

پهنه‌بندی اقلیمی کشت ذرت دانه‌ی در استان لرستان

سید منصور شاهرخوندی

استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد

مهران لشنی زند

استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان

هادی لرستانی*

کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۱۱ پذیرش نهایی: ۱۳۹۱/۰۵/۳۰

چکیده

یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر تولید محصول‌های کشاورزی، آب و هوا است که انسان در مقیاس کوچک و آن هم با صرف هزینه‌های گزاف قادر به کنترل آن است. بنابراین تنها راه ممکن برای مقابله با محدودیت‌های اقلیمی شناخت این محدودیت‌ها، سازگاری با آن‌ها و لحاظ کردن مدیریت محصول‌های زراعی است. لذا در این پژوهش جهت پهنه‌بندی کشت ذرت دانه‌ای در استان لرستان، از عناصر اقلیمی دما، رطوبت نسبی، درجه روز - رشد، ده ایستگاه سینوپتیک در سطح استان و پارامترهای محیطی شیب و PH خاک استفاده شده است. در میان این فاکتورها دما به دلیل درجه اهمیت بالای آن به صورت فنولوژیکی مورد بررسی قرار گرفت، سپس جهت تولید نقشه‌های پهنه‌بندی کشت این محصول از تکنیک‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. بعد از تولید نقشه‌های اولیه جهت همسان‌سازی لایه‌ها و تعریف مناطق تأثیرگذار، از روش استاندارد سازی فازی استفاده گردید. در نهایت به منظور تلفیق داده‌ها براساس وزن آن‌ها از روش ارزیابی سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد و نقشه پهنه‌بندی اراضی مستعد کشت ذرت دانه‌ای در استان لرستان تهیه گردید. نتیجه پهنه‌بندی با استفاده از روش‌های مذکور نشان داد که ۲/۳۴ درصد از مساحت استان برای کشت این محصول مستعد، ۸/۵۵ درصد نیمه مستعد، ۱۳/۰۸ درصد ضعیف و ۷۶/۰۳ درصد دارای شرایط نامناسب می‌باشند همچنین نتایج به دست آمده بیانگر آن است که بیشتر نقاط مطلوب در مناطق غرب، مرکز و قسمت‌هایی از شمال استان پراکنده می‌باشند.

واژگان کلیدی: پهنه‌بندی اقلیمی، ذرت دانه‌ای، GIS-AHP، استان لرستان.

مقدمه

پهنه‌بندی اقلیمی - کشاورزی به مفهوم شناخت مجموعه شرایطی است که امکان کاشت اقتصادی هر گیاه زراعی را با توجه به شرایط آب و هوایی در منطقه فراهم می‌سازد و براساس تعیین شاخص‌های مؤثر، نواحی همگن زراعی تعیین

می‌شوند. (سبحانی، ۱۳۸۴) برخی از دانشمندان از جمله واتسون^۱ بر این اعتقادند که نوع تولید کشاورزی از جمله نوسان محصول، به آب و هوا بستگی دارد. (خالدی، ۱۳۷۴)

کشاورزی اصلی‌ترین رکن تأمین نیازهای غذایی یک جامعه بوده و عاملی تعیین کننده در بی‌نیازی از انواع اقلام وارداتی محسوب می‌شود. افزایش روز افزون جمعیت در دنیا، آهنگ فعلی رشد کشاورزی و غیرکافی بودن تولید محصولات غذایی به نسبت احتیاجات مردم مهم‌ترین مسئله موجود در جهان امروز است. نظر به این که تولید محصولات غذایی بهتر و بیشتر یکی از مسائل مهم دنیای کنونی به‌شمار می‌آید و از آنجایی که تولید محصول و قابلیت کشاورزی هر منطقه به هوا و مشخصات اقلیمی آن بستگی دارد، مطالعه عناصر جوی مؤثر بر کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. (مالک، ۱۳۷۴).

ذرت در سال‌های اخیر به عنوان یکی از محصولات مهم و استراتژیک کشور معرفی شده و اهمیت اقتصادی آن به علت استفاده برای انسان، دام و صنایع بسیار زیاد می‌باشد و با توجه به سهم هفتاد درصدی این محصول در جیره غذایی طیور و واردات بیش از یک میلیون تنی آن در سال کشور ضرورت افزایش تولید آن کاملاً محسوس می‌باشد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). لذا از آنجایی که کشت محصولات کشاورزی غالباً بدون توجه به مسائل محیطی به‌ویژه اقلیم منطقه صورت می‌گیرد در این پژوهش سعی بر آن است با توجه به پتانسیل اقلیمی استان لرستان از طریق تحلیل داده‌های اقلیمی به توان این منطقه را در رابطه با کشت ذرت دانه‌ای پهنه‌بندی نمود. در نتیجه شناسایی مناطق مستعد کشت بر اساس داده‌های اقلیمی، عملاً علاوه بر بالا بردن راندمان تولید، بهبود شرایط اقتصادی مردم استان را نیز در بر خواهد داشت. از پژوهش‌های انجام شده در مورد پهنه‌بندی اقلیمی - کشاورزی می‌توان به کارهای صورت گرفته توسط این محققین اشاره کرد.

