

پهنه بندی آگروکلیمایی مرکبات در استان لرستان با استفاده از مدل همپوشانی شاخص

و منطق فازی و مقایسه مدل ها

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۱/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۹/۲/۳۰

دکتر پرویز ضیائیان فیروز آبادی* (استادیار گروه جغرافیا، دانش گاه تربیت معلم، تهران)
دکتر شهریار خالدی^۱ (دانش یار گروه جغرافیا، دانش کده علوم زمین، دانش گاه شهید بهشتی، تهران)
سکینه خندان (دانش جوی کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگ اه شهید بهشتی، تهران)
انوش علیزاده (کارشناس ارشد زمین شناسی، دانش گاه شهید بهشتی، تهران)

چکیده

در بین عوامل مختلف تأثیر گذار در تولید محصولات کشاورزی، شرایط جوی و اقلیمی از مهم ترین متغیرهای محیط طبیعی بوده که انسان در مقیاس کوچک و آن هم با صرف هزینه های گزاف، قادر به کنترل آن نیست. بنابراین تنها راه ممکن برای مقابله با محدودیت های طبیعی به خصوص محدودیت های اقلیمی، شناخت این محدودیت ها و سازگاری با آن ها و لحاظ مدیریت محصولات زراعی است. در این مطالعه نیز به پهنه بندی اراضی مستعد باغات مرکبات در سطح استان لرستان پرداخته شده تا بهترین مکان ها برای کاشت مرکبات از لحاظ پارامترهای محیطی به ویژه عناصر اقلیمی در این محدوده مشخص گردد. در این بررسی، عناصر اقلیمی دما، بارش، درجه روز از ۶ ایستگاه سینوپتیک در سطح استان لرستان و پارامترهای محیطی ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از شبکه هیدروگرافی و خاک به عنوان فاکتورهای مؤثر در پهنه بندی اراضی مستعد مرکبات استان لرستان، مورد بررسی و استفاده قرار گرفت. ابتدا داده های مربوط به عناصر اقلیمی استخراج و اطلاعات مورد نظر بدست آمد، سپس نقشه های مربوط به این پارامترها و عناصر در نرم افزار Arc GIS با روش های مختلف مانند درون یابی و ... تهیه شده و این نقشه ها با استفاده از منطق همپوشانی شاخص و منطق فازی و معیارهایی که برای کاشت درخت مرکبات در نظر گرفته می شود، استاندارد شده و به هر کدام وزن خاصی داده شده است. سپس همه نقشه های استاندارد شده با استفاده از مدل AHP با هم تلفیق و نقشه پهنه بندی اراضی مستعد کاشت مرکبات در استان لرستان بدست آمد. بدین ترتیب در نقشه نهایی به روش هم پوشانی شاخص، ۹۸۱۵۲۳/۵۶ هکتار از اراضی

* نویسنده رابط

¹ Shahriar_khaledi6@yahoo.com

استان برای کشت مرکبات بسیار مناسب، ۹۶۸۹۲۱/۱۴ هکتار دارای قابلیت متوسط و ۹۲۲۱۷۵/۲۲ هکتار نیز برای کاشت مرکبات نامناسب هستند.

در نقشه نهایی به روش منطق فازی نیز ۱۰۰۳۲۱۸/۲۳۱ هکتار از اراضی استان برای کشت مرکبات بسیار مناسب، ۱۰۱۸۴۹۷/۹۸۲ هکتار دارای قابلیت متوسط و ۸۳۷۳۸۶/۴۲۸ هکتار نیز برای کاشت مرکبات نامناسب هستند. نتایج نهایی نشان می دهد که نقش هر یک از عناصر اقلیمی و زمینی، متناسب با مراحل مختلف رشد و در مناطق استان متفاوت است و از طریق تلفیق لایه های مؤثر در فرایند کاشت مرکبات در محیط GIS، امکان شناخت مناطق جهت کاشت مرکبات وجود دارد.

واژه های کلیدی:

استان لرستان، مرکبات، اقلیم، روش هم پوشانی شاخص، روش منطق فازی، مدل AHP



مقدمه

استان لرستان در غرب ایران بین ۴۶ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. این استان سرزمینی کوهستانی و مرتفع است و چشم انداز اصلی آن دشت ها و ارتفاعات می باشد (زنده دل، ۱۳۷۹). از نظر زمین شناسی، استان لرستان جایگاه بسیار ویژه‌ای دارد بدین معنا که حاشیه شمال شرقی استان بخشی از پهنه دگرگونی سنندج - سیرجان است که نواحی واقع در شمال بروجرد تا جنوب شهرستان دورود را دربر دارد. بخش باقی مانده استان، گستره های مربوط به ارتفاعات زاگرس است. از نقطه نظر کاربری اراضی نیز، از کل اراضی استان حدود ۱۹۳۳۰۰۰ هکتار به اراضی مرتعی اختصاص داده شده که از این سطح ۸۸۵۰۰۰ هکتار اراضی به صورت مراتع مشجر مورد بهره برداری قرار می گیرد و مابقی آن با مساحتی حدود ۱۰۴۸۰۰۰ هکتار مراتع غیر مشجر را شامل می شود و جنگل ها نیز با مساحتی حدود ۸۸۵۷۵۰ هکتار ۳۲ درصد سطح استان را می پوشانند. از کل اراضی کشاورزی استان که حدود ۷۱۳۶۵۸ هکتار بوده، ۱۹۹۶۱۶ هکتار آن به اراضی آبی و ۵۱۴۰۴۲ هکتار آن به اراضی دیم اختصاص دارد.

در استان آب و هوای متنوعی حاکم است. در زمستان هنگامی که در شمال آن برف و کولاک و سرمای شدید جریان دارد، قسمت های جنوبی از هوای مطبوع و بارانی برخوردار است. طبق آمارهای سالانه از سال ۸۱-۱۳۷۷ دوره سرما و یخ بندان در این منطقه به طور متوسط ۷۰ روز و میانگین سالانه بارش ۴۵۰ تا ۵۰۰ میلی متر و میانگین سالانه دما ۱۴/۹ درجه سانتی گراد است (امامی، ۱۳۷۶).

از نظر منابع آب، استان لرستان با داشتن مناطق وسیع کوهستانی، کوه های مرتفع و در نتیجه جذب رطوبت زیاد و واقع شدن در مسیر جبهه هوای باران زای مدیترانه ای از غرب، دارای منابع آب قابل توجهی می باشد. نواحی غرب ایران و از جمله مناطق کوهستانی لرستان، از کانون های آبریز مطمئن ایران است. شریان ها و شبکه آب های روان آن بر اساس شیب و ساختمان زمین، راهی حوضه های آبریز خلیج فارس و یا باتلاق های جنوب غربی ایران و یا نواحی داخلی ایران (حوضه های آبریز مرکزی ایران) می شوند (سعادت، ۱۳۸۵).

از ۲۹۰۰۰۰۰ هکتار مساحت این استان، ۸۸۵۷۵۰ هکتار آن جنگل می باشد. بر اساس برنامه راهبردی سازمان مرکبات کل کشور، استان لرستان تا سال ۱۳۸۶ دارای ۵۰۹ هکتار باغات مرکبات می باشد که بر مبنای پیش بینی سطح توسعه مرکبات تا سال ۱۳۹۳ این مقدار به ۳۳۱۹ هکتار افزایش خواهد یافت. بر اساس آمار و اطلاعات سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (F.A.O) در سال ۱۹۹۷ سطح زیر کشت مرکبات در جهان، ۶۸۶۲۵۳۰ هکتار بوده است. در بین کشورهای جهان چین با دارا بودن ۱۳۷۶۸۰۰ هکتار اراضی زیر کشت مرکبات به تنهایی ۲۰ درصد از کل اراضی زیر کشت مرکبات جهان را به خود اختصاص داده است و مقام اول را داراست. پس از آن برزیل با ۱۰۷۲۶۶۰، نیجریه با ۶۰۰۰۰۰ و آمریکا با ۴۶۴۷۰۰ هکتار در رتبه های بعدی قرار دارند.

کشور ایران با ۲۰۸۶۹۹ هکتار اراضی زیر کشت مرکبات، ۳ درصد از کل زمین های زیر کشت مرکبات در جهان را در اختیار دارد و مقام هشتم را از نظر سطح زیر کشت مرکبات در جهان داراست. از نظر سطح زیر کشت در ایران، استان مازندران با ۳۶/۷۸ درصد سطح بارور، مقام اول و استان های فارس، هرمزگان، کرمان و گیلان به ترتیب با دارا بودن ۲۱/۱۰، ۱۴/۹، ۱۳/۶۹ و ۳/۲۲ درصد سطح زیر کشت بارور، مقام دوم تا پنجم کشت این محصول را به خود اختصاص داده اند. استان ایلام با ۱۲ هکتار کم ترین سطح زیر کشت مرکبات در کل کشور را داراست.

مازندران، فارس، هرمزگان، جیرفت و کهنوج، کرمان و گیلان ۹۳/۶۵ درصد از سطح زیر کشت مرکبات کل کشور را داشته و مهم ترین مناطق کشت مرکبات به شمار می آیند (فتوحی قزوینی، ۱۳۸۵).

بنابراین با علم به این که ایران دارای مناطق مستعد بسیاری برای پرورش این محصول می باشد و استعداد مناطق مرکبات خیز کشور برای ارقام صادراتی نظیر گریپ فروت، لیموترش، پرتغال والنسیا و... فراهم است، لذا کشور به منظور رسیدن به اهداف تولیدات و صادرات محصولات باغبانی تک محصولی و گریز از وابستگی دائمی به درآمد ارزی نفت می تواند ضمن گذر از مرز خودکفایی، با بهبودگرایی در کیفیت محصول مقدمات صادرات مرکبات را به کشورهای مصرف کننده اروپایی فراهم آورد و به بازارهای جهانی دیگر راه یابد و همچنین اگر چه محصولاتی مثل مرکبات جزء محصولات استراتژیک محسوب نمی شود ولی از نظر اقتصادی، سیاسی، صنعتی دارای اهمیت فراوان می باشد و از آن جایی که تولید و عملکرد این محصول به شرایط آب و هوایی وابستگی زیادی دارد و نوسانات آب و هوایی تا حد زیادی می تواند این محصول را تحت تأثیر خود قرار دهد لذا بررسی

پارامترهای اقلیمی در میزان عملکرد محصول حائز اهمیت است و در این راستا و اجرای برنامه های منظم درکشت، روابط فنولوژی گیاه و عوامل اقلیمی ضرورت تام پیدا می کند. بررسی توان های محیطی و طبیعی استان لرستان نشان دهنده اهمیت این استان در تولید این محصول و نقش مهم آن در رونق کشاورزی و اقتصادی منطقه می باشد، لذا شناخت فرایندهای اقلیمی تأثیرگذار بر پرورش و تولید و نیز شناسایی مکان های مناسب جهت توسعه سطح زیر کشت می تواند به توسعه استان و افزایش بازده تولید کمک نماید. از این رو در نوشتار حاضر سعی بر آن بوده است تا ویژگی های فنولوژیکی و نیازهای اقلیمی مرکبات مورد توجه قرار گرفته و میزان سازگاری آن با شرایط اقلیمی و محیطی استان لرستان بررسی گردد و در نهایت مناطق مساعد کشت مرکبات در این استان شناسایی و رده بندی شوند.

