

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۲۷، تابستان ۱۳۹۷

وصول مقاله: ۱۳۹۶/۳/۱۲

تأیید نهایی: ۱۳۹۶/۹/۱۸

صفحات: ۱۴۸ - ۱۲۹

سنجش تناسب اراضی استان مازندران برای کشت کلزا براساس روش‌های ارزیابی تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط GIS

دکتر بهروز سبحانی^۱، محمد روشنعلی^۲

چکیده

در بین دانه‌های روغنی، کلزا بعد از سویا و نخل روغنی به‌عنوان سومین منبع مهم تولید روغن در جهان است. استان مازندران با دارا بودن پتانسیل‌های حرارتی و بارشی، نزدیک به ۱۹ درصد از دانه‌های روغنی کشور را تولید می‌کند. بدین منظور هدف اصلی این تحقیق سنجش تناسب اراضی استان مازندران برای کشت کلزا براساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط GIS است. برای دستیابی به سنجش تناسب اراضی منطقه مورد مطالعه، از آمار داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیکی و کلیماتولوژی موجود در سطح استان از بدو تأسیس تا سال ۱۳۹۰ مربوط به هر یک از مراحل فنولوژیکی کلزا از قبیل درجه حرارت، بارش، درجه روز-رشد، ساعات آفتابی، تعداد روزهای یخبندان و رطوبت نسبی و همچنین از داده‌های قابلیت محیطی، شامل تیپ اراضی، کاربری اراضی، عمق خاک، ارتفاع، شیب و جهت شیب، استفاده شده است. برحسب هدف و ماهیت تحقیق، نوع تحقیق از نوع کاربردی و روش انجام تحقیق به‌صورت توصیفی-تحلیلی است. در انجام گردآوری اطلاعات توصیفی از روش اسنادی (جستجوی کتابخانه‌ای) استفاده شده و سپس به‌منظور اولویت‌بندی و ارزیابی معیارها در ارتباط با کشت کلزا، از روش تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) مبتنی بر روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شده است. درنهایت با وزن‌دهی به لایه‌های تهیه‌شده براساس معیارها و مدل موردنظر، تلفیق و همپوشانی لایه‌ها در محیط GIS صورت‌گرفته و لایه نهایی ارزیابی تناسب اراضی برای کشت کلزا تهیه شد. نتایج به‌دست آمده از مباحث مطرح‌شده نشان داد که اراضی منطقه مورد مطالعه براساس پتانسیل اقلیمی و محیطی دارای ۱۵/۳ درصد اراضی بدون محدودیت، ۲۸/۲ درصد اراضی با محدودیت کم، ۴۸/۲ درصد اراضی با محدودیت متوسط و ۸/۳ درصد اراضی با محدودیت زیاد است. کلید واژگان: ارزیابی تناسب اراضی، کلزا، تحلیل فرایند سلسله‌مراتبی (AHP)، GIS، استان مازندران.

مقدمه

به دلیل تنوع آب و هوایی در ایران، امکان کشت بسیاری از دانه‌های روغنی با کیفیت خوب وجود دارد. در این میان کشت گیاهان روغنی مانند کلزا که در ابتدا بومی ایران بوده است، می‌تواند به منظور تأمین بخشی از نیازهای کشور مفید واقع شود (صالحی و دیگران، ۱۳۸۹: ۴۶). این گیاه از گذشته به عنوان گیاه علوفه‌ای و روغنی در تغذیه دام و صنعت کاربرد داشته است. با بهره‌گیری از ارقام جدید کیفیت و کمیت روغن این گیاه به منظور مصرف خوراکی افزایش یافته و امروزه می‌توان به جرأت گفت که به دلیل مصارف گوناگون کلزا از جمله بالارزش‌ترین گیاهان روغنی مناطق معتدله در دنیا محسوب می‌شود. با توجه به اهمیت دستیابی به خوداتکایی کشور در بخش تأمین خوراکی، تولید کلزا در ایران از بدو شروع فعالیت‌های کشت دانه‌های روغنی، در برنامه‌های توسعه به چشم می‌خورد (جوانمرد و دیگران، ۱۳۸۶: ۲۸).