مالوف^۲ (۱۹۸۶) پهنه‌بندی اگرو کلیمایی برزیل را برای محصول ذرت بر پایه تعداد درجه روزهای رشد و میزان کمبود آب منطقه انجام و مناسب‌ترین تاریخ کاشت را تعیین کرد.

بیشنو^۳ (۱۹۸۹) از شاخص فیزیولوژیکی بر مبنای روزهای با درجه حرارت در حد مطلوب، رشد ذرت و پنبه را پیش-بینی کرد. پارکر^۴ (۲۰۰۱) با بهره‌گیری از عنصر دما، پهنه‌بندی اگروکلیماتیک گیاهانی نظیر: ذرت، کتان، نیشکر، سویا و گندم را در آمریکا انجام داده است. جونز و همکاران^۵ (۲۰۰۱) رابطه بین متغیرهای آب و هوا و عملکرد را در میشیگان مطالعه کردند و نشان دادند برای ذرت و سویا بارندگی در طول ژوئیه و آگوست و برای یولاف درجه حرارت طی ماه‌های می و ژوئن مهم‌ترین فاکتورهای آب و هوایی بر روی عملکرد این محصولات می‌باشند.

سازمان هواشناسی کشور با همکاری شرکت کوانتا (۱۳۵۴) بر روی شرایط کشت پانزده محصول مهم زراعی ایران مطالعاتی را انجام داده‌است. در این تحقیق نقش عناصر اقلیمی و عوامل فیزیکی زمین بر روی محصولات بررسی گردیده و با تحلیل داده‌ها، نقشه مناطق مستعد برای کشت تهیه شده است.

فرج‌زاده و تکلویغش، (۱۳۸۰) ناحیه بندی اگروکلیمایی استان همدان را در محیط GIS با تأکید بر کشت گندم دیم انجام داده‌اند. در این پژوهش ابتدا عوامل فیزیکی زمین و عناصر اقلیمی از قبیل: توپوگرافی، شیب، تیپ اراضی، عمق خاک، بافت خاک، بارش سالانه، دمای سالانه و تبخیر در محیط GIS تحلیل و ارزش گذاری شده و سپس با هم پوشانی لایه‌های فوق نقشه نهایی مناطق مناسب برای کشت گندم دیم تهیه گردید.

1 - Watson

2 . Maluf

3 - Bishnoi

4 . parker

5 . Jones etal

قانعی خو، (۱۳۸۰) اقلیم کشاورزی شهرستان فیروزآباد با تأکید بر کشت ذرت دانه‌ای را موضوع پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود قرار داد. در این تحقیق تأثیر عوامل اقلیمی نظیر: دما، ابرناکی، رطوبت نسبی، باد، تشعشع و دیگر عوامل محیطی مانند آب و کیفیت آن، خاک و کیفیت آن و کیفیت‌های نامطلوب آب و خاک در کشت ذرت بررسی و بهترین زمان‌ها و مکان‌ها برای کشت آن تعیین گردید.

استغفاری، (۱۳۸۷) پهنه‌بندی اقلیمی کشت کلزای دیم در استان لرستان را موضوع پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود قرار داد و با استفاده از GIS به شناسایی و پهنه‌بندی و تعیین مناطق مستعد کشت کلزا در استان لرستان پرداخت. وی برای ترسیم نقشه‌های هم مقدار از روش عکس مربع فاصله (IDW) که یکی از مهم‌ترین روش‌های میان‌یابی است استفاده کرد. به این ترتیب نقشه بارندگی سالیانه، متوسط دمای سالیانه، معدل حداقل دما برای سردترین ماه سال، PH خاک و شیب منطقه را تهیه نمود و اثرات آن‌ها را بر روی محصول کلزا مورد بررسی قرار داد و در نهایت با تلفیق نقشه‌ها مناطق مستعد کشت کلزا در استان لرستان را تعیین نمود.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش استان لرستان با مساحت ۲۸۰۶۴ کیلومتر مربع می‌باشد که در غرب ایران بین ۳۲ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۶ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار دارد و ۱/۷٪ از مساحت کل کشور را شامل می‌شود.

پایین‌ترین نقطه استان با ارتفاع ۲۳۹ متر در نقطه خروجی رودخانه کرخه در جنوب استان و بلندترین نقطه آن اشتران کوه با ۴۰۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا در میان رشته کوه زاگرس قرار گرفته است. (سالنامه آماری، ۱۳۸۵).

در مطالعه حاضر از آمار ده ایستگاه سینوپتیک استان لرستان شکل (۱) که دارای طول دوره آماری بلند مدت و پیوسته آمار و اطلاعات بودند (۱۳۸۷-۱۳۷۸) استفاده گردید.

