

## پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی کشت علوفه سور گوم با استفاده از روش‌های Shanon Entropy, ANP and WLC (مطالعه موردی: استان اردبیل)

بهرروز سبحانی<sup>\*۱</sup>

\*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 ۰/۰۹۵، گیوی با امتیاز ۰/۰۹۳ و اردبیل با امتیاز ۰/۰۹ به ترتیب در رتبه ۱ تا ۴ قرار دارند و نواحی خیلی مناسب و مناسب برای کشت سورگوم می‌باشند و همچنین بر اساس روش ANP دما با معیار وزنی ۰/۴۰۹، بارش با معیار وزنی ۰/۲۴۴ و عمق خاک با معیار وزنی ۰/۱۶۶ به ترتیب در رتبه ۱ تا ۳ در بین معیارهای مورد مطالعه 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 ۲۶ درصد خیلی مناسب، ۳۴ 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 ۴۰ درصد کمتر از ذرت آب مصرف می‌کند (سید شریفی و حکم علی پور، ۱۳۸۹، ۲۰۱۶، Parzak, 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 ۴۰۰ میلی‌متر بارندگی سالانه داشته باشد به‌خوبی رشد می‌کند. همتی و همکاران (۱۳۹۴)

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 ژنوتیپ، 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 ۴-خروج رأس برگ پرچم. مرحله ۵، خوشه مستور. مرحله ۶؛ 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.

موردنیاز برای سورگوم حدود ۷۰۰ میلی متر (Pecina et al, ۲۰۱۷) و برای مراحل کاشت سورگوم ۱۰ سانتی متر آب قبل از کشت، ۲۰ سانتی متر آب در مرحله اول، ۴۰ روز بعد کاشت و ۲۰ سانتی متر در مرحله دوم، ۶۵ تا ۷۰ روز بعد از کشت نیاز است. همچنین (Yang and Zhong, ۲۰۲۲) ارزیابی تناسب اراضی کشت سورگوم را بر اساس نیازهای مطلوب اقلیمی در کشور کینشازا و (Ahmed and Jeb, ۲۰۱۴) ارزیابی تناسب اراضی برای کشت سورگوم را با استفاده از روش AHP در کشور نیجریه انجام و نتایج نشان داد که منطقه مورد مطالعه به چهار ناحیه مناسب ۹۶ درصد، متوسط ۴ درصد، کمی مناسب و نامناسب برای کشت طبقه بندی شده است (جدول ۱). با توجه به اهمیت پروتئین در جیره غذایی انسان، افزایش تولید گیاهان علوفه ای که منشأ تولید پروتئین دام می باشند ضروری است. در این تحقیق تلاش بر این است، نواحی مناسب برای کشت گیاه علوفه سورگوم که برای تغذیه دام در استان اردبیل اهمیت زیادی دارد با استفاده روش ها و معیارهای مطالعه و نقشه پهنه بندی اقلیم کشاورزی کشت علوفه سورگوم در استان اردبیل تهیه شد.

(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, ۱۹۹۴)، افریقا ۴۰۰ متر تا ۲۵۰۰ متر (Habet et al, ۲۰۱۷) و در حالت کلی تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا کشت می شود (Perez et al, ۲۰۱۰). مطالعه نیاز مطلوب حرارتی کشت سورگوم علوفه ای 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 ۲۶/۷ تا ۲۹/۴ درجه سانتی که بالاتر از ۳۸ درجه سانتی گراد نباشد مناسب است (Baradas, ۱۹۹۴). (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 ۲۴ تا ۳۰ و در مرحله جوانه زنی ۱۲ تا ۱۳ درجه سانتی گراد است. (FAO, ۲۰۱۴) پهنه بندی آگروکلیماتیک کشت سورگوم در تامیل نادو هندوستان را بر اساس دمای مورد نیاز مطالعه و نتایج نشان داد که مراحل کشت سورگوم در سه مرحله؛ مرحله اول (D۱ - ۱۵ سپتامبر)، مرحله دوم (D۲ - ۳۰ سپتامبر) و مرحله سوم (D۳ - ۲۲ اکتبر) انجام می شود. بارش سالانه