با توجه به این یافته‌ها در برنامه پنج ساله سوم اقتصادی-اجتماعی کشور، پیش‌بینی شده که سطح زیر کشت این محصول در کشور از ۵۰/۶۵ تن در سال ۱۳۷۲ به ۳۱۵/۸۵ تن در سال ۱۳۸۵ رسیده که گویای رشد متوسطی معادل ۸/۹۵ درصد در سال است (محسنی، ۱۳۸۸؛ به نقل از شاهمرادی، ۱۳۹۰: ۳). بر این اساس، سازمان خواربار جهانی (FAO) استفاده از زمین، آب و سایر منابع، مدلی را با عنوان پهنه‌بندی اکولوژیکی-کشاورزی ارائه کرد و پس از تحقیقات و آزمایشات فراوان در سال ۱۹۸۳ آن را برای همه کشورهای توصیه کرد. روش به کار رفته در این مدل، در کمی کردن پارامترهای اقلیم، خاک و سایر پارامترهای فیزیکی در برآورد حاصل خیزی محصولات متفاوت، با توجه به نیازمندی‌های محیطی و مدیریتی، روشی نو و جدید است (احمدی‌زاده، ۱۳۷۸: ۳۶). هر منطقه دارای توانمندی‌ها و تنگناهایی در زمینه کشاورزی است؛ از این رو شناخت و تحلیل آن‌ها می‌تواند در جهت توسعه مؤثر واقع شود و از منابع موجود استفاده مطلوب و مناسب به عمل آید؛ زیرا هر گیاه یا محصول

با شرایط خاصی سازگار است که با در نظر گرفتن شرایط لازم، می‌توان به نتیجه مطلوب و متناسب با محیط دست یافت. استفاده از مدل‌های مرتبط با شناسایی توانمندی‌های کشاورزی هر روش، سیستم اطلاعات جغرافیایی است که دارای قابلیت فراوانی در زمینه سنجش و پتانسیل‌سنجی عوامل طبیعی با استفاده از مدل‌های مختلف است؛ از این رو امروزه تهیه و کاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به منظور افزایش دقت در امر برنامه‌ریزی، رواج گسترده‌ای یافته است؛ زیرا از طریق آن‌ها با توجه به معیارهای کمی و کیفی متعدد، می‌توان به انتخاب بهترین گزینه دست یافت (میکائیلی و دیگران، ۱۳۹۲: ۱۰۲). گیاه روغنی کلزا به دلیل سازگاری با شرایط اقلیمی اغلب نقاط کشور، مورد توجه قرار گرفته است. از آنجا که استان مازندران یکی از قطب‌های کشور از لحاظ کشاورزی محسوب می‌شود (مظفری و دیگران، ۱۳۷۹)؛ از این رو با شناخت عناصر و عوامل اقلیمی موجود در سطح استان، می‌توان زمینه لازم را برای برنامه‌ریزی در جهت افزایش سطح زیر کشت کلزا (به عنوان یکی از دانه‌های روغنی) فراهم کرد. در این مقاله هدف آن است که استان مازندران از طریق لایه‌های موجود مورد ارزیابی و سنجش قرار گیرد و پتانسیل هر یک از لایه‌ها برای کشت کلزا مشخص شود و پهنه‌های امکان کشت کلزا بر اساس میزان قابلیت در نقشه نهایی ارائه گردد. همچنین در این تحقیق محققان درصدد پاسخ به این سؤال پاسخ‌اند که آیا عوامل اقلیمی و توان‌های محیطی در پراکنش کشت کلزا در استان مازندران تأثیر می‌گذارند؟

مبانی نظری تحقیق

کلزا گیاهی است از خانواده شب‌بوها، با نام علمی (*Brassica napus*) (عسگری و مرادی‌دالینی، ۱۳۸۶: ۴۱۹). خاستگاه اصلی کلزا کرانه‌های دریای مدیترانه بوده و تا به امروز نوع وحشی آن مشاهده نشده است (آلیاری و شکاری، ۱۳۷۹: ۹۱). این گیاه دارای دو جنبه خودناسازگار و دو تیپ رشد بهاره و پاییزه است.