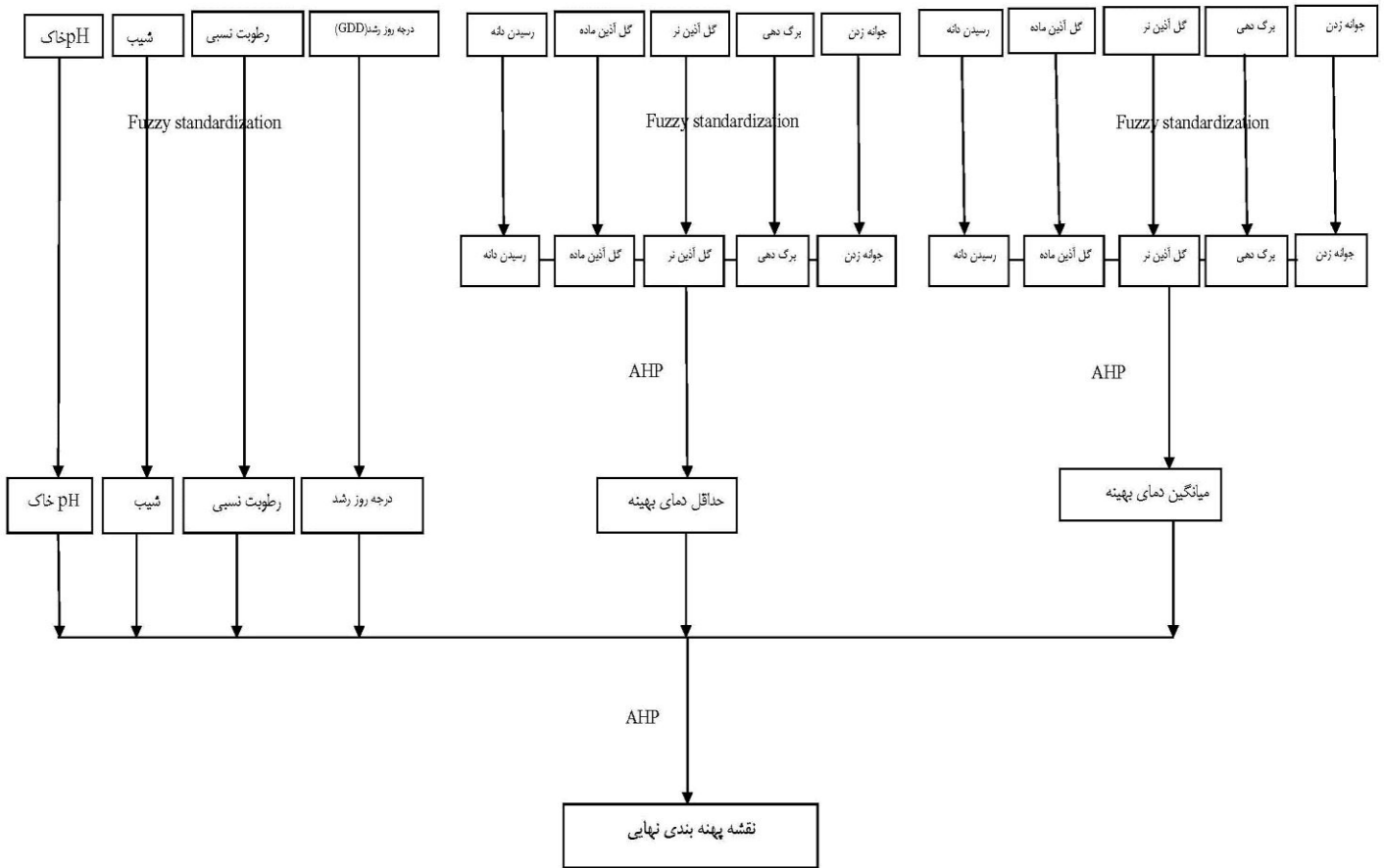
به‌طور کلی جهت پهنه‌بندی، اطلاعات دما، رطوبت نسبی، درجه روز، رشد^۱ (GDD)، شیب و PH^۲ خاک مورد استفاده قرار گرفت. در بین این عوامل دما که دارای درجه اهمیت بالایی بود، در دوره‌های مختلف رشد مورد بررسی قرار گرفت. جهت تهیه نقشه دمایی استان برای هر دوره رشد نقشه‌هایی از میانگین و حداقل دمایی با استفاده از روش کریجینگ و IDW^۳ تهیه و از روش استاندارد سازی فازی جهت تعیین مناطق مطلوب و غیرمطلوب دمایی استان استفاده شد. بعد از تولید نقشه‌های استاندارد شده از مدل وزن‌دهی سلسله مراتبی^۴ (AHP) اقدام به تهیه نقشه‌های بهینه میانگین دمایی و حداقل دمایی در محیط GIS^۵ شد. جهت استفاده از استانداردسازی فازی حدود تاثیرگذار در دوره‌های مختلف دمایی و همچنین در دیگر لایه‌های اطلاعاتی مشخص شد. و به‌منظور تلفیق لایه‌های اطلاعاتی براساس درجه اهمیت آن‌ها از روش AHP استفاده شد.