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

جدول طبقات مناسب و درجه محدودیت برای کشت سورگوم						
N۲	N۱	S۳	S۲	S۱		
۲۵-۰	۴۰-۲۵	۶۰-۴۰	۸۵-۶۰	۹۵-۸۵	۱۰۰-۹۵	فاکتور
<۱۵۰	-	۳۰۰-۱۵۰	۴۰۰-۳۰۰	۵۰۰-۴۵۰	۹۵۰-	بارندگی (mm)
۱۴۰۰<	-	۱۸-۱۵	۱۴۰۰-۱۲۰۰	۱۲۰۰-۹۵۰	۵۰۰	
<۱۵	-	>۳۲ و ۲۱-۱۸	۲۴-۲۱ و ۳۲-۲۶	۲۶-۲۴		درجه حرارت (T/°C)
۵۰<	۵۰-۳۰	۳۰-۱۶	۱۶-۸	۸-۴	۴-۰	شیب (%)
S	-	L,S	SiC, C	CL, SiCL	SiL,L	بافت خاک
۱۰-۰	-	۲۰-۱۰	۵۰-۲۰	۱۰۰-۵۰	>۱۰۰	عمق خاک (cm)
-	خیلی فقیر	فقیر	imperfect	متوسط	خوب	زهکشی خاک
		≥۵۰	۵۰ تا ۲۰	۲۰>	فاقد سنگ	درصد سنگ برهنه (%)

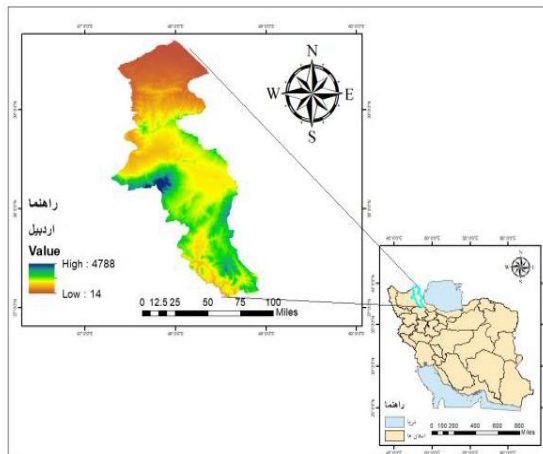
Source: (Fao, ۱۹۷۹; USDA, ۱۹۹۳; Van Diepen, Metson, ۱۹۶۱, Sandeep and Rao, ۲۰۲۱, Sys et al, ۱۹۹۳)

۱۷۹۵۳ کیلومتر مربع (حدود ۱/۰۹ درصد وسعت کشور) است. آبوهوای نواحی شمالی و مرکزی استان بر اساس روش دمارتن نیمه خشک و جنوب استان مدیترانه ای است. این استان بر اساس تقسیمات کشوری در سال ۱۴۰۰، دارای ۱۲ شهرستان، ۳۱ شهر، ۲۵ بخش، ۶۶ دهستان است (سبحانی و دل آرا، ۱۴۰۲). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی استان اردبیل را نشان می دهد.

## ۲- روش انجام تحقیق

### • محدوده مورد مطالعه

• استان اردبیل در شمال غرب ایران قرار دارد و موقعیت آن در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه نیم کره شمالی و در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی واقع است (سبحانی و محب الدینی، ۱۴۰۲). مساحت استان حدود



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان اردبیل

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

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

$$E_j = -h \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij} \quad j, \dots, n \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$d_j = 1 - e_j \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$\frac{1 - \epsilon_j}{\sum_{j=1}^n (1 - \epsilon_j)} \quad j = 1, \dots, n \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$w_j =$$

فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

فرایند تحلیل شبکه، یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و فرم توسعه یافته 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

روش‌ها و داده‌های مورد مطالعه

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 مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، آنترپی شانون، ANP و روش ترکیبی وزنی WLC و نرم‌افزارهای ARC GIS و Super Decision جهت انجام تحقیق، کمک گرفته شده است.

• مدل آنترپی شانون

این مدل عمدتاً به منظور رتبه‌بندی توسعه‌یافتگی در حوزه‌های مختلف علوم مورد استفاده 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 ۶) عمل می‌شود. در این مدل m تعداد معیارها (شاخص‌ها)، n تعداد گزینه‌ها،  $a_{ij}$  ارزیابی گزینه i ام به ازای شاخص j ام است (جعفری و همکاران، ۱۴۰۱).