خصوصیات آب و هوایی و ویژگی های فنولوژیکی مرکبات

در مورد ویژگی های فنولوژیکی مرکبات ذکر نیازهای آب و هوایی و خاک، طی مراحل رشد ضروری است و ذکر این نکات قابل توجه است.

مرکبات در بخش های گسترده ای از جهان (۱۱۳ کشور) از ۴۰ درجه عرض شمالی تا ۴۰ درجه عرض جنوبی در نقاطی که شرایط آب و هوایی بسیار خشک و زیاد سرد نباشد (نقاط دارای آب و هوای گرمسیری و نیمه گرمسیری) کاشته می شود. به همین دلیل انواع مرکبات را میوه های نیمه گرمسیری می نامند که عموماً دمای ۰ تا ۴۰ درجه سانتی گراد را تحمل می کنند. مرکبات با نام علمی Citrus به طور کلی بومی آسیای شرقی و مجمع الجزایر مالایا است. لیکن به نظر می رسد در سطوح تجارتي مناطق عمده تولید مرکبات در نواحی نیمه گرمسیر بالاتر از ۳۰ درجه شمالی و جنوبی قرار گیرد. اصولاً بهترین مکان کشت مرکبات در مناطقی است که دارای ارتفاع بیش از ۱۵۰۰ متر با مجموعه حرارتی حدود ۳۵۰۰ ساعت است و از نظر دمایی نیز متوسط دمای مناسب جهت رشد مطلوب مرکبات ۱۸/۵ درجه سانتی گراد می باشد. لیکن در مرکبات رشد و نمو متشکل از مراحل پیچیده ای است و آب و هوا از مهم ترین عوامل کنترل کننده آن می باشد (فتوحی قزوینی، ۱۳۸۵).

دما

مناسب ترین دما جهت رشد مطلوب مرکبات ۱۸/۵ درجه سانتی گراد می باشد و حداقل حرارت مورد نیاز برای شروع رشد مرکبات (صفر فیزیولوژیکی) ۱۲ درجه سانتی گراد است. مرکبات

به طور ماهیانه نیاز به ۱۸۰ ساعت مجموعه حرارتی دارد البته در بعضی مناطق و در برخی از سال ها مرکبات با دما های صفر تا ۷- و گاهی ۱۰- درجه سانتی گراد مواجه هستند که به علت صدمات سرمازدگی، این پدیده، عامل محدود کننده در پرورش مرکبات محسوب می شود. به نظر می رسد دمای متوسط برای فعالیت های فتوسنتزی در مناطق مرطوب بین ۲۸ تا ۳۰ درجه سانتی گراد و در مناطق خشک بین ۱۵ تا ۲۲ درجه سانتی گراد می باشد. دمای مناسب برای جوانه زنی در حدود ۱۲ تا ۲۰ درجه سانتی گراد و بهترین دما برای گلدهی ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد می باشد. به علاوه دما در رشد ریشه و جذب آب و مواد غذایی نقش موثری دارد. دما های بین ۹ تا ۳۸ درجه سانتی گراد نقش موثری در جوانه زنی بذرهای مرکبات دارد. مفهوم فیزیولوژی سازگاری به سرما در مرکبات به عنوان یک اصل مهم در حد و اندازه سایر گیاهان مورد بررسی قرار گرفته است. درختان مرکبات مقاوم به یخ بندان نیستند و میوه های مرکبات در دمای ۲- الی ۳/۹- درجه سانتی گراد به مدت چند ساعت صدمه می بیند (تاجور، ۱۳۸۴).

بارندگی

از نظر بارندگی نیز، بهترین میوه مرکبات در مناطق نیمه خشک نواحی گرمسیری که بیشتر از ۴۰۰ میلی متر بارندگی داشته و یا تحت شرایط آبیاری است به دست می آید. البته باید توجه داشت که رطوبت بیش از حد عامل تکثیر قارچ ها و سایر بیماری های خاکزی در مرکبات بوده و لازمه جلوگیری از این عامل نامطلوب در باغات رعایت فاصله کاشت است که موجب تهویه هوای مرطوب گردد.

رطوبت نسبی

مقدار رطوبت نسبی برای مرکبات اهمیت زیادی دارد و شرایط مناسبی را برای رشد مرکبات فراهم می آورد. بهترین مقدار رطوبت نسبی برای مرکبات بین ۵۶ تا ۱۰۰ درصد می باشد. رطوبت نسبی پایین مشکلات فراوانی را برای تامین آب کافی درخت فراهم می کند و خسارات زیادی را به مرکبات وارد می سازد (راجا، ۱۹۹۹).

باد

باد نیز یکی از دشمنان طبیعی مرکبات محسوب می شود، بنابراین در نقاطی که در معرض وزش باد هستند بخصوص در دامنه ها نسبت به احداث باغ مرکبات اجتناب باید کرد مگر در چنین

شرایطی از باد شکن به فاصله ۳ متر از هم در قسمت های شرقی و غربی استفاده نمود. باد های سرد رشد مرکبات را متوقف می سازد. بادهای شدید موجب خسارت و آسیب های جدی به میوه ها می شود. بادهای سرد در گلدهی و تشکیل میوه اثر می گذارد و بادهای گرم موجب ریزش میوه های نارس می شود و بادهای گرم و مرطوب نیز مساعد بسیاری از بیماری های قارچی برای درختان مرکبات می باشد (بایلی، ۱۹۷۳).

خاک

مناسب ترین محل احداث باغ در زمین های شنی-رسی است که دارای قدرت نفوذپذیری آب باشد و داشتن اطلاعات از عمق ۱/۵ تا ۱/۸ متری از ضروریات می باشد. و به طور کلی زمین انتخابی می بایست از نفوذ پذیری متوسطی برخوردار باشد در غیر این صورت جمع شدن آب در پای درخت، درختان را مستعد گرفتن بیماری های قارچی و اختناق ریشه ای می گرداند. خاک های سبک (شنی-رسی) همراه با کود گیاهی مناسب ترین خاک جهت احداث باغ مرکبات می باشد. خاک در پرورش مرکبات از نظر فعالیت های ریشه ای و جذب مواد غذایی نقش مهمی را ایفا می کند و بهترین خاک برای مرکبات خاکی است که PH آن بین ۵ تا ۷ باشد.

پیشینه تحقیق

یکی از روش های کاربردی برای بهبود تولیدات کشاورزی، هم آهنگی با آب و هوای غالب در منطقه به منظور استفاده بهینه از آن است. این کار از طریق درک اقلیم کشاورزی غالب در منطقه امکان پذیر است. در ابتدا، این گونه مطالعات دارای جنبه صرف علمی بدون پرداختن به محصولی خاص بود. مثلاً در گزارش آگروکلیمایی غرب آفریقا - نیجر (سیواکومار، ۱۹۳۳) از اطلاعات روزانه عناصر هواشناسی و بر اساس دوره های متوسط ۱۰ روزه در طی سال های ۹۰-۱۹۶۱ استفاده شده است و الگوی بارش سالانه، ماهانه، ۱۰ روزه و طول دوره خشکی و تری مورد بررسی قرار گرفته است. بتدریج این تحقیقات از حالت صرف علمی خارج شده و مطالعه بر روی محصولات و گیاهان خاص آغاز گردید. چنان که Pyugook (۱۹۸۲) به مطالعه اثرات سایه روی فیزیولوژی درختان گردو در باغات گردوی کالیفرنیا پرداخت. اریکسون و همکاران (۱۹۶۱) به بررسی تأثیرات دما بر روی تغییر رنگ میوه مرکبات پرداختند و طی مقاله ای اعلام کردند که دما و تغییرات آن اثر قابل توجهی بر روی رنگ پوست میوه مرکبات دارد. ریچر (۱۹۷۳) به بررسی دماهای ماهانه و آمار مقادیر بارندگی

پرداخت و مشخص نمود که این موارد از مهم ترین عوامل تأثیرگذار بر مقدار تولیدات مرکبات می باشد. با توجه به سابقه اقلیم کشاورزی در ایران، می توان به فعالیت های سازمان هواشناسی کشور نظیر طرح تحقیقاتی (برآورد نیازها و محدودیت های کشاورزی ۱۵ محصول اصلی ایران) کار مشترک با مهندسین مشاور کوانتا، انستیتوی هواشناسی و آب شناسی رومانی (۱۳۵۶)، مطالعات هواشناسی و اقلیم شناسی بجنورد (۱۳۶۵) و بررسی تأثیر فاکتورهای اقلیمی بر افزایش ماده خشک اشاره کرد.

در سال های اخیر، انجام تحقیقات اقلیم کشاورزی بر روی محصولات کشاورزی در دانش گاه ها نیز مورد توجه دانش جویان قرار گرفته است. از جمله این مطالعات می توان به پایان نامه خوشحال (۱۳۶۸) با عنوان بررسی یخ بندان در ارتباط با محصولات کشاورزی اصفهان، تحقیق شهداد (۱۳۷۰) در ارتباط با اقلیم و کشاورزی در ارتباط با محدوده جغرافیایی جلگه ارومیه، کار مزیدی (۱۳۷۱) با عنوان اقلیم کشاورزی دشت یزد - اردکان اشاره کرد.