در این صورت دو به دو اهمیت لایه‌ها با هم سنجیده شد و سپس نقشه میانگین دمایی، حداقل دما و تلفیق نهایی تهیه شد. در پایان با توجه به مدل و نقشه نهایی جهت شناسایی مناطق مستعد و متناسب با توان اقلیمی، استان به چهار کلاس مستعد، نیمه مستعد، ضعیف و نامناسب پهنه بندی گردید.

تمامی مراحل انجام پژوهش در نمودار (۱) به تصویر درآمده است.

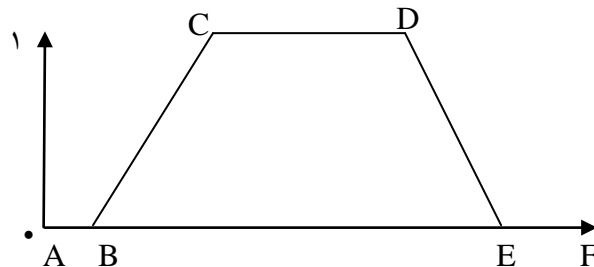
- 1 . Growing Degree Days
- 2 . Potential Hydrogenium
- 3 . Inverse Distance weighted
- 4 . Analytical Hierachy process
- 5 . Geographical Information systems

نمودار ۱: مراحل انجام پژوهش



استاندارد سازی لایه‌ها

جهت استاندارد کردن و تعیین حدود تاثیرگذار بر روی لایه‌های موجود از روش استانداردسازی فازی استفاده شد. به این صورت که مقادیر لایه‌های موجود در محدوده صفر تا یک تعریف شدند. همچنین نمودار (۲) استاندارد سازی فازی جهت سهولت در درک روش در زیر نشان داده شده است. بعد از تعیین حدود با استفاده از توابع کاهش و افزایش فازی استاندارد سازی به انجام رسید.



جهت استفاده از استانداردسازی فازی حدود تاثیرگذار در دوره‌های مختلف دمایی و همچنین در دیگر لایه‌های اطلاعاتی مشخص شد. در زیر جداول مربوط به عوامل تاثیرگذار آورده شده است.

جدول ۱: حدود استاندارد سازی میانگین دما

میانگین دمایی	A	B	C	D	E	F
جوانه زنی	-	۱۳-۱۴	۱۸	۳۰	۳۵	-
برگ دهی	-	۱۴	۲۰	۲۶	۳۵	-
گل آذین نر	-	۱۴	۲۴	۲۸	۳۵	-
گل آذین ماده	-	۱۶	۲۱	۲۵	۳۵	-
رسیدن دانه	-	۱۶	۲۱	۳۲	۳۵	-

جدول ۲: حدود استاندارد سازی حداقل دما

حداقل دمایی	A	B	C	D	E	F
جوانه زنی	-	۴	۸	۱۰	-	-
برگ دهی	-	۸	۱۰	۱۲	-	-
گل آذین نر	-	۸	۱۴	۱۶	-	-
گل آذین ماده	-	۸	۱۶	۱۸	-	-
رسیدن دانه	-	۸	۱۶	۱۸	-	-

جدول ۳: حدود استاندارد سازی رطوبت نسبی، درجه روز- رشد، شیب و PH خاک

نام لایه	A	B	C	D	E	F
رطوبت نسبی	-	٪۲۰	٪۴۰	٪۸۰	٪۹۰	-
درجه روز	-	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۲۲۲۰		
شیب	-	-	۰	٪۱	٪۵	-
PH خاک	-	۵	۶/۵	۷	۸	-

وزن دهی نهایی لایه‌ها

در مرحله آخر جهت وزن دهی لایه‌های مختلف بر اساس درجه اهمیت آن‌ها از روش ارزیابی سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. این روش در سال ۱۹۸۰ توسط توماس ساعتی در زمینه فرآیند سلسله مراتبی طراحی گردید. اساس تعیین وزن در این روش را مقایسه زوجی عوامل تشکیل می‌دهد. (عظیمی حسینی و همکاران، ۱۳۸۹) در این صورت دو به دو اهمیت لایه‌ها با هم سنجیده شد و با ارزش دهی نسبی لایه‌ها وزن نهایی هر لایه به دست آمد. در آخر جداول نهایی AHP مربوط به میانگین دما، حداقل دما و تلفیق نهایی آورده شده است. در پایان لازم به ذکر است شهرستان پل دختر چون دوره رشد آن با بقیه مناطق استان فرق داشت از داده‌های این ایستگاه فقط برای درون یابی استفاده شد و در نقشه نهایی محدوده سیاسی آن بدون اطلاعات ذکر شده است.

