique in multi-criteria evaluation analysis. The purpose of multi-criteria assessment is to select the best option (alternative) based on their ranking through the evaluation of the main multi-criteria. This method is based on the concept of weighted average. Direct analysis and decision making based on the relative importance of the study gives weights to the criteria. The weighted combination method can be implemented using the geographic information system and the overlapping capabilities of this system.

It is practical to use this method in both raster and vector GIS formats. After the final value of each option is determined, the options with the highest value will be the most suitable option for the intended purpose.

Conclusion

Shannon Entropy: In Shannon's entropy model, quantitative data collection is used by using questionnaires. In this model, five criteria: precipitation, temperature, elevation, slope and depth of soil were analyzed in seven stages. Data matrix formation was selected based on i option and j index. Then, the normalization of the data matrix numbers was done in order to perform other phases of Shannon's entropy model. The final ranking of the studied options for sorghum cultivation in Ardabil province was based on the studied criteria and after determining the importance factor of the indicators (WJ), the final prioritization of the options was formed by multiplication of the components of the group normalized decision matrix in the importance factor of indicators (WJ) Formation of priority coefficient matrix. Suitable options for sorghum cultivation compared to each index was formed. Finally, from the total row of priority coefficient of each option, the appropriate areas were formed for the Sorghum cultivation was estimated. The results showed that Bilehsavar and Parsabad regions with the degree of importance of ۰,۱۰۵ and ۰,۰۹۵ in terms of the studied criteria are in the appropriate condition for sorghum cultivation in Ardabil province. The results of data analysis based on the method WLC showed that the areas are suitable and very suitable for sorghum fodder cultivation in Ardabil province based on rainfall ٤٩٪, temperature ٦٥٪, altitude ٥٢٪, slope ٤٤٪ and soil resistance ٣٦٪. The results of agricultural climate zoning of sorghum fodder cultivation in Ardabil province with WLC method in GIS environment showed that about ٢٦٪ are very suitable, ٣٤٪ are suitable, ٣٥٪ are slightly suitable and ٥٪ are unsuitable for sorghum fodder cultivation. Also, agricultural climate zoning with Shannon's entropy method showed that about ١٠٪ are very suitable, ١٩٪ are suitable, ٥٩٪ are slightly suitable and ١٢٪ are unsuitable for sorghum cultivation in Ardabil province. Therefore, based on the methods studied at the level of Ardabil province, in case of water demand, tropical areas such as; Parsabad, Bileh Sowar, Dasht Givi and Ardabil are known to be suitable for sorghum cultivation.

Keywords:"Ardebil Province", "Agricultural Meteorology", "Topography", "Multi-Criteria",