برادران راد و خلیلی (۱۳۷۸) با استفاده از GIS پهنه بندی اقلیمی منطقه آذربایجان را انجام دادند و در تحقیق خود از سیستم طبقه بندی سلیمانوف استفاده کردند.

بازگیر (۱۳۷۸) به منظور تعیین پتانسیل اقلیمی زراعت گندم دیم در استان کردستان از GIS بهره برده است و در نهایت استان کردستان را به پهنه بندی خیلی مناسب، مناسب، متوسط و ضعیف از لحاظ کشت گندم تقسیم بندی نموده است.

یزدان پناه (۱۳۸۰) ارزیابی توان کشاورزی استان آذربایجان شرقی را از دیدگاه کشت بادام دیم بررسی کرد که در این تحقیق مناطق مختلف استان براساس شرایط اقلیمی خود و سازش گیاه بادام با آن درجه بندی گردیده است. مهم ترین کار صورت گرفته در زمینه مکان یابی محصولات کشاورزی با استفاده از GIS و با توجه به عناصر اقلیمی، پایان نامه فلاحتی (۱۳۸۵) در ارتباط با مکان یابی اراضی مستعد باغات گردو در تهران با تأکید بر فاکتورهای اقلیمی با رویکرد GIS است. در این تحقیق از عناصر بارش، دمای میانگین، حداقل و حداکثر، نیاز سرمایی و پارامترهایی مانند کاربری اراضی استفاده شده و در نهایت نقشه های عناصر و پارامترهای مذکور در سیستم GIS با هم تلفیق شده و نقشه واحدی با عنوان اراضی مستعد کشت گردو بدست آمده است.

شایان ذکر است که در داخل کشور مطالعات بسیار زیادی در مورد پهنه بندی محصولات مختلف کشاورزی انجام شده است ولی می توان به جرأت گفت که تحقیق قابل توجهی درباره پهنه بندی مرکبات در استان لرستان تا کنون انجام نشده است.

مواد و روش ها

در انجام این پژوهش ما از یک دوره آماری پانزده ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۱) و از آمار سینوپتیکی ۶ ایستگاه استفاده نمودیم:

- ۱- ایستگاه خرم آباد با ارتفاع ۱۱۴۷/۸ متر، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی.
- ۲- ایستگاه بروجرد با ارتفاع ۱۶۲۹ متر، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی.
- ۳- ایستگاه الشتر با ارتفاع ۱۵۶۷/۲ متر، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی.
- ۴- ایستگاه نورآباد با ارتفاع ۱۸۵۹/۱ متر، طول جغرافیایی ۴۸ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳ دقیقه شمالی.
- ۵- ایستگاه الیگودرز با ارتفاع ۲۰۲۲ متر، طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی.
- ۶- ایستگاه پلدختر با ارتفاع ۷۱۳/۵ متر، طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۰۹ دقیقه شمالی.

در این تحقیق ابتدا بر اساس فاکتورهای مورد نظر، بخشی از لایه های اطلاعاتی که شامل لایه های مدل رقومی ارتفاعی و شیب بوده است، از سازمان نقشه برداری کشور تهیه شد که فرمت همه این لایه ها **shp** است و لایه های مربوط به پارامترهای اقلیمی با استفاده از داده های اقلیمی سازمان هواشناسی از مرکز خدمات ماشینی سازمان هواشناسی اخذ گردیده و چون می بایست از آمار و اطلاعات یکسانی برای همه ایستگاه ها استفاده نمود و همه ایستگاه ها دارای تاریخ تأسیس و ارقام و آمار یکسانی نبود، لذا دوره آماری را از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۵ قرار دادیم تا ارقام ایستگاه ها، همه داده های آماری لازم را داشته باشند و با استفاده از روش های مختلف درون یابی مانند **kriging** و **interpolation** بسته به روابط همبستگی میان داده ها و میزان خطای میان آن ها، به صورت رستری تولید شد.

در مرحله آماده سازی داده ها، قابلیت اجرای مدل تجزیه و تحلیل مربوط به کارکرد مورد نظر روی این لایه ها فراهم گردید. در این تحقیق، مدل مذکور عبارت است از مدل تلفیق داده ها برای

کاربرد مکان یابی. جهت انجام مکان یابی اراضی مستعد باغات مرکبات در GIS با استفاده از منطق همپوشانی شاخص، ابتدا مرحله جمع آوری و آماده سازی داده ها به شرح زیر انجام شد:

تهیه نقشه ها (نقشه های شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، نقشه هم بارش، هم دما، درجه روز، فاصله از رودخانه و خاک)، انتقال کلیه لایه های اطلاعاتی به سیستم تصویر UTM، تبدیل ساختار برداری (وکتوری) به ساختار رستری، استاندارد سازی لایه ها با استفاده از منطق همپوشانی شاخص، تعیین وزن لایه ها با استفاده از روش AHP و در نهایت تلفیق همه لایه ها بر اساس اوزان مشخص شده برای بدست آوردن نقشه نهایی مکان یابی.

با توجه به هدف اصلی این تحقیق که پهنه بندی اراضی مستعد مرکبات در استان لرستان می باشد، کلیه شرایط اقلیمی و فنولوژیکی مرکبات بر اساس منابع کشاورزی مکتوب و نظر کارشناسان تعیین شده و برای بررسی میزان سازگاری مرکبات نسبت به هر کدام از عوامل کلیدی و موثر، در سیستم GIS نقشه ای به طور جداگانه تهیه شده است. بنابراین با توجه به آستانه های سازگاری مرکبات از نظر ارتفاع و شیب مناسب، نیاز سرمایی، دمای مورد نیاز و قابل تحمل برای مرکبات، بارش مناسب تعیین و سپس نقشه های مناسب با این عناصر و عوامل با توجه به معیارهای تعیین شده، تولید و با استفاده از روش منطق هم پوشانی شاخص استاندارد شده و کلاس بندی نقشه ها انجام شد. در نهایت لایه های استاندارد شده مورد وزن دهی قرار گرفته و در فرمول AHP قرار داده شد و سپس عملیات Overlay جهت برآورد مکان های بهینه انجام پذیرفت و نقشه نهایی تولید گردید و در پایان سازگاری درختان مرکبات با شرایط اقلیمی استان لرستان مورد تحلیل قرار گرفت.

آب و هوای استان لرستان

شرایط اقلیمی هر منطقه به وسیله مجموعه ای از عوامل و عناصر تعیین می شود. برخی از این عوامل و عناصر بیرون از مرزهای جغرافیایی منطقه و برخی دیگر در درون آن قرار دارند. هر توده هوا دارای خصوصیات آب و هوایی ویژه ای هستند که وقتی وارد یک منطقه می شوند خصوصیات آب و هوایی خود را به آن منتقل می کنند. بر اساس توزیع بارش و فشار این سامانه های مؤثر در استان عبارتند از مرکز واچرخند سیبری، مرکز واچرخند آזור، مرکز چرخند مدیترانه، مرکز چرخند سودانی و واچرخند جنب حاره ای (STHP). عوامل محلی از جمله موقعیت جغرافیایی، وضعیت ناهمواری، شیب و... نیز در تعیین و کنترل، آب و هوای هر ناحیه نقش دارند. در استان لرستان اختلاف ارتفاع بسیار زیاد است به طوری که در

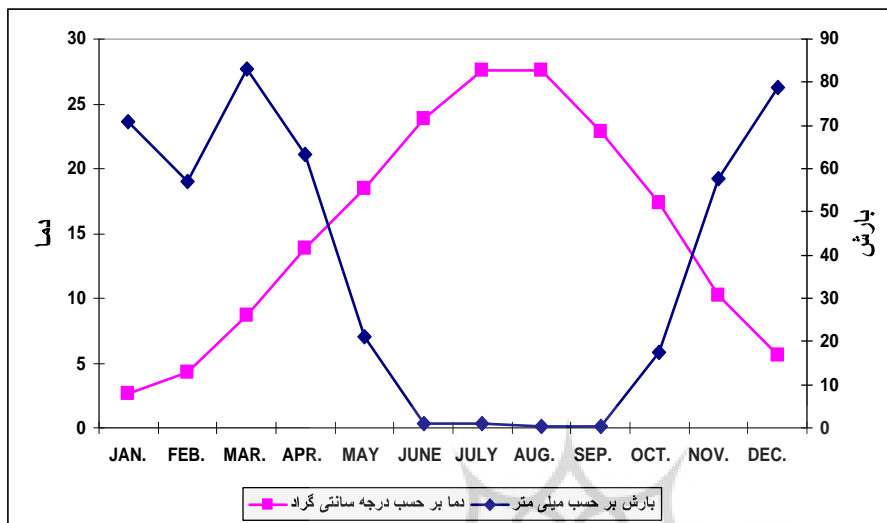
منطقه پلدختر ارتفاع به ۳۰۰ متر و در منطقه شمال شرق استان ارتفاع به بیش از ۴۰۰۰ متر می رسد. این ارتفاعات از طریق تغییر زاویه تابش و کاهش ضخامت و غلظت جو در مقدار انرژی اثر می گذارند، به طوری که در دامنه های رو به آفتاب، خورشید عمودتر می تابد و در نتیجه این دامنه ها، گرم تر از زمین های پست مجاور خود هستند و در بالای جو این کوهستان ها، جو نازک تر و رقیق تر است خروج انرژی آسان تر صورت می گیرد و نوسان دمای هوا بیش تر است. مناطق کوهستانی لرستان از حرکت توده هوا های مرطوب جلوگیری کرده، آنها را وادار به بارش بیشتر در دامنه های بادگیر خود می کند (امامی، ۱۳۷۶).

بر پایه داده های موجود متوسط سالانه دما در طی دوره آماری ۱۵ ساله، ۱۴/۵ درجه سانتی گراد می باشد و در سه ماهه تابستان، دما بالاتر از ۲۵ درجه گزارش شده است. در طول دوره، گرم ترین ماه های سال مرداد و شهریور بوده اند که متوسط دمای ماهانه آن ها بالاتر از ۳۰ درجه سانتی گراد می باشد و سردترین ماه سال، دی ماه با متوسط دمای ۰/۲- درجه سانتی گراد می باشد. حداقل دما در دی ماه با ۵/۹- و حداکثر دما در مرداد ماه با ۴۳/۶ درجه سانتی گراد مشاهده می شود.