جدول ۴: ارزش دهی نسبی لایه‌های میانگین دمایی نسبت به هم و تولید وزن نهایی لایه‌ها به روش AHP

نام لایه	جوانه زنی	گل آذین نر	گل آذین ماده	رسیدن دانه	برگ دهی	وزن نهایی	Cr
جوانه زنی	۱	۳	۳	۴	۵	٪۴۵۸۹	٪۰۱۲۶
گل آذین نر	٪۳۳۳۳	۱	۱	۲	۳	٪۱۸۴۴	
گل آذین ماده	٪۳۳۳۳	۱	۱	۲	۳	٪۱۸۴۴	
رسیدن دانه	٪۲۵	٪۵	٪۵	۱	۲	٪۱۰۶۲	
برگ دهی	٪۲	٪۳۳۳۳	٪۳۳۳۳	٪۵	۱	٪۰۶۶	

جدول ۵: ارزش‌دهی نسبی لایه‌های حداقل دمایی نسبت به هم و تولید وزن نهایی لایه‌ها به روش AHP

Cr	وزن نهایی	برگ دهی	رسیدن دانه	گل آذین ماده	گل آذین نر	جوانه زنی	نام لایه
%۰۱۲۶	%۴۵۸۹	۵	۴	۳	۳	۱	جوانه زنی
	%۱۸۴۴	۳	۲	۱	۱	%۳۳۳۳	گل آذین نر
	%۱۸۴۴	۳	۲	۱	۱	%۳۳۳۳	گل آذین ماده
	%۱۰۶۳	۲	۱	%۵	%۵	%۲۵	رسیدن دانه
	%۰۶۶	۱	%۵	%۳۳۳۳	%۳۳۳۳	%۲	برگ دهی

جدول ۶: ارزش‌دهی نسبی لایه‌ها نسبت به هم و تولید وزن نهایی لایه‌ها به روش AHP

Cr	وزن نهایی	PH خاک	شیب	رطوبت نسبی	درجه روز	حداقل دما	میانگین دما	نام لایه
%۰۱۵۲	%۴۱۸۵	۵	۴	۳	۲	۱	۱	میانگین دما
	%۴۱۸۵	۵	۴	۳	۲	۱	۱	حداقل دما
	%۲۶۲۵	۴	۳	۲	۱	%۵	%۵	درجه روز
	%۱۵۹۹	۳	۲	۱	%۵	%۳۳۳۳	%۳۳۳۳	رطوبت نسبی
	%۰۹۷۳	۲	۱	%۵	%۳۳۳۳	%۲۵	%۲۵	شیب
	%۰۶۱۸	۱	%۵	%۳۳۳۳	%۲۵	%۲	%۲	PH خاک

نتایج

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد، از نظر میانگین دمای جوانه‌زنی و برگ‌دهی نواحی شمال شرق و شمال غرب استان دارای محدودیت دمایی می‌باشند. در مرحله گل‌آذین نر بیشتر مناطق استان از دمای مناسبی برخوردارند. در دوره گل آذین ماده قسمت‌های شمال شرق، شمال و شمال غرب دارای شرایط مناسب و بقیه مناطق استان دارای محدودیت دمایی متناسب با این دوره می‌باشند و در مرحله رسیدن دانه بیشتر نواحی استان از دمای مطلوبی برخوردارند.

همچنین از نظر حداقل دمای دوره جوانه‌زنی، برگ‌دهی و گل آذین نر قسمت‌هایی از شمال شرق و شمال غرب استان دارای محدودیت دمایی می‌باشند. در دوره گل آذین ماده و رسیدن دانه نواحی غرب، مرکز و شمال استان دارای شرایط مناسب و بقیه نواحی استان دارای محدودیت دمایی متناسب با این دوره می‌باشند. در آخر براساس شکل (۲ و ۳) با تلفیق لایه‌های میانگین و حداقل دمایی در دوره‌های مختلف رشد این نتیجه حاصل شد که مناسب‌ترین مکان‌ها شامل مناطق غرب، مرکز و شمال استان می‌باشند. و مناطق شمال شرق و شمال غربی به واسطه دارا بودن دماهای پایین‌تر از حد آستانه از این نظر دارای شرایط ضعیفی برای کشت ذرت دانه‌ای می‌باشند. همچنین از نظر رطوبت نسبی، براساس شکل (۴) بهترین نواحی در استان شامل مناطق الشتر، سیلاخور، کوه‌دشت، خرم‌آباد و ازنا می‌باشند. در مورد درجه روز - رشد طبق شکل (۵) مناطق شمال شرق و شمال غربی استان از این نظر دارای محدودیت می‌باشند. برابر شکل (۶) مناسب‌ترین شیب برای کشت این محصول در قسمت‌های غرب، شمال و شمال شرقی و تا حدودی در مرکز استان وجود دارد، اما از نظر PH خاک طبق شکل (۷) به غیر قسمتی از غرب استان دارای شرایط محدودی می‌باشد، بقیه مناطق استان از این نظر دارای شرایط مناسبی است.

در مجموع با توجه به نتایج حاصل از روش منطق فازی و مدل AHP این نتیجه حاصل شد که مستعدترین مکان‌ها براساس شکل (۸) برای کشت ذرت دانه‌ای در استان شامل نواحی غرب، مرکز و قسمت‌هایی از شمال استان می‌باشند.