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

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^m x_{ij}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

آن باهم برابر شوند. در این مورد جمع سطر سوپر ماتریس وزنی از رابطه (۹) همگرا می شود:

$$\text{Limk} \rightarrow \infty W^k \quad \text{رابطه (۹)}$$

روش ترکیب خطی وزنی (WLC)

روش ترکیب خطی وزنی از رایج ترین تکنیک در تحلیل ارزیابی چند معیاره است (Malczewski, ۱۹۹۹). این روش بر مبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است و تصمیم گیری مستقیم بر مبنای اهمیت نسبی وزن هایی 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 می آید.

$$S = \sum W_i X_i / \sum W_i \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

در این رابطه، S: مطلوبیت؛ W<sub>i</sub>: وزن عامل؛ X<sub>i</sub>: ارزش فازی عامل؛ C<sub>j</sub>: امتیاز معیار محدودیت و Π نمایه حاصل ضرب است. روش ترکیب وزنی می تواند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و قابلیت های همپوشانی این سیستم اجرا شود. استفاده از این روش در هر دو قالب رستری و برداری GIS عملی است. پس از آن که مقدار نهایی هر گزینه مشخص شد گزینه هایی که بیشترین مقدار را داشته باشد، مناسب ترین گزینه برای هدف مورد نظر 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 داده ها بر اساس ۱ گزینه و ۷ شاخص، بر اساس رابطه (۱) محاسبه در جدول (۵) نشان داده شده است.

مشخص شدند، به یکدیگر متصل می شوند و ساختار شبکه بندی را تشکیل می دهند.

۲- تشکیل ماتریس های مقایسه زوجی و محاسبه بردارهای وزن: ماتریس های مقایسه زوجی تأثیر معیارها و زیرمعیارها، با در نظر گرفتن سطوح بالاتر شبکه و ارتباطات داخلی تشکیل می شوند تا به توان به کمک آن ها وزن عناصر را به دست آورد. پس از آن که مقایسه زوجی به صورت کامل انجام شد، بردار وزن (W) محاسبه می شود که (saaty, ۱۹۹۱) رابطه (۷) معرفی کرده است.

$$AW = \lambda_{\max} \dots W \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در آن  $\lambda_{\max}$  بزرگ ترین مقدار ویژه ماتریس A است. بردار W با استفاده از a نرمال می شود. برای تعیین میزان سازگاری مقایسه ها از شاخص سازگاری وزن معیارها استفاده می شود که این شاخص ها با استفاده از رابطه (۸) محاسبه می شود:

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad \text{رابطه (۸)}$$

در کل اگر CI کمتر از ۱/۱ باشد، مقایسه تائید می شود.

۳- تشکیل سوپر ماتریس اولیه: بر اساس ماتریس مقایسه زوجی، چند ماتریس ساخته و وزن نسبی هر ماتریس محاسبه می شود. سپس، وزن های حاصل در سوپر ماتریس وارد می شوند که رابطه متقابل بین عناصر سیستم را نشان می دهند. ۴- تشکیل سوپر ماتریس وزنی: عناصر ستون سوپر ماتریس اولیه متناسب با وزن نسبی آن ها فاکتور گرفته و هر ستون ماتریس استاندارد می شود. در نتیجه ماتریس جدیدی به دست می آید؛ که جمع هریک از ستون های آن برابر ۱ خواهد بود. ۵- محاسبه سوپر ماتریس حد: در مرحله بعد، سوپر ماتریس وزنی، به توان حدی می رسد تا عناصر ماتریس همگرا و مقادیر سطری

جدول ۵- ماتریس نرمال سازی معیارهای مورد مطالعه در کشت علوفه سورگوم

گزینه ها/معیارها	بارش (mm)	متوسط دما (°C)	ارتفاع (m)	شیب (%)	عمق خاک (cm)
اردبیل	۲۸۲	۹/۴	۱۳۵۰	۵	۱۰۰
بيله سوار	۳۷۶	۱۶/۵	۱۵۰	۵	۱۰۰
پارس آباد	۲۷۴	۱۵	۵۰	۵	۱۰۰
خلخال	۳۷۱	۸/۹	۱۸۰۰	۱۰	۵۰
سرعین	۳۸۱	۱۰/۵	۱۶۵۰	۱۰	۵۰
فرودگاه اردبیل	۲۲۴	۹/۳	۱۳۲۰	۵	۱۰۰
کوثر-گیوی	۲۸۶	۱۴	۱۸۰۰	۱۰	۵۰
گرمی	۳۲۶	۱۴/۶	۹۰۰	۱۰	۵۰
مشگین شهر	۳۷۸	۱۱	۱۴۰۰	۱۰	۵۰
نمین	۲۷۳	۱۱	۱۴۵۰	۱۰	۵۰
نیر	۳۵۶	۱۱	۱۶۵۰	۱۰	۵۰
دامنه سیلان	۵۰۰	۳/۵	۲۲۰۰	۱۵<	۱۰
جمع ستون	۴۰۲۷	۱۳۴/۷	۱۵۷۲۰	۱۰۵	۷۶۰

گام بعدی نرمال سازی اعداد ماتریس داده ها به منظور انجام سایر فازهای مدل آنتروپی شانون است که ارزش شاخص های برآورد شده هم جهت و بی مقیاس شوند از این رو ارزش شاخص بر اساس رابطه (۳) محاسبه گردید. در این مرحله ماتریس داده های استاندارد (نرمالیزه شده) مشخص می شود (جدول ۶).