بیشترین ساعات آفتابی ماهانه در ایستگاه الشتر در تیر ماه به میزان ۳۶۶/۷ ساعت و کمترین ساعات آفتابی متعلق به ایستگاه خرم آباد در تیر ماه و برابر با ۳۴۸/۵ ساعت می باشد. میانگین بارش سالانه استان ۴۵۰ تا ۵۰۰ میلی متر می باشد و حداکثر بارندگی در ایستگاه خرم آباد و حداقل آن در ایستگاه پلدختر می باشد. بالاترین میانگین بارش ماهانه مربوط به اسفند ماه با مقدار ۱۰۲ میلی متر و کمترین بارش در مرداد ماه برابر با صفر میلی متر گزارش شده است. در مجموع مطلوبترین ماه از نظر بارش اسفند و فروردین ماه و خشکترین ماه سال، مرداد ماه بوده است. استنتاج کلی رژیم بارندگی منطقه بدین گونه است که اساساً عمدهترین فصل بارندگی در مرحله اول زمستان است و بعد از آن بارش های بهار و پاییزی اهمیت دارند و تابستان فصل خشک بشمار می رود.

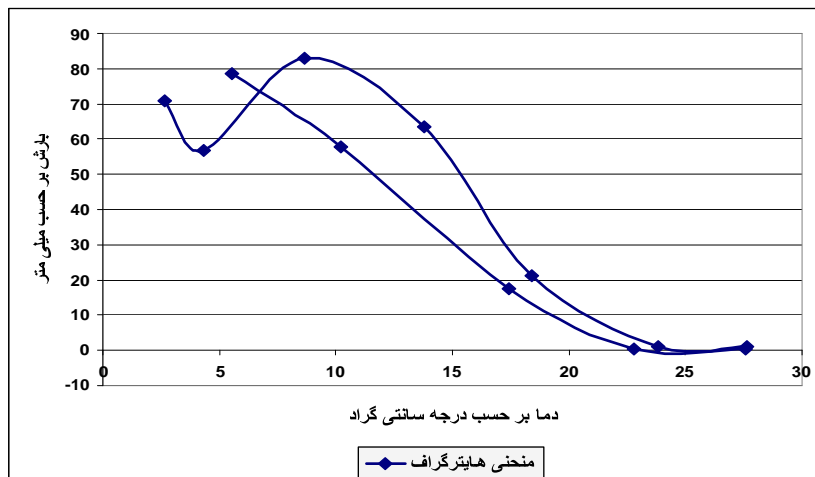
به طور کلی شروع یخبندان در ایستگاه های مورد استفاده از آبان ماه آغاز و تا خرداد ماه ادامه می یابد. بیشترین تعداد روزهای یخبندان در طی دوره آماری به ماه دی با تعداد ۲۸/۲ روز تعلق دارد. در مجموع در استان به طور متوسط ۷۰ روز یخبندان وجود دارد. بیشترین مقدار رطوبت نسبی در دی ماه به میزان ۷۳ درصد و کمترین در مرداد ماه و به میزان ۱۴ درصد ملاحظه می شود.

نمودار ۱، منحنی آمبروترمیک استان لرستان را نشان می دهد با توجه به این نمودار ملاحظه می شود که از اواسط اردیبهشت تا اوایل آبان، دما بر بارندگی فزونی دارد، لذا این دوره را می توان به عنوان یک دوره خشک بحساب آورد.



نمودار (۱): منحنی آمبروترمیک استان لرستان

نمودار ۲، هایتروگراف استان لرستان را نشان می دهد. در این نمودار کشیدگی در راستای طول، نشان دهنده تغییرات زیاد بارندگی در ماه های مختلف دوره آماری است. هر چند کشیدگی نسبی در جهت عرضی نیز مشاهده می شود، این وضعیت بیانگر تغییرات دما نیز می باشد. خشکسالی و افزایش دما در چند سال اخیر روند مذکور را تأیید می کند.

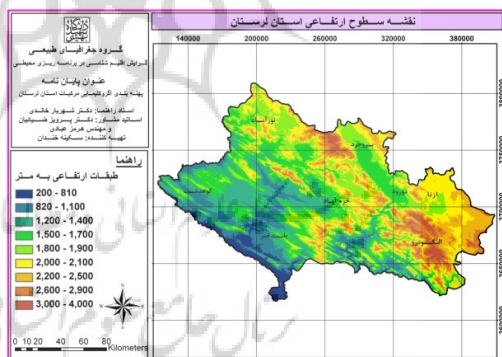


نمودار (۲): هایترگراف استان لرستان

تحلیل مکانی

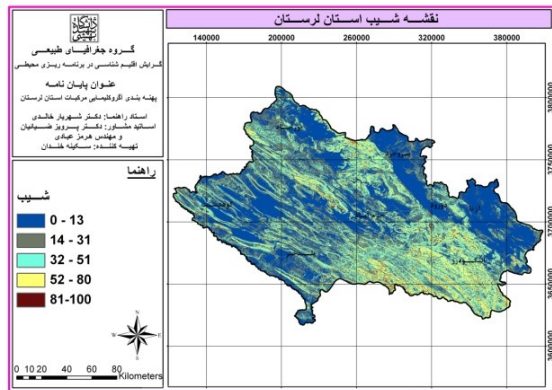
در این مرحله لایه های زیر بر اساس داده های اولیه تولید شدند.

۱- نقشه طبقات ارتفاعی: بر اساس این نقشه حداقل طبقه ارتفاعی موجود در حوضه مورد مطالعه ۲۰۰ متر و حداکثر طبقه ارتفاعی ۴۰۰۰ متر بوده است. در این نقشه ارتفاعات موجود به ۹ طبقه تقسیم شده‌اند. روند افزایش ارتفاع به گونه‌ای است که هر چه از جنوب به طرف شمال حرکت کنیم بر میزان ارتفاع افزوده می‌شود.



شکل ۱: نقشه طبقات ارتفاعی استان لرستان

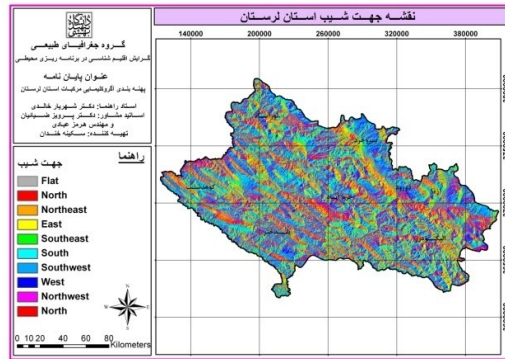
۲- نقشه شیب: این لایه با توجه به اهمیتی که در کشت مرکبات دارد در انجام فرآیند امکان-سنجی مورد استفاده قرار گرفته است در این نقشه که بر اساس لایه منحنی میزان و طبقات ارتفاعی بدست آمده است، شیب عمومی استان ارائه شده است. شیب کلی محدوده مورد مطالعه، در قالب ۵ طبقه به نمایش درآمده است.



شکل ۲: نقشه شیب استان لرستان

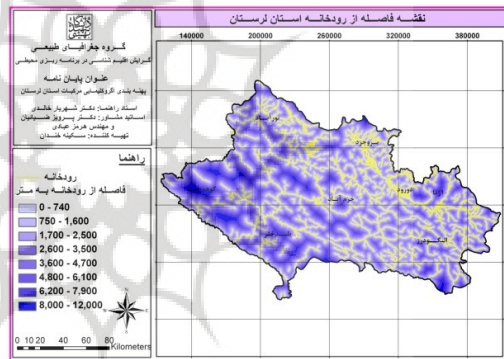
۳- نقشه جهت شیب: این لایه با استفاده از لایه‌های منحنی میزان، شیب و طبقات ارتفاعی تهیه شده و در آن جهات جغرافیایی مدنظر قرار گرفته است. و در آن زمین‌های هموار و مسطح که فاقد شیب خاصی هستند نیز به نمایش درآمده است و به همان دلیل کم شیب بودن درصد زیادی را به خود اختصاص داده است.

با توجه به این که در عرض‌های میانی نیمکره شمالی، دامنه‌های جنوب‌شرقی تا جنوب‌غربی، گرمترین دامنه‌ها و بهترین جهات از نظر دریافت بیشتر انرژی خورشیدی است، به همین جهت نیز دارای شرایط مطلوب تری می‌باشند. در نقشه زیر شیب عمومی منطقه به ۱۰ طبقه تقسیم شده است.



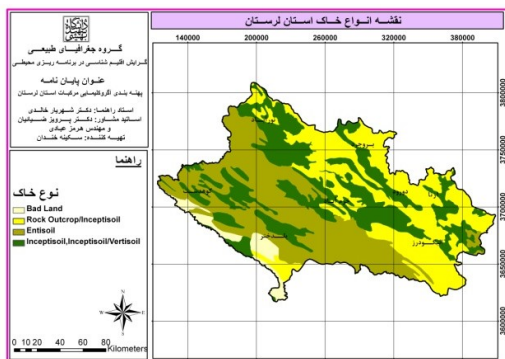
شکل ۳: نقشه جهت شیب استان لرستان

۴- نقشه فاصله از شبکه هیدرو گرافی: با توجه به این که مرکبات در تمامی مراحل رشد و نمو علاوه بر بهره‌گیری از بارش‌های جوی نیاز مبرم به آبیاری دارند و متعاقباً در راستای آن باید در مکان‌هایی کشت شوند که اولاً دسترسی به آب‌های سطحی ممکن باشد و ثانیاً سطح آب‌های زیرزمینی به اندازه کافی بالا باشد (امانی، ۱۳۸۷). در نقشه زیر فاصله از رودخانه‌های اصلی استان نشان داده شده است و در آن میزان فاصله به ۸ طبقه کلاس‌بندی شده است.



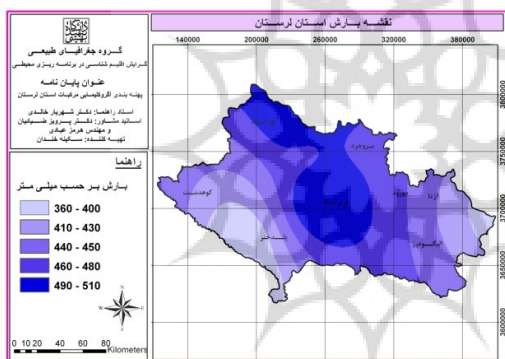
شکل ۴: نقشه فاصله از شبکه هیدرو گرافی استان لرستان

۵- نوع خاک: خاک یکی از عناصر مهم در تعیین مقدار و کیفیت درخت مرکبات است و حتی برخی از بیماری‌های درخت مرکبات به نوع خاک بستگی دارد. در نقشه شماره ۵ نوع خاک استان لرستان در ۴ رده کلی تقسیم بندی شده است.