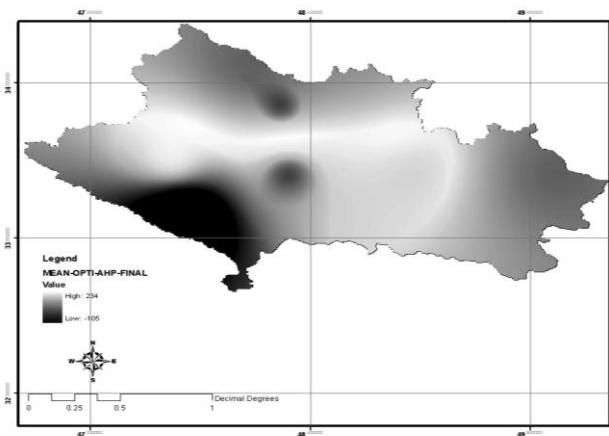
بحث و نتیجه‌گیری

بررسی انجام شده در مورد پهنه‌بندی اقلیمی کشت ذرت دانه‌ای در استان لرستان نشان داد دما، رطوبت نسبی، درجه روز رشد، شیب و PH خاک به صورت تلفیقی در تعیین پتانسیل‌های اقلیمی کشت ذرت دانه‌ای در مناطق مختلف استان

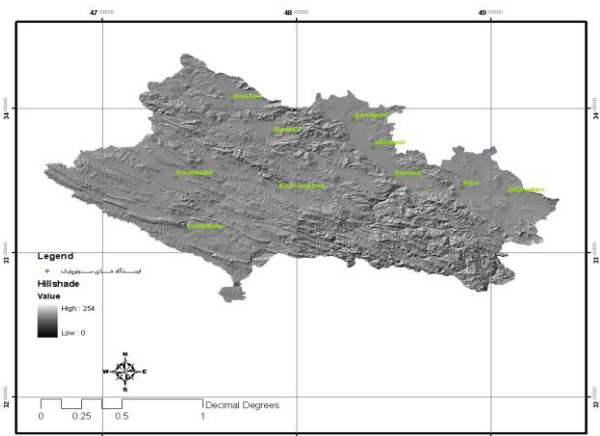
لرستان تأثیر بسزایی داشته و به طور کلی میزان دما و پراکنش آن نسبت به عناصر دیگر بیشترین تأثیر را در طول مراحل مختلف رشد ذرت ایفا می‌کند.

بررسی پارامتر دما براساس مراحل مختلف رشد یکی از مهم‌ترین روش‌ها در تعیین نواحی مستعد کشت ذرت دانه‌ای می‌باشد. به طوری که بررسی و نتایج پژوهش بر اساس روش فازی و مدل AHP حاکی از این قضیه بود که مناطق شمال شرق، شمال و شمال غربی استان از لحاظ فاکتور دما برای رشد ذرت دانه‌ای شرایط محدود کننده‌ای دارند و در این مناطق دمای پایین هوا از مهم‌ترین عواملی است که باعث شده مناطق نامناسبی برای کشت ذرت دانه‌ای تشخیص داده شوند. حال آن که مناطق غرب، مرکز و قسمت‌هایی از شمال استان به دلیل شرایط دمایی مطلوب، مناطق مناسبی برای کاشت این محصول می‌باشند.

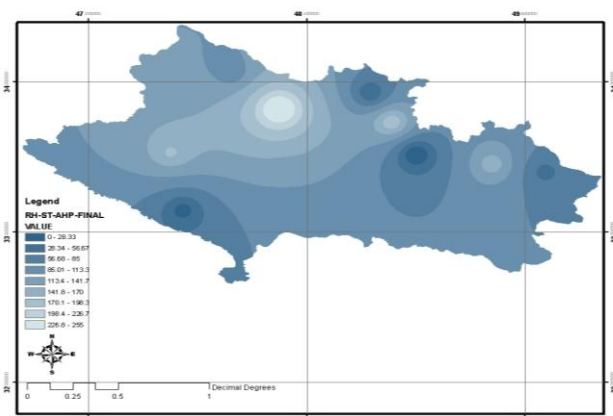
بنابراین در زمینه مربوط به مسائل اقلیمی - کشاورزی، پژوهش‌های که در این زمینه در داخل کشور صورت گرفته توجه کمی به ایجاد پایگاه داده‌های مشتعل بر شرایط اقلیمی، محیطی و فنولوژی گیاهان زراعی شده است. امید است پژوهش حاضر گامی در جهت پرداختن عمیق تر به مسائل مذکور باشد.



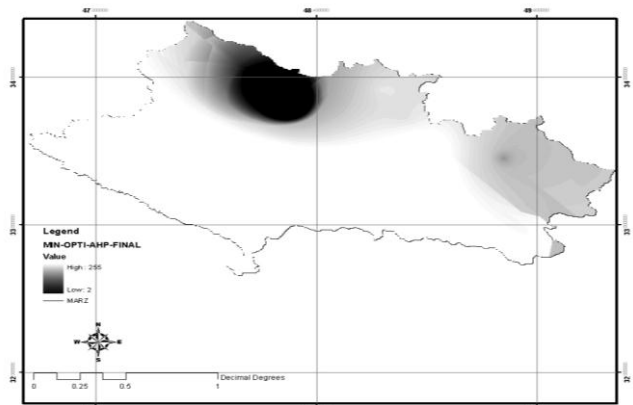
شکل ۲: نقشه بهینه میانگین دمای استاندارد شده کشت ذرت دانه‌ای