جدول ۶- ماتریس نرمال شده

گزینه ها/معیارها	بارش (mm)	متوسط دما (°C)	ارتفاع (m)	شیب (%)	عمق خاک (cm)
اردبیل	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۸۶	۰/۰۴۸	۰/۱۳۲
بيله سوار	۰/۰۹۳	۰/۱۲۲	۰/۰۱	۰/۰۴۸	۰/۱۳۲
پارس آباد	۰/۰۶۸	۰/۱۱۱	۰/۰۰۳	۰/۰۴۸	۰/۱۳۲
خلخال	۰/۰۹۲	۰/۰۶۶	۰/۱۱۵	۰/۰۹۵	۰/۰۶۶
سرعین	۰/۰۹۵	۰/۰۷۸	۰/۱۰۵	۰/۰۹۵	۰/۰۶۶
فرودگاه اردبیل	۰/۰۵۶	۰/۰۶۹	۰/۰۸۴	۰/۰۸۴	۰/۱۳۲
کوثر-گیوی	۰/۰۷۱	۰/۱۰۴	۰/۱۱۵	۰/۰۹۵	۰/۰۶۶
گرمی	۰/۰۸۱	۰/۱۰۸	۰/۰۵۷	۰/۰۹۵	۰/۰۶۶
مشگین شهر	۰/۰۹۴	۰/۰۸۲	۰/۰۸۹	۰/۰۹۵	۰/۰۶۶
نمین	۰/۰۶۸	۰/۰۸۲	۰/۰۹۲	۰/۰۹۵	۰/۰۶۶
نیر	۰/۰۸۸	۰/۰۸۲	۰/۱۰۵	۰/۰۹۵	۰/۰۶۶
دامنه سیلان	۰/۱۲۴	۰/۰۲۶	۰/۱۴۰	۰/۱۴۳	۰/۰۱۳

در مرحله بعد تعیین اهمیت شاخص ها با استفاده از روش آنتروپی شانون است که پس از تشکیل ماتریس داده ها که یک ماتریس نرمالیزه است، آنتروپی واحدهای کاری نسبت می گیرد (جدول ۷).

جدول ۷- ماتریس آنتروپی واحدهای کاری نسبت به شاخص ها

گزینه ها/معیارها	بارش (mm)	متوسط دما (°C)	ارتفاع (m)	شیب (%)	عمق خاک (cm)
اردبیل	-۰/۱۸۶	-۰/۱۸۶	-۰/۱۸۳	-۰/۲۲۴	-۰/۲۶۷
بيله سوار	-۰/۲۲۱	-۰/۲۵۷	-۰/۰۴۶	-۰/۲۲۴	-۰/۲۶۷
پارس آباد	-۰/۱۸۳	-۰/۳۴۴	-۰/۰۱۷	-۰/۲۲۴	-۰/۲۶۷
خلخال	-۰/۲۲۰	-۰/۰۲۷	-۰/۲۴۹	-۰/۲۲۴	-۰/۰۲۷
سرعین	-۰/۲۲۴	-۰/۱۹۹	-۰/۲۳۷	-۰/۲۲۴	-۰/۰۲۷
فرودگاه اردبیل	-۰/۱۶۱	-۰/۱۸۴	-۰/۲۰۸	-۰/۲۲۴	-۰/۲۶۷
کوثر-گیوی	-۰/۱۸۶	-۰/۲۳۵	۰/۲۴۹	-۰/۲۲۴	-۰/۰۲۷
گرمی	-۰/۲۰۲	-۰/۲۴۰	-۰/۳۲۰	-۰/۲۲۴	-۰/۰۲۷
مشگین شهر	-۰/۲۲۲	-۰/۲۰۵	-۰/۲۱۵	-۰/۲۲۴	-۰/۰۲۷
نمین	-۰/۱۸۳	-۰/۲۰۵	-۰/۲۲۰	-۰/۲۲۴	-۰/۰۲۷
نیر	-۰/۲۱۴	-۰/۲۰۵	-۰/۲۳۷	-۰/۲۷۸	-۰/۰۲۷
دامنه سیلان	-۰/۲۵۹	۰/۰۹۵	-۰/۰۹۵	-۲/۷۳۸	-۱/۳۱۸

شاخص ها از رابطه (۶) محاسبه می گردد. در ادامه آنتروپی شاخص های مورد مطالعه در پهنه بندی کشت سورگوم در استان اردبیل ( $E_j$ ) و محاسبه درجه انحراف ( $d_j$ ) و اوزان شاخص ها ( $w_j$ ) اهمیت شاخص ها در جدول (۸) برآورد شده است.