ب) مرحله طولیل شدن ساقه، گل دهی و گرده افشانی: طول دوره طولیل شدن ساقه از آغازش گل آذین تا گل دهی ممکن است از نظر عملکرد نهایی مهم تر باشد (سیدشریفی، ۱۳۸۶: ۱۷۰). در مرحله ساقه روی و رشد سریع، مناسب ترین درجه حرارت ۲۰ الی ۲۲ درجه سانتی گراد است. درجه حرارت بالا در زمان گل دهی باعث ایجاد تنش رطوبتی، عدم جذب مناسب عناصر غذایی و کاهش عملکرد خواهد شد (آبیاری و شکاری، ۱۳۷۹: ۱۱۵). مقدار مطلوب بارندگی طی رشد بهاره تا گل دهی حدود ۱۰۰ میلی متر با متوسط مجموع بارندگی در ماه مارس و آوریل حدود ۴۰ میلی متر است. طی دوره گل دهی مقادیر کم و بیش از حد بارندگی زیر ۲۰ میلی متر و بالای ۸۰ میلی متر می تواند عملکرد را کاهش دهد (جی پتیر، ۱۳۷۹: ۲۲۴). در مرحله گل دهی و اوایل غلاف بندی، تأثیر سوء ناشی از کمبود آب حداکثر است و موجب کاهش فوق العاده تعداد غلاف، دانه بندی، کوچک تر ماندن دانه و کاهش درصد روغن می شود (سیدشریفی، ۱۳۸۶: ۱۷۱).

ج) مرحله رسیدگی: طی چند روز بعد از گرده افشانی، رشد سریع غلاف از نظر طولی و وزنی آغاز می شود، در صورتی که آغاز رشد سریع دانه در حدود ۲۰ روز تأخیر دارد؛ به طوری که قبل از شروع رشد سریع دانه، غلافها تا حدودی رشد طولی خود را به اتمام می رسانند و وقتی که دیواره های غلاف به حداکثر اندازه و وزن خود رسید، دانهها فقط به ۳۵ درصد وزن خشک نهایی خود می رسند (کیمبر و مک گرگور^۱، ۱۳۸۷: ۴۱). بعد از شروع دوره آب کشیدگی دانه در ۵۰ روز بعد از گرده افشانی، افزایش وزن خشک دیواره غلاف متوقف می شود؛ در حالی که ۴۲ درصد افزایش وزن خشک دانه در طی ۵۰ تا ۷۵ روز بعد از گرده افشانی اتفاق می افتد (سیدشریفی، ۱۳۸۶: ۱۷۱). به هنگام آغاز رشد سریع غلاف، تجمع وزن خشک ساقه و شاخه ها به حداکثر خود نزدیک می شود. در این هنگام شاخص سطح برگ نیز در حال کاهش سریع خواهد بود. بدین ترتیب یک توالی مشخص رشد وجود

ارقام پاییزه در شرایط مساعد پرمحصول هستند. کلزا از رشد روزت برخوردار است و این امر از سرمازدگی آن در پاییز و زمستان جلوگیری می کند. مقاومت کلزا در برابر سرما در مرحله ۱۰-۸ برگی روزت به حداکثر می رسد. در این مرحله، اگر گیاه پوششی از برف داشته باشد، دمای تا ۲۰- و در نبود پوشش برفی تا ۱۵- درجه سانتی گراد را به مدت کوتاهی تحمل می کند. دارا بودن تیپ های بهاره و پاییزه امکان کشت این گیاه را در شرایط اقلیمی مختلف فراهم می سازد (سیدشریفی، ۱۳۸۶: ۱۶۶). مراحل رشد کشت کلزا براساس اندام های هوایی به سه مرحله تقسیم می شود که هر مرحله به شرایط اقلیمی خاصی نیاز دارد:

الف) جوانه زنی، ریشه دهی و مرحله روزت: طول دوره جوانه زنی بسته به دما متغیر است و در دمای ۲ درجه در مدت ۱۱ تا ۱۴ روز و در دمای ۲۱-۲۵ درجه در مدت ۲ روز جوانه می زند (سیدشریفی، ۱۳۸۶: ۱۷۰). در زمان های معمول کاشت درجه حرارت مناسب برای جوانه زنی حدود ۲۰-۱۵ درجه سانتی گراد است (جی پتیر، ۱۳۷۹: ۲۳۹). اما دمای مناسب برای جوانه زنی و سبز شدن بذر ۲۵ درجه سانتی گراد است. اگر دما از ۱۶ تا ۲۰ درجه سانتی گراد باشد سبز شدن در طول ۳ تا ۵ روز پس از کاشت صورت می گیرد. در دمای ۱۲ درجه سانتی گراد به ۷ تا ۸ روز، در ۸ درجه سانتی گراد به بیشتر از ۱۰ روز و در دماهای زیر ۵ درجه سانتی گراد به بیشتر از ۲۰ روز برای سبز شدن نیاز دارد (سید شریفی، ۱۳۸۶: ۱۷۰). هر چند بذرها حتی در درجه حرارت یک درجه سانتی گراد قادر به جوانه زنی هستند (جی پتیر، ۱۳۷۹: ۲۳۹). خشکی در مرحله جوانه زنی مانع از آماس بذر می شود. این امر سبز شدن گیاه را به تعویق می اندازد و برای رشد بعدی گیاه، پیامدهای زیان باری داشته باشد. حساسیت مسئله زمانی اوج می گیرد که آب کافی برای شروع جوانه زنی وجود داشته باشد؛ ولی گیاهچه جوان با کمبود آب مواجه شود. در این حالت، گیاه سبز یکنواخت در مزرعه به دست نمی آید و باید واکاری انجام شود (سید شریفی، ۱۳۸۶: ۱۷۰).

می‌تواند تا ۲۰- درجه سانتی‌گراد افزایش یابد (آلیاری و شکاری، ۱۳۷۹: ۱۱۲). این گیاه را می‌توان در خاک‌هایی کشت کرد که PH آن‌ها از ۵/۵ تا ۸ متغیر است؛ اما مناسب‌ترین PH برای رشد و نمو کلزا حدود ۶/۵ است، زیرا در این PH همه عناصر غذایی به‌سادگی در دسترس گیاه می‌باشد. کلزا در خاک‌های اسیدی بیش‌از‌قلیایی مقاوم است (شیرانی‌راد و دهشیری، ۱۳۸۱: ۳۶). کلزا خاک‌هایی را که دارای هدایت الکتریکی (EC) ۴ تا ۸ باشد تحمل می‌کند (آلیاری و شکاری، ۱۳۷۹: ۱۲۰). طیف سازگاری اقلیمی کلزا نسبتاً وسیع است و از عرض جغرافیایی نزدیک به ۴۰ درجه جنوبی در استرالیا تا بیش‌از ۶۰ درجه شمالی در نروژ و کانادا مورد کاشت و کار قرار می‌گیرد (ورنون و وانگول، ۲۰۰۶). در ایران می‌تواند تا ارتفاع کمتر از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا بسته به عرض جغرافیایی تولید شود (خواججه‌پور، ۱۳۸۳: ۶۹). شیب‌های بیشتر از ۲۰ درصد، کشت و آبیاری مکانیزه کلزا را با مشکل روبه‌رو می‌سازد. بهترین شیب برای کشت کلزا کمتر از ۵ درصد است (قاسمی‌پیربالوتی و دیگران، ۲۰۰۸؛ به‌نقل از آزر، ۱۳۸۹: ۲۳). در زمینه سنجش قابلیت اراضی، مطالعات متعددی صورت‌گرفته که به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود (جدول ۱).