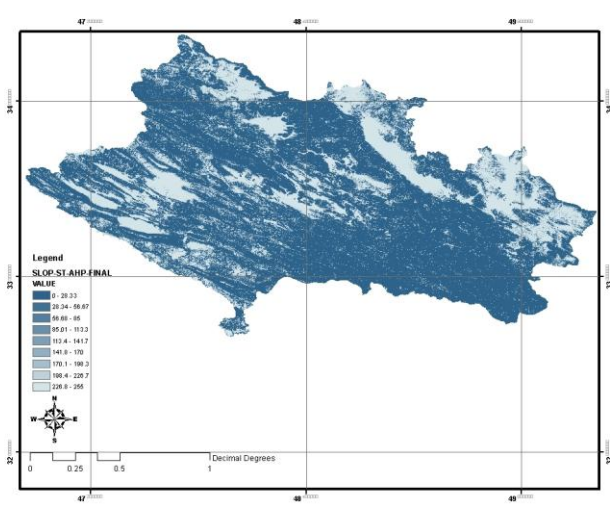
شکل ۱: نقشه موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه



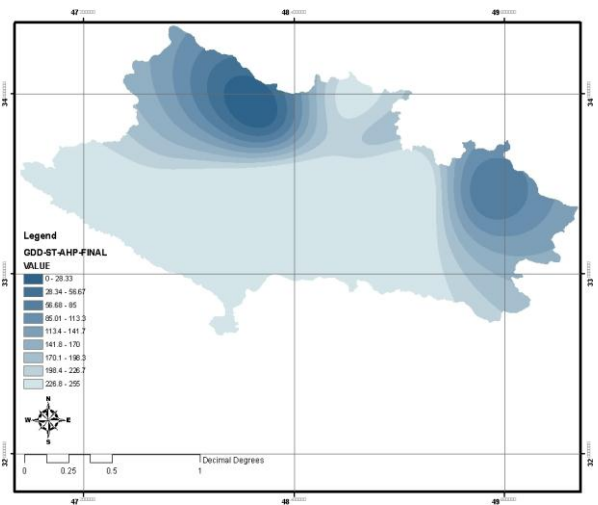
شکل ۳: نقشه بهینه حداقل دمای استاندارد شده کشت ذرت دانه‌ای



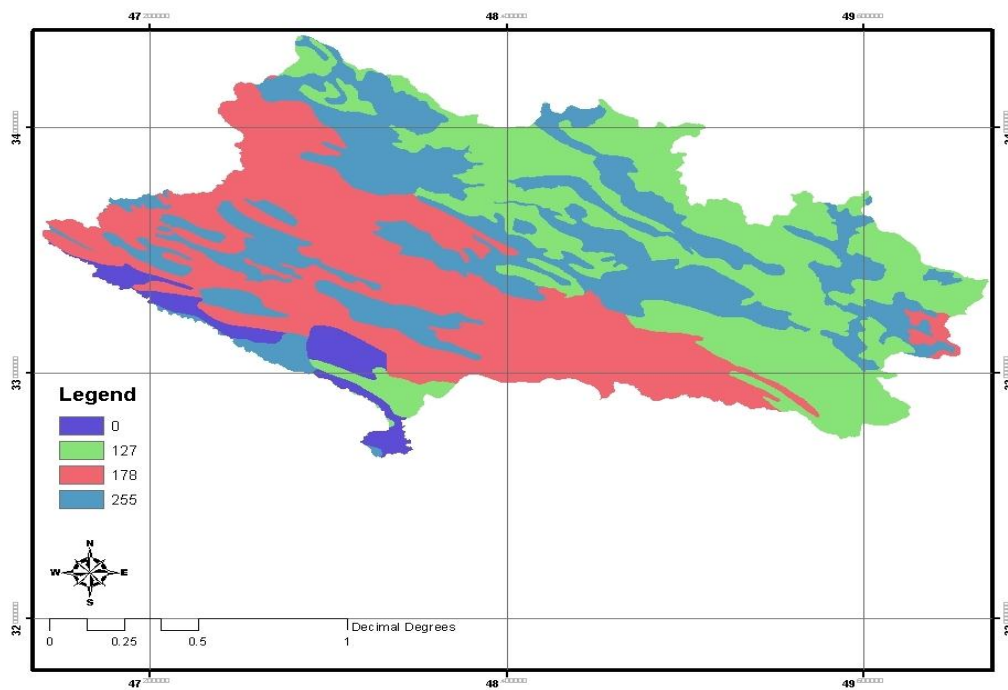
شکل ۴: نقشه رطوبت نسبی استاندارد شده دوره رشد کشت ذرت دانه‌ای