در ادامه آنتروپی، شاخص ها ( $E_j$ ) از رابطه (۴) محاسبه گردید و هرچه مقادیر اندازه گیری شده شاخص به عدد صفر نزدیک تر باشد، نشان دهنده آن است که در سایر ایستگاه های مورد مطالعه از نظر آن شاخص تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند (رابطه، ۵). سپس مقدار اوزان

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

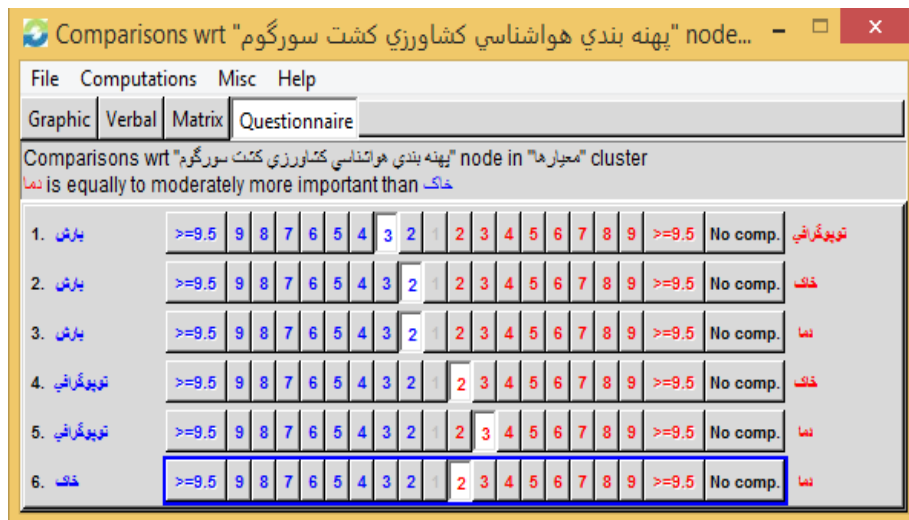
معیارها	عمق خاک (cm)	شیب (%)	ارتفاع (m)	متوسط دما (°C)	بارش (mm)
$\sum_{i=1}^m irj \ln irj$	-۱/۳۱۸	-۲/۷۳۸	-۱/۶۳۴	-۰/۲۵۳	-۲/۰۱۶
$E_j = \sum_{i=1}^m irj \ln irj * -h = 0.4024$	-۰/۴۰۲۴	-۰/۴۰۲۴	-۰/۴۰۲۴	-۰/۴۰۲۴	-۰/۴۰۲۴
ej	+۰/۵۳۰۲	+۰/۱۰۱۷	+۰/۶۵۷۷	+۰/۱۰۱۷	+۰/۸۱۱۲
dj=1-ej	+۰/۵۳۰۲ ۱	۱-۰/۱۰۱۷ ۱	+۰/۶۵۷۷ ۱	+۰/۱۰۱۷ ۱	+۰/۸۱۱۲
$\sum_j^n (1 - e) = 1.7975$	+۰/۴۶۹۸	-۰/۱۰۱۷	+۰/۳۴۲۳	+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	+۰/۲۶۱۴	-۰/۰۵۶۶	+۰/۱۹۰۴	+۰/۴۹۹۷	+۰/۱۰۵۰

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

گزینه‌ها	اردبیل	بيله سوار	پارس آباد	خلخال	سرعین	فرودگاه اردبیل	گیوی	گرمی	مشکین	نمین	نیر	دامنه سیلان
اولویت نهایی	+۰/۰۹	+۰/۱۰۵	+۰/۰۹۵	+۰/۰۷۷	+۰/۰۸۱	+۰/۰۸۸	+۰/۰۹۳	+۰/۰۸۶	+۰/۰۸	+۰/۰۷۸	+۰/۰۸۲	+۰/۰۴۸
رتبه	۴	۱	۲	۱۱	۸	۵	۳	۶	۹	۱۰	۷	۱۲

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 هر یک 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 (+۰/۴۰۹)، بارندگی (+۰/۲۴۴) و عمق خاک (+۰/۱۶۶) 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.