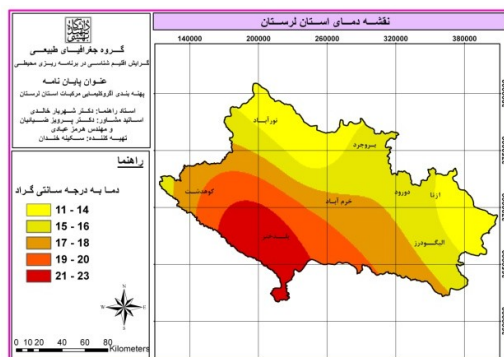
شکل ۵: نقشه انواع خاک استان لرستان

۶- نقشه هم بارش: بر اساس درون‌یابی سطوح هم بارش استان لرستان که در نقشه زیر نشان داده شده است، در ۵ طبقه اولیه تقسیم‌بندی شده است. میزان بارش با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از منطقه مورد مطالعه، در دامنه غربی زاگرس و همچنین در مسیر سیکلون های وارده به ایران قرار گرفته است، شرایط مطلوبی را جهت کشت مرکبات فراهم می‌آورد. طیف بارشی استان بین ۳۶۰ تا ۶۰۰ میلی متر می‌باشد.



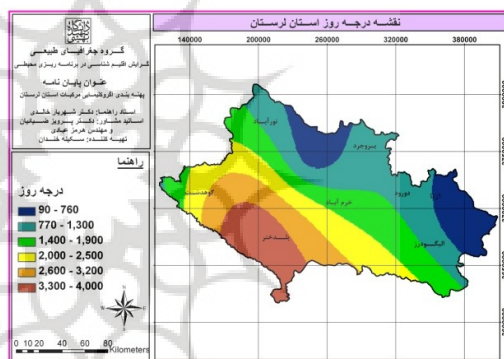
شکل ۶: نقشه هم بارش استان لرستان

۷- نقشه هم دما: در این نقشه سطوح دمای این استان در ۵ طبقه اولیه تقسیم‌بندی شده است. با انجام محاسبات فرآیند تکنیک درون‌یابی و استفاده از آمار دمایی ایستگاه های (خرم‌آباد، الیگودرز، الشتر، بروجرد، نورآباد، پلدختر) این استنتاج بدست آمد که دامنه دمایی استان بین ۱۱ تا ۲۳ درجه می‌باشد. و در این میان دماهای ۱۲ تا ۱۸ درجه بیش ترین پراکنش را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۷: نقشه هم دمای استان لرستان

۸- نقشه درجه روز: این پارامتر با توجه به ویژگی هایی که دارد متأثر از پارامتر دما می باشد. بدین صورت که با افزایش میزان دما بر میزان آن نیز افزوده می شود و با کاهش دما از میزان آن نیز کاسته می شود. در نقشه شماره ۸، درجه روز استان لرستان در ۶ طبقه تقسیم بندی شده است.



شکل ۸: نقشه درجه روز استان لرستان

وزن دهی درون لایه ها با استفاده از منطق هم پوشانی شاخص

در این روش ابتدا بر اساس نظر کارشناسان و مبانی تئوری مطالعه شده درباره درخت مرکبات، به تعیین مطلوبیت ارزشی درون لایه ها می پردازیم و سپس با استفاده از نرم افزار Arc GIS 9,2،

لایه هایمان را Reclass می نماییم. چگونگی آماده نمودن لایه ها و وزن دادن نقشه های مورد نیاز بر اساس منطق هم پوشانی شاخص در زیر آمده است:

– لایه دما

محدوده های دمای میانگین سالانه که در سه کلاس در جدول نشان داده شده، عبارتند از:

کلاس ۱: دماهای بیش از ۱۶ درجه سانتی گراد که دارای بیش ترین ارزش می باشند.

کلاس ۲: دماهای ۱۴ تا ۱۶ درجه سانتی گراد که دارای ارزش متوسط هستند.

کلاس ۳: بیانگر دماهای پایین تر از ۱۴ درجه سانتی گراد که دارای حداقل ارزش هستند.

جدول ۱: مشخصات وزن های مختلف دمای استان لرستان

دما به سانتی گراد	ارزش وزنی	توصیف قابلیت	درصد مساحت	میزان مساحت (هکتار)
بیشتر از ۱۶	۱	عالی	۳۰/۸	۸۷۳۵۹۹/۵۳
۱۴-۱۶	۲	متوسط	۲۶/۳	۷۴۳۲۷۸/۰۱۵
پایین تر از ۱۴	۳	ضعیف	۴۲/۹	۱۲۱۲۷۵۰/۹۲

– لایه بارش

این پارامتر به همراه دما به عنوان دو عامل اقلیمی مهم و تأثیرگذار در فرایند کشت محصولات زراعی و باغی از جمله مرکبات مورد توجه قرار دارند البته شایان ذکر است که دیگر عوامل اقلیمی بی اهمیت نبوده و به ترتیب تأثیری که دارند دارای اهمیت هستند.

به طور کلی با این هدف که میزان بالای ریزش باران، دارای اهمیت بیش تر و متعاقباً وزن بیش تر می باشد، کلاس ۱ با بارندگی بیش از ۴۵۰ میلی متر، دارای بیش ترین وزن، کلاس ۲ با بارش بین ۴۰۰ تا ۴۵۰ میلی متر، دارای ارزش متوسط و کلاس ۳ با کمتر از ۴۰۰ میلی متر بارش، کم ترین وزن در تحلیل را دارا می باشد.

جدول ۲: مشخصات وزن های مختلف بارش استان لرستان

بارش به میلی متر	ارزش وزنی	توصیف قابلیت	درصد مساحت	میزان مساحت (هکتار)
بیشتر از ۴۵۰ میلی متر	۱	عالی	۵۳/۶	۱۵۱۶۸۶۰/۰۲۷
۴۵۰-۴۰۰	۲	متوسط	۲۷/۳	۷۶۸۲۴۷/۷۲۷
کمتر از ۴۰۰ میلی متر	۳	ضعیف	۱۹/۱	۵۴۴۵۲۲/۶۲۸

– لایه درجه روز

طبق آمار و همچنین مطالعات و نظرات کارشناسان از آن جا که بهترین درجه روز برای کشت مرکبات به طور تقریبی بین ۲۵۰۰ تا ۴۰۰۰ درجه می باشد پس کلاس ۱ با این میزان درجه روز دارای ارزش عالی است و درجه روز بین ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ دارای ارزش متوسط و در کلاس ۲ و درجه روز کمتر از ۱۵۰۰ دارای ارزش ضعیف می باشد و در کلاس ۳ جای می گیرد.

جدول ۳: مشخصات وزن های مختلف درجه روز

درجه روز	ارزش وزنی	توصیف قابلیت	درصد مساحت	میزان مساحت (هکتار)
بیشتر از ۲۵۰۰	۱	عالی	۱۹/۱	۵۴۴۵۲۲/۶۲۸
۲۵۰۰-۱۵۰۰	۲	متوسط	۲۸/۲	۷۶۸۲۴۹/۱۳۳
کمتر از ۱۵۰۰	۳	ضعیف	۵۲/۷	۱۵۱۶۸۵۹/۰۲

– لایه ارتفاع

استان لرستان از یک طرف به دلیل واقع شدن در مرکز زاگرس چین خورده و از طرف دیگر به دلیل ورود به جلگه خوزستان و مسطح بودن بیش تر بخش های منطقه، از نظر توپوگرافی دارای تفاوت زیادی می باشد.

بر همین اساس ارتفاعات کمتر از ۱۵۰۰ متر که محدوده دشت ها و پاپکوه ها را شامل می شود و دارای ۴۰/۶ درصد از کل منطقه است، بهترین محدوده های با قابلیت توسعه و کشت محصولات کشاورزی محسوب می شوند. در این میان مرتفع ترین مناطق منطقه، که بالاتر از ۲۲۰۰ متر می باشد جمعاً ۱۸ درصد از کل درصد مساحت را در بر گرفته که از لحاظ ارتفاع برای کشاورزی جزء مناطق ضعیف استان می باشند. بیش ترین محدوده استان (از شرق به غرب) در ارتفاع ۱۵۰۰ تا ۲۲۰۰ با ۴۱/۴ درصد قرار گرفته است و از ارزش متوسطی برخوردار می باشد.

جدول ۴: مشخصات مختلف وزن های طبقات ارتفاعی استان لرستان

ارتفاع (متر)	ارزش وزنی	توصیف قابلیت	درصد مساحت	میزان مساحت (هکتار)
کمتر از ۱۵۰۰	عالی	۱	۴۰/۶	۱۱۴۶۹۵۸/۷۵
۱۵۰۰-۲۲۰۰	متوسط	۲	۴۱/۴	۱۱۸۱۰۰۵/۲۸
بیشتر از ۲۲۰۰	ضعیف	۳	۱۸	۴۸۹۸۱۲/۸۱۸

— لایه شیب

بر اساس نظرات کارشناسان، بهترین شیب برای کاشت مرکبات به طور تقریبی شیب کم تر از ۳۰ درصد است. بنابراین کلاس ۱ با ارزش عالی، محدوده های دارای شیب کم تر از ۳۰ درصد را در بر گرفته است. در کلاس ۲ شیب های بین ۳۰ تا ۵۰ درصد و با ارزش متوسط قرار دارد و در کلاس ۳، شیب های بالاتر از ۵۰ درصد و با ارزش ضعیف جای می گیرند.