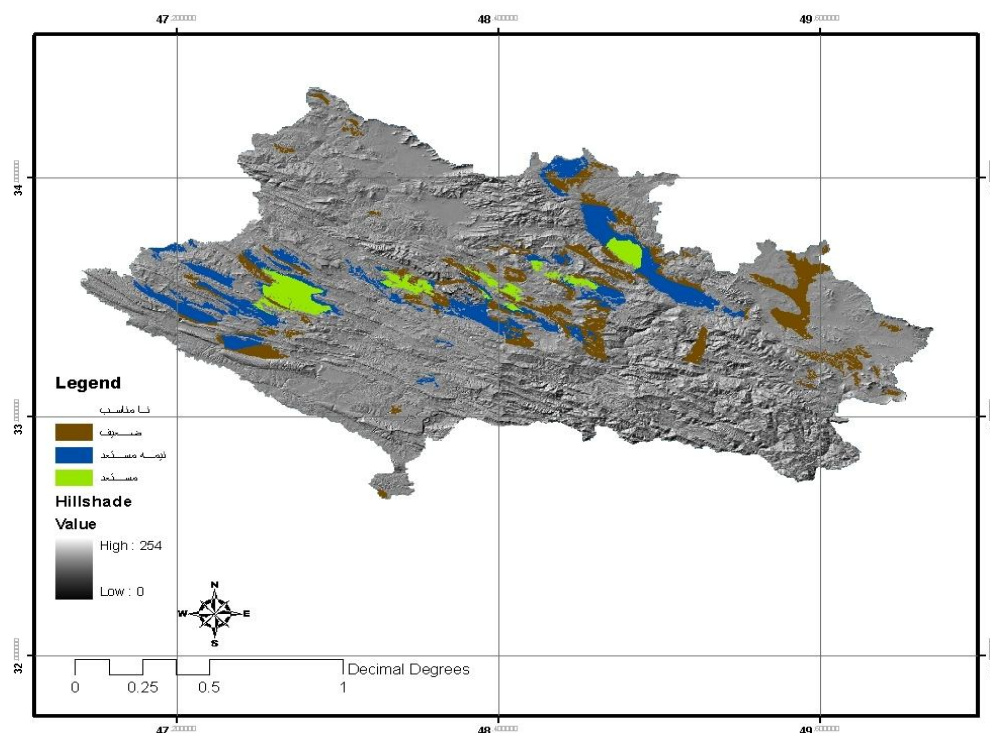
شکل ۶: نقشه شیب استاندارد شده استان لرستان



شکل ۵: نقشه درجه روز - رشد استاندارد شده کشت ذرت دانه‌ای



شکل ۷: نقشه PH خاک استاندارد شده استان لرستان



شکل ۸: نقشه پهنه‌بندی کشت ذرت دانه‌ای در استان لرستان

منابع

- ۱- استغفاری، فریبا (۱۳۸۷): پهنه‌بندی اقلیمی کشت کلزای دیم در استان لرستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی دکتر مهران لشنی زند، رشته جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد.
- ۲- خالدی، شهریار (۱۳۷۴): آب و هوا شناسی کاربردی (کاربرد آب و هوا در برنامه ریزی ناحیه‌ای)، چاپ اول، نشر قومس.
- ۳- سالنامه آماری استان لرستان (۱۳۸۵).
- ۴- سبحانی، بهروز (۱۳۸۴): پهنه‌بندی آگروکلیماتیک استان اردبیل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در محیط GIS، رساله دکتری جغرافیای طبیعی، به راهنمایی دکتر علی اکبر رسولی، دانشگاه تبریز.
- ۵- عظیمی حسینی، محمد و همکاران (۱۳۸۹): کاربرد GIS در مکان یابی، چاپ اول، انتشارات مهرگان قلم.
- ۶- فرج‌زاده، منوچهر و تکلوبیغش، عباس (۱۳۸۰): ناحیه بندی آگروکلیمایی استان همدان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی با تأکید بر گندم دیم، فصل‌نامه پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۱، سال سی و سوم، صص ۹۳-۱۰۵.
- ۷- قانع‌خو، محمد (۱۳۸۰): اقلیم کشاورزی شهرستان فیروزآباد با تأکید بر کشت ذرت دانه‌ای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی دکتر جواد خوشحال، رشته جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان.
- ۸- کواتا، مهندسین مشاور (۱۳۵۴): راهنمای نیازها و محدودیت‌های هواشناسی کشاورزی پانزده، محصول اصلی ایران، سازمان هواشناسی کشور.
- ۹- مالک، اسماعیل (۱۳۷۴): شناخت و سنجش سازه‌های جوی مؤثر در کشاورزی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه شیراز.
- ۱۰- نورمحمدی، قربان و همکاران (۱۳۸۰): زراعت غلات، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

- 12- Jones, J. W. Keating, B.A., and Porter, C.H. (2001): Approaches to Modular Model Development. Agric Sys. 70 : 421- 443.
- 13- Maluf. JRT. (1986): Agro Climatic Zoning of Maize Crop for the State of Regrind. Agronomies – Salvia Grandness, Vol. 22, NO. 2, PP: 261- 281.
- 14- Parker, Ric (2001): Introduction Plant Science, Delmar Publish is Proud to Support Activities.