به‌منظور رتبه‌بندی نهایی گزینه‌های مورد مطالعه برای کشت سورگوم در استان اردبیل بر اساس معیارهای مورد مطالعه، 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 بيله سوار، پارس‌آباد و گیوی به ترتیب با درجه اهمیت +۰/۱۰۵، +۰/۰۹۵ و +۰/۰۹۳ از حیث معیارهای مورد مطالعه در وضعیت مناسب و دامنه سیلان، خلخال و نمین به ترتیب با درجه اهمیت +۰/۰۴۸، +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.



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

	هدف	معیارها					آلترناتیو-گزینه‌ها				
		پهنه‌بندی دما (°C)	متوسط خاک عمق (cm)	ارتفاع (m)	شیب (%)	بارش (mm)	پارس‌آباد	مشکین	دامنه سیلان	خلخال	اردبیل
آلترناتیو-گزینه‌ها	اردبیل	+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
	دامنه سیلان	+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
	پارس‌آباد	+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
	شیب	+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
	خاک	+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

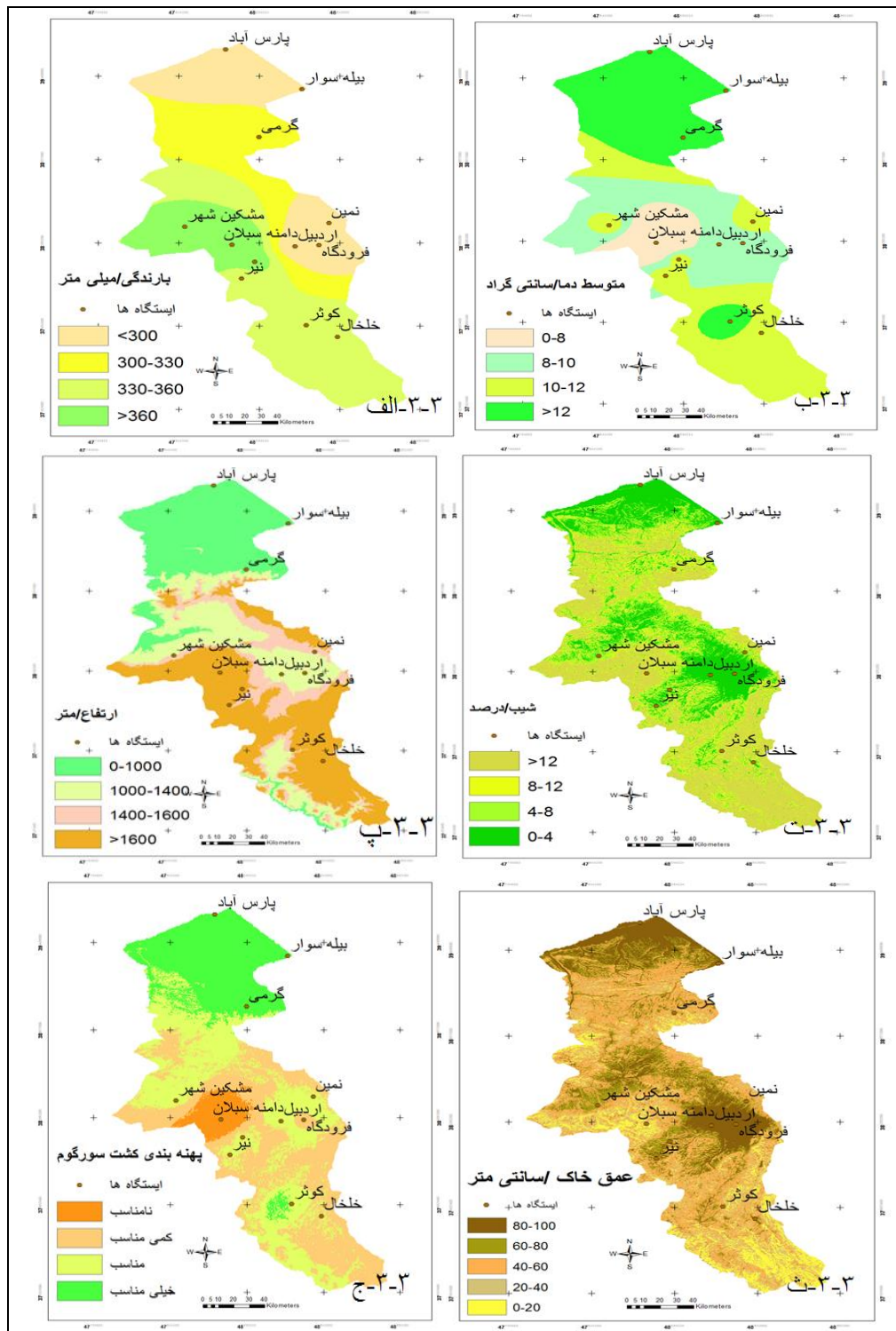
جدول ۱۱ - اولویت‌بندی معیارها، گزینه‌ها و پهنه‌بندی آگروکلیماتیک با روش ANP