جدول ۵: مشخصات وزن های مختلف شیب استان لرستان

شیب به درصد	ارزش وزنی	توصیف قابلیت	درصد مساحت	میزان مساحت (هکتار)
۰-۳۰	۱	عالی	۵۰/۵۸	۱۵۱۶۸۵۶/۱۸
۳۰-۵۰	۲	متوسط	۳۰/۰۲	۷۶۸۲۵۲/۲۱
بیشتر از ۵۰	۳	ضعیف	۱۹/۴	۵۴۴۵۶۹/۵۲۳

– لایه جهت شیب

با توجه به عرض جغرافیایی مکان کشت، شرایط پهنه طبیعی کشت مرکبات و وضعیت محیطی در مقیاس محلی باعث گردید طبقه بندی جهت شیب استان لرستان در ۳ کلاس انجام گیرد. کلاس ۱ که دارای بهترین شرایط بوده شامل زمین های مسطح و فاقد شیب، زمین های با جهات جنوب، جنوب-غربی و جنوب شرقی بوده و بیشترین امتیاز را در تحلیل خواهند داشت، زمین های دارای شیب های شرقی و غربی در کلاس ۲ و در نهایت شیب های شمال، شمال غربی، شمال شرقی در کلاس ۳ قرار می گیرد.

جدول ۶: مشخصات وزن های مختلف جهت شیب استان لرستان

جهت شیب	ارزش وزنی	توصیف قابلیت	درصد مساحت	میزان مساحت (هکتار)
جنوب، جنوب غربی، جنوب شرقی، مسطح	۱	عالی	۶۹/۲۰	۱۹۴۷۵۶۱/۷۱۲
شرق و غرب	۲	متوسط	۹/۲	۲۵۹۵۱۰/۷۵۴
شمال، شمال غربی، شمال شرقی	۳	ضعیف	۲۱/۶	۶۰۸۹۵۴/۸۲۷

– لایه نوع خاک

خاک نقش مهمی در کیفیت مرکبات ایفای کند و خاک مناسب هم کیفیت و هم کمیت مرکبات را افزایش می دهد. در جدول شماره ۷ مشخصات وزن انواع خاک استان را نسبت به کشت مرکبات نشان می دهیم. بر این اساس خاک های رده Inceptisol و Inceptisol/Vertisol در کلاس ۱ و دارای ارزش عالی است، خاک های رده Entisol در کلاس ۲ و ارزش متوسط قرار دارد و در نهایت خاک های رده Rock Outcrops/Inceptisol و Bad Land در کلاس ۳ و دارای ارزشی ضعیف می باشد.

جدول ۷: مشخصات وزن های مختلف انواع خاک استان لرستان

نوع خاک	ارزش وزنی	توصیف قابلیت	درصد مساحت	میزان مساحت
Inceptisol/Vertisol Inceptisol	۱	عالی	۱۵/۳۴	۴۱۹۸۱۶/۱۴
Entisol	۲	متوسط	۷۸/۱۴	۱۹۴۳۶۷۰/۹۹۴
Rock Outcrops Bad Land	۳	ضعیف	۶/۵۲	۲۴۷۵۷۹/۰۱۴

– لایه فاصله از رودخانه

با توجه به این که بیش تر محصولات کشاورزی از جمله مرکبات نیاز به آبیاری در بیشتر مواقع سال دارند، نزدیکی مکان کشت این محصولات به آب های سطحی از جمله رودخانه ها که در استان مورد مطالعه بخش اعظم آن ها دائمی می باشند می تواند کمک شایانی هم در افزایش بازدهی و هم در کاهش هزینه های آبیاری کند. در این راستا در جدول شماره ۸ حریم رودخانه های اصلی استان نسبت به کشت مرکبات کلاس بندی شده است. بر این اساس پایه فواصل صفر تا ۲۰۰۰ متر دارای بیش ترین وزن و در کلاس ۱ جای دارند، فواصل ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ متر نیز در کلاس ۲ با ارزش متوسط و فواصل ۵۰۰۰ متر و بیشتر نیز با کم ترین ارزش، در کلاس ۳ قرار دارند.

جدول ۸: مشخصات وزن های مختلف فاصله از رودخانه های استان لرستان

فاصله از رودخانه (متر)	ارزش وزنی	توصیف قابلیت	درصد مساحت	میزان مساحت (هکتار)
۲۰۰۰-۰	۱	عالی	۶۷/۹	۱۹۲۳۵۳۰/۴۹۴
۵۰۰۰-۲۰۰۰	۲	متوسط	۲۳/۳	۶۶۰۱۴۳/۷۲۷
بیشتر از ۵۰۰۰	۳	ضعیف	۸/۸	۲۴۵۵۸۰/۵۲۶

استاندارد سازی لایه ها با استفاده از منطق فازی

برای آماده و استانداردسازی لایه ها بر اساس منطق فازی از نرم افزار Arc GIS استفاده شده است و برای مدل سازی، Extension مربوط به Spatial analyst بکار گرفته شده است. جهت انتخاب سناریوی مناسب برای مکان یابی از شاخص های مختلفی مانند شیب کم تر در کلاس با ارزش تر یا بارندگی بیشتر در کلاس با ارزش تر استفاده می شود که این امر به معیارهای بکار گرفته شده در مکان یابی درختان مرکبات بستگی دارد. برای تبدیل ارزش های هر کلاس به امتیاز، باید ارزش ها با یکی از روش های استاندارد کردن به امتیاز استاندارد شده تبدیل شوند که این روش ها به صورت زیر است:

الف) روش **Goal standardization** برای کلاس مطلوبیت بالا

این روش استاندارد کردن برای کلاس مطلوبیت بالا استفاده می شود. در این روش ارزش ها به صورت **Max Goal** و **Min Goal** استاندارد می شود. بدین معنی که هرچه ارزش بالاتر باشد، امتیاز داده شده به ۱ بیش تر نزدیک می شود. مثلاً ارزش های کلاس بارندگی بالاتر به عدد یک نزدیک و بارندگی کم تر به عدد صفر نزدیک می شوند. برای استاندارد کردن لایه ها به این روش، از رابطه زیر استفاده می گردد که **Xi** لایه مورد مطالعه، **Xmin** حداقل ارزش موجود در لایه و **Xmax** حداکثر ارزش در لایه است.

به این فرمول، فرمول صعودی نیز گفته می شود.

ب) روش **Maximum standardization** برای کلاس مطلوبیت پایین

در این روش کلاس های با ارزش پایین تر، امتیاز بالاتری می گیرند. مثلاً در مورد لایه شیب، هر چه شیب کم تر باشد، ارزش آن در لایه استاندارد شده بالاتر و به یک نزدیک تر است. برای استاندارد کردن لایه ها به این روش از رابطه زیر استفاده می گردد:

به این فرمول، فرمول نزولی نیز گفته می شود. البته برای لایه های مورد استفاده در این مطالعه، در اکثر موارد از تلفیقی از این دو روش استفاده می گردد. چگونگی آماده نمودن لایه ها و استاندارد کردن نقشه های مورد نیاز بر اساس منطق فازی در زیر آمده است:

– لایه دما

گیاهان در بالا و پایین یک گستره دمایی از بین می روند. پاره ای از فرایندهای گیاهی مانند تنفس، فتوسنتز، رسیدن میوه و بلوغ تحت تأثیر مستقیم دما قرار دارند. غیر از این ها، رکود و به میوه نشینی گل ها نیز با دما رابطه بسیار نزدیک دارد. هر گیاهی در یک دامنه دمایی ویژه ای بهترین رشد را دارد و این دامنه دمایی می تواند مبنای مناسبی برای تقسیم بندی درختان میوه باشد. دامنه دمایی بهینه برای درخت مرکبات بین ۱۸ تا ۲۴ درجه سانتی گراد است و لذا مناطقی که دارای چنین دامنه دمایی باشند، مناسب ترین مکان ها برای کاشت درختان مرکبات هستند. بنابراین ابتدا لایه دمایی استان لرستان با روش **Exponential** از زیر مجموعه روش کریجینگ، درون یابی و تهیه شد. دامنه دمایی استان لرستان بین ۱۱ تا ۲۳ درجه است. با توجه به دامنه دمایی مناسب برای کاشت مرکبات، این لایه

به دو طبقه تقسیم شد. دماهای ۱۱ تا ۱۸ درجه به روش صعودی یا Goal standardization استاندارد شدند و سپس دماهای بالای ۱۸ درجه مساوی ۱ قرار داده شد. با توجه به توضیحات بالا، فرمولی که در نرم افزار Arc GIS برای استاندارد سازی لایه دما انجام شد به شرح زیر است:

$$\text{Con}[(x) \leq 18, [(x) - 11] / 7, (x) > 18, 1]$$

– لایه بارش

در استاندارد کردن لایه بارش، ارزش مناطقی را که بارندگی بین ۳۵۰ تا ۴۵۰ میلی متر دارند با فرمول صعودی یا Goal standardization استاندارد کردیم و مناطقی که بالای ۴۵۰ میلیمتر بارندگی دارند را ارزشی مساوی ۱ قرار دادیم. فرمول زیر چگونگی استاندارد کردن لایه بارش را بر اساس منطق فازی نشان می دهد:

$$\text{Con}[(x) < 450, [(x) - 358] / 92.0, (x) \geq 450, 1]$$

– لایه درجه روز

برای استاندارد کردن این لایه، ابتدا ارزش مناطقی را که زیر ۲۰۰ درجه روز بودند مساوی صفر قرار داده شد. برای استاندارد کردن ارزش مناطقی که بین ۲۰۰ تا ۲۵۰۰ بود از فرمول صعودی استفاده نمودیم و ارزش مناطقی که بالای ۲۵۰۰ درجه روز بودند مساوی یک قرار دادیم. بنابراین با توجه به معیارهای در نظر گرفته شده، استاندارد سازی این لایه با فرمول زیر صورت گرفت:

$$\text{Con}[(x) \leq 200, 0, (x) > 200 \& (x) \leq 2500, [(x) - 200] / 2300, (x) > 2500, 1]$$

– لایه طبقات ارتفاعی

ارتفاع از سطح دریا در مکان یابی باغات مرکبات فاکتور مهمی می باشد؛ زیرا بسیاری از عوامل دیگر نظیر دما، بارش، شدت نور و ... را تحت تأثیر خود قرار می دهد. همچنین هر درخت میوه، بهترین رشد و میوه دهی را در محدوده ارتفاعی معینی دارد و هر چه محل کاشت گونه، خارج از محدوده ارتفاعی مناسب باشد، مسلماً اثرات سوء این مکان یابی نامناسب در رشد و میوه دهی

آشکار خواهد شد. بنابراین انتخاب موقعیت و محل برای پرورش موفقیت آمیز مرکبات اهمیت زیادی دارد. بنابراین اولین قدم در مکان یابی اولیه برای یافتن مناطق مستعد کشت مرکبات، دخیل کردن عامل ارتفاع است. ارتفاع مناسب برای این گونه، ارتفاع کم تر از ۱۵۰۰ متر می باشد. برای استاندارد سازی این لایه با استفاده از منطق فازی، ارتفاعات کم تر از ۱۵۰۰ متر مساوی با یک و دارای بیشترین ارزش شدند. ارتفاعات ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ با فرمول نزولی یا Maximum standardization استاندارد شد و ارتفاعات بیش از ۲۰۰۰ متر به دلیل اینکه فاقد ارزش مکان یابی برای مرکبات می باشند، مساوی صفر قرار داده شد. بنابراین فرمول به کار رفته در نرم افزار GIS 9.2 برای فازی کردن لایه ارتفاعی به شرح زیر می باشد:

$$\text{Con}[(x) \leq 1500, 1, (x) \cdot 1500 \& (x) \leq 2000, [2000 - (x)] / 500, (x) > 2000, 0]$$

به این ترتیب دامنه ارزش های لایه رقمی ارتفاعی با توجه به معیارهای در نظر گرفته شده برای انتخاب مکان های بهینه با هدف کاشت انجیر، بین اعداد صفر و یک قرار گرفت.