دارد که در آن رشد برگ، رشد ساقه، رشد دیواره غلاف و سرانجام رشد دانه، دنبال می‌شود (کیمبر و مک‌گرگور، ۱۳۸۷: ۴۱). میزان روغن کلزا تا ۴۰ روز پس از گرده‌افشانی سیر صعودی دارد و پس از آن با تغییر جزئی و نامحسوس در یک میزان ثابت باقی می‌ماند. وزن ماده خشک نیز تا حدودی روندی مشابه با آن دارد، با این تفاوت که در حدود ۵۰ روز پس از گرده‌افشانی میزان آن به حداکثر می‌رسد (سیدشرفی، ۱۳۸۶: ۱۷۱ و پاکروان و دیگران، ۱۳۸۸). کلزا در خاک‌هایی که رطوبت‌شان زیاد است، دچار ورس می‌شود. رطوبت زیاد سبب توسعه بیماری‌های قارچی شده و مقاومت در برابر سرما را کاهش می‌دهد (میرزا باقری، ۱۳۸۱: ۵)؛ بنابراین در خاک‌های سنگین با رطوبت زیاد، باید به زهکشی خاک برای خارج‌ساختن آب اضافی توجه کرد (شیرانی‌راد و دهشیری، ۱۳۸۱: ۳۴-۳۵). حداکثر بقا در زمستان و زمستان‌گذارنی کلزا در شرایط مزرعه‌ای، زمانی است که بوته‌های استقرار یافته در کشت پاییزه قبل از توقف رشد به مرحله ریزش (شش تا هشت برگه) رسیده باشند. در این شرایط اگر شرایط دمایی پاییزه طوری باشد که بوته‌ها کاملاً به سرما خو گرفته باشند، می‌توانند دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد را تحمل کنند. در صورت وجود پوشش برفی مناسب، میزان تحمل

جدول ۱. مطالعات انجام‌شده در زمینه کشت کلزا

نویسنده یا نویسندگان	منطقه مورد مطالعه	نتایج
قاسمی‌پیربالوتی ^۱ و دیگران (۲۰۰۸)	جنوب‌غرب ایران که دو استان اصفهان و چهارمحال بختیاری	شیب‌های بیشتر از ۲۰ درصد، کشت و آبیاری مکانیزه کلزا را با مشکل روبه‌رو ساخته و بهترین شیب را برای کشت کلزا کمتر از ۵ درصد می‌دانند و در نهایت با تلفیق لایه‌های شیب، عمق خاک و ارتفاع در محیط GIS، نواحی مناسب کشت کلزا مشخص شد.
بونوفیگلیو ^۲ و دیگران (۲۰۰۹)	ناحیه آمبریا ^۳ در ایتالیا	یک ارتباط قوی میان فنولوژی و گرم‌شدن هوا وجود دارد.
یزدان‌پناه ^۴ و دیگران (۲۰۱۱)	استان آذربایجان شرقی	«بارش»، دارای بالاترین نقش در تعیین عملکرد گندم مزرعه خشک در استان و «تبخیر و تعرق» دومین عامل بر عملکرد گندم دیم است.
خورشیددوست و دیگران (۱۳۹۰)	کردستان	حدود ۶/۸ درصد از مساحت استان از جمله دشت‌های دیواندره، دهگلان و مریوان برای کشت کلزا بسیار مناسب هستند که بیشتر به‌علت شرایط اقلیمی و توپوگرافی و خاک مناسب آنهاست. حدود ۳۹/۴ درصد