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 سیلان
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 مورد مطالعه 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 سیلان از قبیل ایستگاه‌های مشکین 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 ۱۶ درصد مساحت خیلی مناسب ۳۳ درصد مناسب، ۲۵ درصد کمی مناسب و ۲۶ درصد نامناسب برای کشت علوفه سورگوم است (شکل ۳-۳ الف). این یافته با نتایج تحقیقات (Montes et al ۲۰۱۵ and Bazaluk et al, ۲۰۲۱) گیاه علوفه سورگوم در طول دوره رشد به دمای بیشتری نیاز دارد نتایج نشان داد که نواحی شمالی استان (پارس‌آباد، بيله 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، ۳۴ 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، بيله سوار و گرمی) به علت ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر خیلی مناسب و نواحی مرکزی و شمال مشکین 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، ۱۴ درصد

کمی مناسب و ۳۴ درصد نامناسب برای کشت سورگوم است. شیب زمین از معیارهای است که در کشت 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 ۴۳ درصد نامناسب برای کشت سورگوم است (شکل ۳-۳ ت). عمق خاک از عوامل مؤثر در کشت 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، ۴۰ 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، ۱۳۹۶؛ Subramanyam, ۲۰۱۸؛ Srivastava et al, ۲۰۱۲؛ Jaramillo et al, ۲۰۲۰؛ Parveenkumar et al, ۲۰۲۰) همخوانی دارد. با تلفیق معیارهای مورد مطالعه، 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، بيله سوار و گرمی) و غرب کوثر خیلی مناسب، دشت‌های اردبیل، مشکین 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 مورد مطالعه با روش WLC در سطح استان اردبیل حدود ۲۶ درصد خیلی مناسب، ۳۴ درصد مناسب، ۳۵ درصد کمی مناسب و ۵ درصد نامناسب برای کشت علوفه سورگوم است.





شکل ۳-۳-نقشه پهنه‌بندی معیارهای مورد مطالعه برای کشت علوفه سورگوم

۴

#### ۴- 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 SuperDecision 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 در کشت علوفه سورگوم است که نیاز به آبیاری دارد. نتایج تحلیل داده‌ها با سه روش مورد مطالعه نشان داد که دما، بارش و عمق خاک به ترتیب مهم‌ترین معیار تأثیرگذار در کشت

روش‌های مورد مطالعه در سطح استان اردبیل در صورت تأمین نیاز آبی، نواحی گرمسیری از قبیل؛ پارس‌آباد، بيله سوار خیلی مناسب، دشت گیوی و اردبیل مناسب برای کشت سورگوم شناخته شده است.

سپاسگزاری:

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

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

#### 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): ۱۷۳-۱۹۱.
- 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 ۴، 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 ۴۷۲۷-۴۷۴۰.
- خدابنده، ناصر.، ۱۳۸۹. زراعت گیاهان علوفه‌ای، انتشارات علم کشاورزی ایران.
- خواجه پور، م.، ۱۳۹۲. غلات، جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- رهنما، س.، بختیاری، ب و رضایی استخرنویه، ع.، ۱۳۹۶. برآورد تبخیر و تعرق واقعی و ضریب گیاهی سورگوم در اقلیم خشک کرمان، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، سال ۲، شماره ۱۱، ص ۲۱۹-۲۲۸.
- زبردست، ا.، ۱۳۸۹. کاربرد فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، فصلنامه هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی، سال ۴۱، 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 اکوفیزیولوژی 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 پارامتری، مطالعات علوم محیط‌زیست، سال ۸، شماره ۲، ص ۶۷۰۳-۶۶۹۳.
- سبحانی، ب و محب‌الدینی، آ.، ۱۴۰۲. تجزیه و تحلیل عناصر اقلیمی با پراکنش گیاهی منطقه سبلان و تأثیر آن بر استقرار کلنی‌های زنبور عسل در نیمه گرم سال، مطالعات علوم محیط‌زیست، سال ۸، شماره ۳، ص ۶۸۷۱-۶۸۸۱.
- 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 حکم‌علی 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 ۶۲۳۸-۶۲۴۷.