– لایه شیب

درختان میوه بر روی شیب های مختلفی کاشته می شوند، اما به دلیل امکان مدیریت های زراعی و اثرات مقدار شیب بر روی آن، مقدار تولید محصول، متفاوت خواهد بود. مناسب ترین شیب برای کاشت درختان مرکبات، شیب کم تر از ۳۰ درصد می باشد. بنابراین در این تحقیق نیز شیب کمتر از ۳۰ درصد به عنوان شیب بهینه برای کاشت مرکبات در نظر گرفته شده است و هرچه شیب به طرف بالا افزایش پیدا کند از ارزش آن کاسته می شود. بنابراین ابتدا شیب های کم تر از ۳۰ درصد را مساوی یک و با بیشترین ارزش قرار دادیم و بعد شیب های بیش تر از ۳۰ را با فرمول نزولی یا Maximum standardization استاندارد نمودیم. شیب های بیش تر از ۸۰ نیز مساوی صفر در نظر گرفته شدند.

فرمول زیر چگونگی استاندارد کردن این لایه را به ما نشان می دهد:

$$\text{Con}[(x) \leq 30, 1, (x) > 30 \& (x) \leq 80, [80 - (x)] / 50, (x) > 80, 0]$$

– لایه جهت شیب

جهت شیب نیز یک عامل بسیار مهم در تعیین مکان های مناسب کشت مرکبات بحساب می آید. به طوری که شیب های جنوبی، جنوب غربی و جنوب شرقی و همچنین مسطح با بیشترین ارزش یعنی مساوی با یک استاندارد شدند و شیب های شرقی و غربی با استفاده از فرمول نزولی و شیب های شمالی، شمال غربی و شمال شرقی کمترین ارزش یعنی مساوی صفر را به خود اختصاص دادند. فرمول نهایی که با استفاده از آن، لایه جهت شیب استاندارد شد به شرح زیر می باشد:

$$\text{Con}[(x) < 0, 1, (x) \geq 112.5 \& (x) < 247.5, 1, (x) \geq 67.5 \& (x) < 112.5, [112.5 - (x)] / 45, (x) \geq 247.5 \& (x) < 292.5, [292.5 - (x)] / 45, (x) \geq 0 \& (x) < 67.5, 0, (x) \geq 292.5, 0]$$

– لایه نوع خاک

با توجه به این که نوع خاک یک فیلد توصیفی و اسمی است، لذا برای تبدیل آن به ارزش های عددی و استاندارد کردن این لایه، ابتدا باید به هر کدام از انواع خاک ها به ترتیب اهمیت آن برای درخت مرکبات، ارزشی از صفر تا ده را در نظر گرفت. خاک های مناسب برای رشد مرکبات با توجه به لایه نوع خاک در نظر گرفته شده و ارزش آن ها برای درخت مرکبات در جدول شماره ۹ آورده شده است:

جدول ۹: انواع خاک های استان لرستان و ارزش های در نظر گرفته شده برای هر کدام

ارزش	نوع خاک
۱۰	Inceptisol
۱۰	Inceptisol/Vertis oil
۶	Entisol
۲	Rock Outcrops
۰	Bad Lands

سپس این لایه با توجه به فیلد ارزشی آن، به رستر تبدیل و با توجه به امتیازات داده شده به خاک ها از ۰ تا ۱۰ استاندارد می شوند و ارزش تمام لایه ها از ۰ تا ۱۰ با فرمول صعودی استاندارد شدند.

فرمول زیر مرحله استاندارد کردن لایه را توضیح می دهد:

$$[(x)-\min]/\max-\min]$$

– لایه فاصله از رودخانه

در باره مرکبات باید گفت که فاصله از رودخانه از آن جهت که مرکبات بیش تر از طریق آبیاری، نیاز خود را تأمین می نماید، حائز اهمیت بالایی می شود و هر چه مکان کاشت ما به شبکه هیدروگرافی نزدیک تر باشد، موفقیت ما نیز برای محصول باکیفیت بیش تر خواهد بود. لذا ما برای استاندارد کردن این لایه مکان هایی را که دارای فاصله کم تر از ۲۰۰۰ متر بودند مساوی یک و دارای بیش ترین ارزش قرار دادیم و مکان های دارای فاصله ما بین ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ را با فرمول نزولی یا Maximum standardization استاندارد نمودیم و مکان هایی که با فاصله ای بیش از ۴۰۰۰ متر از رودخانه قرار دارند را دارای کم ترین ارزش یعنی صفر قرار دادیم.

فرمول استاندارد کردن این لایه در زیر آورده شده است:

$$\text{Con}[(x)] \leq 2000, 1, (x) > 2000 \& (x) < 4000, (4000 - (x)) / 2000, (x). 4000, 0]$$

وزن دهی نهایی لایه ها با استفاده از روش AHP

در این مرحله، به تخصیص وزن هر لایه اطلاعاتی با روش AHP پرداخته شده است. به منظور وزن دهی به این روش ابتدا مسأله تصمیم گیری، که همان یافتن نواحی مستعد کاشت مرکبات می باشد، به سلسله مراتبی که شامل مهمترین عناصر تصمیم گیری است تجزیه شده است. در سطح اول، هدف اصلی، در سطح دوم، پارامترهای اصلی تأثیرگذار در کاشت مرکبات، در سطح سوم، زیر شاخه های هر کدام از پارامترهای سطح دوم و در نهایت در سطح چهارم، خصوصیات هر لایه اطلاعاتی دسته بندی شده اند.

پس از ایجاد سلسله مراتب به مقایسه مؤلفه های هر سطح در قالب یک ماتریس پرداخته شده است، که این کار از سطوح بالا به سمت سطوح پایین می باشد.

جدول ۱۰: وزن دهی لایه ها و مقایسه آن ها با یکدیگر به روش AHP

جهت شیب	نوع خاک	شیب	بارش	درجه روز	ارتفاع	فاصله از رودخانه	دما	نام لایه
۷	۶	۵	۴	۳	۳	۲	۱	دما
۶	۵	۴	۳	۲	۲	۱	۰/۵	فاصله از رودخانه
۵	۴	۳	۲	۱	۱	۰/۵	۰/۳۳	ارتفاع
۵	۴	۳	۲	۱	۱	۰/۵	۰/۳۳	درجه روز
۴	۳	۲	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۳۳	۰/۲۵	بارش
۳	۲	۱	۰/۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲	شیب
۲	۱	۰/۵	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲	۰/۱۶	نوع خاک
۱	۰/۵	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲	۰/۲	۰/۱۶	۰/۱۴	جهت شیب

و سپس وزن لایه ها به شرح زیر توسط فرمول AHP محاسبه شد:

جدول ۱۱: وزن نهایی لایه ها

نام لایه	ارزش وزنی
دما	۰/۳۱۴
بارش	۰/۰۸۵
درجه روز	۰/۱۳۵
ارتفاع	۰/۱۳۴
شیب	۰/۰۵۶
جهت شیب	۰/۰۲۶
نوع خاک	۰/۰۴
فاصله از رودخانه	۰/۲۱۱

محاسبه نهایی

تجزیه و تحلیل داده ها و جمع بندی منابع در اصل شامل تقسیم عوامل مکانی و اقلیمی به پارامترهای قابل فهم و سپس ترکیب آن ها به نحوی که ارزیاب بتواند به توان و یا محدودیت منابع سرزمین برای کاربری مورد نظر پی ببرد. بدین ترتیب پس از وزندهی لایه های مؤثر در مکان یابی کشت مرکبات، نقشه های مکان های مناسب کشت با استفاده از ابزار raster calculator و فرمولی که در زیر ارائه می شود، تهیه شده است:

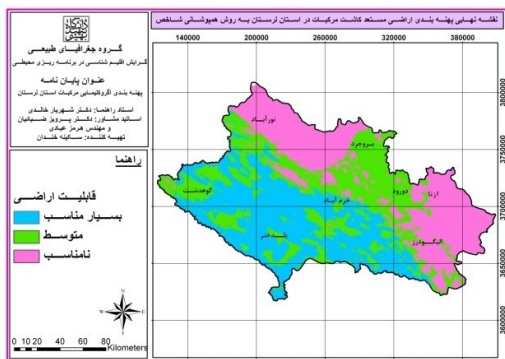
$$+ (0/314 \times \text{دما}) + (\text{فاصله از رودخانه} \times 0/211) + (\text{ارتفاع} \times 0/134) + (\text{درجه روز} \times 0/134) + (0/085 \times \text{بارش}) + (\text{شیب} \times 0/056) + (\text{نوع خاک} \times 0/04) + (\text{جهت شیب} \times 0/026)$$

سپس دو نقشه نهایی، یکی به روش همپوشانی شاخص و دیگری به روش فازی به دست آمد و هر دو نقشه به سه طبقه تقسیم شده اند که در نقشه هم پوشانی شاخص طبقه ۱ با مساحت ۹۸۱۵۲۳/۵۶ هکتار (۳۴/۸ درصد) به نسبت دو کلاس دیگر دارای مناسب ترین مناطق جهت کشت مرکبات می باشد.