- 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: مورد مطالعه شهرستان دزفول، نشریه علوم ترویج و آموزش کشاورزی، سال ۱۱، شماره ۲، ص ۲۰۳-۲۲۱.
- Ahmed, M and Jeb, D.N. ۲۰۱۴. 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. ۱۹۹۴. 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/10.3390/agriculture11080690>.
- Buestan, R.H. ۱۹۹۴. 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. ۱۶۶. Argentine Animal Production Site. ۱-۴.
- 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 ۳۲۹-۳۴۶.
- FAO. ۱۹۷۹. Soil Survey Investigation for Irrigation, Soil Bull, FAO Rome.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). ۲۰۱۴. 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. ۳۵۹-۳۶۸.
  - 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: ۱۰.۴۲۳۶/oalib.۱۱۰۶۴۲۳.
  - Karrar, A.H. Mohamed, H.I. Elramiwai, H.R and Idris, A.E. ۲۰۱۴. Rain Fed Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Crop Growth Yield Forecasting Model, Universal Journal of Agricultural Research ۲(۵): ۱۵۴-۱۶۷. DOI: ۱۰.۱۳۱۸۹/ujar.۲۰۱۴.۰۲۰۵۰۳.
  - 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. ۶۸-۷۹.
  - Malczewski, J. ۱۹۹۹. GIS and multicriteria decision analysis. John Wiley and Sons, New York, USA,
  - Martin, J.H. ۱۹۴۱. Climate and Sorghum, year of book.
  - Mastroilli, M. Katerji, N. and Rana, G. ۱۹۹۵. Water efficiency and stress on grain sorghum at different reproductive stages, Agricultural Water Management, Vol. ۱, P. ۲۳-۳۴.
  - 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/10.1186/s43170-022-00092-9>
  - Montes, G.N. Vargas, V.E. Salinas, G.J. Espinosa, R.M. and Loreda, 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. ۳۵-۴۸. [https://doi.org/10.1016/0021-1571\(83\)90039-0](https://doi.org/10.1016/0021-1571(83)90039-0).
  - Perez, A. Saucedo, O. Iglesias, J. Wencomo, Hilda, B. Reyes, F. Oquendo, G. and Milián, I. ۲۰۱۰. Characterización and Potential of Sorghum Grain (*Sorghum bicolor* L. Moench). Pastures and Forages, Vol. ۳۳, P. ۱-۲۵.
  - 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, ۴۸:۱۹۱۱-۱۹۱۷.
  - 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. ۴, P. ۷۹۵-۷۹۶.
  - Prazak, P. ۲۰۱۶. Prospects for Sorghum cultivation in Poland, Acta Agrobotanica, Vol. ۲, P. ۱۶۶۱-۱۶۶۸.
  - 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 ۵۰۲ ۳۲۴, Andhra Pradesh, India.
  - Saaty T.L and vargas L.G. ۱۹۹۱. Predictin, Proecton and forecasting. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

- 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. ۳۷۹-۴۲۳.
- 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 (۳-۴): ۱۶۰-۱۶۹.
- 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. ۱۹۶۱. 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. ۶۴, P. ۱۳-۱۶.
- 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/10.3390/agriculture12111802>.

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

Behrouz Sobhani<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> 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 ۴ – Exit the flag leaf vertices. Step ۵, Cluster Cover. Stage ۶; ۵۰ percent pollination. Step ۷; Soft paste. Step ۸; Stiff paste. Stage ۹: Physiological Proceedings. The results showed that sorghum is cultivated at latitude between ۴۵° of the northern hemisphere to ۴۵° 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 ۲۵ to ۸۵۰ m and in Africa from ۴۰۰ m to ۲۵۰۰ 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 ۴۵ minutes to ۳۹° ۴۲ minutes in the northern hemisphere and in geographical length of ۴۷° and ۳ minutes to ۴۸° and ۵۵ minutes of eastern longitude. Its area is about ۱۷۹۵۳ 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 (۱۴۰۰-۲۰۰۰) 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 ۴۹%, temperature ۶۵%, altitude ۵۲%, slope ۴۴% and soil resistance ۳۶%. The results of agricultural climate zoning of sorghum fodder cultivation in Ardabil province with WLC method in GIS environment showed that about ۲۶% are very suitable, ۳۴% are suitable, ۳۵% are slightly suitable and ۵% are unsuitable for sorghum fodder cultivation. Also, agricultural climate zoning with Shannon's entropy method showed that about ۱۰% are very suitable, ۱۹% are suitable, ۵۹% are slightly suitable and ۱۲% 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",