پس از آن طبقه ۲ با مساحت ۹۶۸۹۲۱/۱۴ هکتار (۳۳/۷ درصد) از ارزش متوسطی برخوردار می باشد. سومین طبقه نیز به عنوان نامناسب ترین مناطق تشخیص داده شده است و جهت کشت، دارای مساحتی برابر با ۹۲۲۱۷۵/۲۲ هکتار (۳۱/۵ درصد) می باشد (نقشه ۹).

جدول ۱۲: میزان استعداد اراضی استان لرستان برای کشت مرکبات با روش همپوشانی شاخص

قابلیت اراضی کشت مرکبات	طبقه	میزان استعداد به درصد	مساحت (هکتار)
بسیار مناسب	۱	۳۴/۸	۹۸۱۵۲۳/۵۶
متوسط	۲	۳۳/۷	۹۶۸۹۲۱/۱۴
نامناسب	۳	۳۱/۵	۹۲۲۱۷۵/۲۲



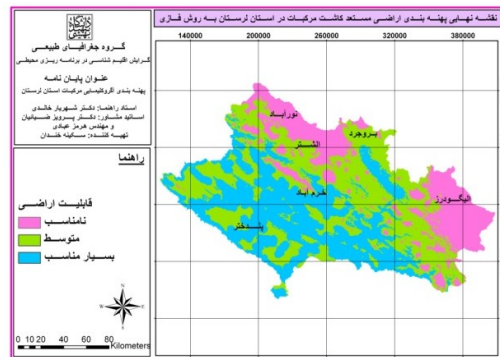
شکل ۹: نقشه مناطق مستعد کاشت مرکبات استان لرستان به روش همپوشانی شاخص

در نقشه ای که ما به روش منطق فازی تهیه نموده ایم، نیز ۳ طبقه وجود دارد که طبقه ۱ با مساحت $1003218/231$ هکتار (۳۵/۲ درصد) به نسبت دو کلاس دیگر دارای مناسب‌ترین مناطق جهت کشت مرکبات می‌باشد.

پس از آن طبقه ۲ با مساحت $1018497/982$ هکتار (۳۶ درصد) از ارزش متوسطی برخوردار می‌باشد. و سومین طبقه به عنوان نامناسب‌ترین مناطق تشخیص داده شده است و جهت کشت، دارای مساحتی برابر با $837386/428$ هکتار (۲۸/۸ درصد) می‌باشد (نقشه شماره ۱۰).

جدول ۱۳: میزان استعداد اراضی استان لرستان برای کشت مرکبات با روش منطق فازی

قابلیت اراضی کشت مرکبات	طبقه	میزان استعداد به درصد	مساحت (هکتار)
بسیار مناسب	۱	۳۵/۲	$1003218/231$
متوسط	۲	۳۶	$1018497/982$
نامناسب	۳	۲۸/۸	$837386/428$



شکل ۱۰: نقشه مناطق مستعد کاشت مرکبات استان لرستان به روش منطق فازی

مقایسه مدل ها

نقشه های حاصل از ۲ مدل مورد استفاده شده در پهنه بندی نواحی مستعد کاشت مرکبات نشان می دهد که در روش همپوشانی شاخص انعطاف پذیری مناسبی وجود ندارد، چرا که زمین ها بر اساس معیارهای قطعی انتخاب شده اند. در مقابل مزیت این مدل این است که هیچگونه ریسکی را قبول نمی کند. زمین های انتخاب شده در این مدل بطور قطع، دارای بهترین شرایطی است که برای انتخاب تعریف شده اند. این مدل برای مناطقی که زمین مناسب، کم است، غیب محسوب می شود، چرا که قدرت مانور معیارهای مختلف در این مدل بسیار کم است.

در روش فازی برجستگی بهتری بین طیف های مختلف موجود در لایه ها دیده می شود و این موضوع نشان می دهد که مدل فازی به تصمیم گیر کمک می کند که مناطق را با توجه به نیازهای واقعی این کشت در منطقه، انتخاب نماید.

بنابراین از آن جایی که مدل فازی قدرت پتانسیل سنجی بیشتری دارد، می تواند نسبت به مدل همپوشانی شاخص بهتر و مفیدتر عمل نماید.

نتیجه گیری

دما، بارش، درجه روز، ارتفاع، شیب، جهت شیب، نوع خاک و فاصله از رودخانه به صورت تلفیقی در تعیین پتانسیل های اقلیمی کشت مرکبات در مناطق مختلف استان لرستان تأثیر بسزایی داشته و به طور کلی میزان دما و پراکنش آن نسبت به عناصر دیگر بیش ترین تأثیر را در طول مراحل رشد مرکبات ایفا می کند.

نتایج حاصل از دو روش همپوشانی شاخص و منطق فازی مشخص نمود که مناطق شمال و شرق استان، از لحاظ فاکتورهای در نظر گرفته شده برای رشد مرکبات شرایط نامطلوبی را دارند و در این مناطق دمای پایین هوا، ارتفاع بالا و درجه روز نامناسب از مهم ترین عواملی هستند که باعث شده این مناطق، مناطق نامناسبی جهت کاشت مرکبات تشخیص داده شود. حال آن که مناطق جنوب و جنوب غرب استان به دلیل داشتن شرایط دمایی مطلوب، ارتفاع پایین تر و درجه روز بالاتر، مناطق مناسب تری برای کاشت مرکبات محسوب می شوند.

با مقایسه ای که از دو روش به عمل آمد مشخص شد که مناطق نامناسب در روش منطق فازی کم تر از روش همپوشانی شاخص است حال آن که مناطق بسیار مناسب و متوسط در این روش نسبت به روش هم پوشانی شاخص شرایط بهتری دارد.

با توجه به این که روش فازی در فرایند پهنه بندی، امکان در نظر گرفتن شرایط انعطاف پذیرتری را فراهم ساخته و در حالت های مختلف از لحاظ سطح ریسک و میزان توازن، پهنه بندی را میسر می سازد. با استفاده از این روش می توان به نتایج متفاوتی از لحاظ دقت و اطمینان و اولویت دهی متفاوت به معیارها دست یافته و آن ها را با یکدیگر مقایسه و مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و در نهایت بهترین نتیجه را انتخاب و مورد استفاده قرار داد.

در نهایت با تهیه نقشه پهنه بندی اراضی مستعد کاشت مرکبات، علاوه بر این که استعداد و قابلیت های اراضی استان لرستان برای کاشت مرکبات مشخص می شود، می توان مشخص کرد که پارامترهای در نظر گرفته شده برای پهنه بندی در چه نقاطی دارای شدت و در حد مطلوب هستند و چه مناطقی دچار کمبود و ضعف از نظر این پارامترها می باشند. به عنوان مثال می توان مشخص کرد که کدام منطقه از بارش کافی و مناسب برای مرکبات برخوردار است و کدام منطقه از نظر بارشی دچار ضعف است. پس از مشخص کردن این نقاط ضعف و مثبت می توان برای ایجاد بهینه باغات مرکبات در این مناطق برنامه ریزی و مدیریت لازم را اعمال نمود.

منابع و ماخذ

- ابدالی، حسین، ۱۳۸۶، پهنه بندی پتانسیل اقلیمی زراعت گندم دیم مطالعه موردی استان آذربایجان شرقی، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی (اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی)، دانشگاه شهید بهشتی.
- امامی، فضل الله، ۱۳۷۶، پیامد های زیست محیطی رشد فیزیکی شهر خرم آباد، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای انسانی، دانشگاه شهید بهشتی.
- امانی، حامد، ۱۳۷۸، اقلیم کشاورزی گندم دیم مطالعه موردی شهرستان مریوان، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی (اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی)، دانشگاه شهید بهشتی.
- بازگیر، سعید، ۱۳۷۸، بررسی پتانسیل اقلیمی زراعت گندم دیم مطالعه موردی استان کردستان، پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشگاه تهران.
- بیات کوهسار، جواد، ۱۳۸۶، تعیین مولفه های تجزیه پذیری، خصوصیات فیزیکی و ترکیب شیمیایی تفاله خشک مرکبات و اثر آن بر عملکرد گاوهای شیرده هلشتاین، پایان نامه کارشناسی ارشد علوم دامی، دانشکده کشاورزی دانشگاه مشهد.
- تاجور یحیی، حیات بخشی عنایت، ۱۳۸۴، کشت و پرورش مرکبات، موسسه تحقیقات مرکبات کشور.
- خالدی، شهریار، ۱۳۷۴، آب و هواشناسی کاربردی، کاربرد آب و هوا در برنامه ریزی ناحیه ای، انتشارات قومس.
- زنده دل، حسن، ۱۳۷۹، مجموعه راهنمای جامع ایران گردی استان لرستان، انتشارات کاروان جهان گردان- ایران گردان.
- سعادت، علی، ۱۳۸۵، اقلیم معماری کوهدشت لرستان، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی (اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی)، دانشگاه شهید بهشتی.
- فتوحی قزوینی رضا، فتاحی مقدم جواد، ۱۳۸۵، پرورش مرکبات در ایران، انتشارات دانشگاه گیلان، چاپ دوم.
- Bailey, L.H (1973) Manual of Cultivated plants. 13 th edition, Macmillan New York, USA.
- Edward Raja, (1999), Climate and soil for citriculture.

- Elkan, Charles (1993), The Paradoxical Success Of Fuzzy Logic.
- Fischer. R.A. and Maurer 1976. Crop temperature modification and yield potential in dwarf spring weat.
- Inthavong thavone, (2002), The use of Geographic information systems for soil survey and land evaluation.
- Jodie whitney, Adair wheaton, (2000), Integrating GIS data in to a precision agriculture system.
- Klir, Geoge and Folger, Tina (1988), Fuzzy Sets Uncertainty and Information.
- Lorenz,O. A and Maynard D.N (1980) Knotts handbook for Vegetables growers. Second edition, Wiley Interscience. New York, USA.
- Rathove, P.S. 2005. Techniques and Management of field crop production. Agrobios, Indian.
- Von Altroc, Constantin (2002). Fuzzy Logic and Neuro Fuzzy, Application Explained.