1- Ghasemipirbalouti and et.al

2- Bonoiglio and et al

3- Amberiya

4- Yazdanpanah and et al

از مساحت استان شامل شمال شرق و شمال (محدوده اباتو) و قسمت‌هایی از نواحی مرکزی و شمال غرب استان به دلیل شرایط نامساعد اقلیمی و محیطی، نامناسب برای کشت شناخته شد. بقیه مناطق با ۵۳/۸ درصد از مساحت استان در درجه متوسط تا مناسب قرار گرفتند.		
۴۱ درصد از مساحت منطقه مطالعاتی برای کشت مناسب و ۵۹ درصد ضعیف و نامناسب بود.	سرپل ذهاب	لشکری و رضایی (۱۳۹۰)

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۲)

مرحله فنولوژیکی کشت کلزا که برای مناطق شمال و شمال غرب ارائه شده، به عنوان مبنای کار قرار گرفته

که در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲. نیازهای عناصر و عوامل اقلیمی مطلوب برای رشد کلزا

منبع	محدودیت زیاد	محدودیت متوسط	محدودیت کم	بدون محدودیت	ویژگی‌های اقلیمی
عبیری، ۱۳۸۶	۱۱ < یا < ۱۵	۱۱-۱۲ ۱۶-۱۵	۱۲-۱۲/۵ ۱۳/۵-۱۴	۱۲/۵-۱۳/۵	میانگین درجه حرارت (C)
عبیری، ۱۳۸۶	۲۱ < یا < ۱۶	۱۶-۱۷ ۲۰-۲۱	۱۷-۱۸ ۱۹-۲۰	۱۸-۱۹	میانگین حداکثر درجه حرارت (C)
عبیری، ۱۳۸۶	۸ < یا < ۴	۴-۵ ۷/۵-۸	۵-۶ ۷-۷/۵	۶-۷	حداقل درجه حرارت (C)
کافی و همکاران، ۱۳۷۹	< ۱۰	۱۰-۱۵	۱۶-۲۰	۲۰-۲۵	دمای مهر، جوانه‌زنی (C)
کافی و همکاران، ۱۳۷۹	۱۰ >	۱۰-۱۵	۱۵-۲۰	۲۰-۲۲	دمای گل‌دهی، اردیبهشت (C)
عبیری، ۱۳۸۶	< ۳۰۰	۳۰۰-۴۰۰	۴۰۰-۵۰۰	> ۵۰۰	بارش دوره رشد (mm)
کافی و همکاران، ۱۳۷۹	< ۴۰	۴۰-۵۰	۵۰-۸۰ ۱۰۰ <	۸۰-۱۰۰	بارندگی پاییز (mm)
کافی و همکاران، ۱۳۷۹	< ۶۰	۶۰-۸۰	۸۰-۱۱۰	> ۱۱۰	بارندگی زمستان (mm)
کافی و همکاران، ۱۳۷۹	< ۸۰	۸۰-۱۰۰	۱۰۰-۱۲۰ ۱۵۰ <	۱۲۰-۱۵۰	بارندگی گل‌دهی و رشد ساقه (فروردین و اردیبهشت)، (mm)
کافی و همکاران، ۱۳۷۹	< ۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۷۰	> ۷۰	بارندگی خرداد و رسیدن (mm)
عبیری، ۱۳۸۶	۹۰ < یا < ۳۰	۳۰-۴۰ ۷۰-۹۰	۴۰-۵۰ ۶۰-۷۰	۵۰-۶۰	تعداد روزهای یخبندان
عبیری، ۱۳۸۶	۸۰ < یا < ۵۵	۵۵-۶۵	۶۵-۷۰	۷۰-۸۰	رطوبت نسبی (درصد)
عبیری، ۱۳۸۶	< ۱۰۰۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰	> ۳۰۰۰	ساعات آفتابی
پیربالتی و گل پرور، ۲۰۰۸	۱۵۰۰ >	> ۲۵۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۲۵۰۰	درجه روز- رشد
پیربالتی و گل پرور، ۲۰۰۸	۲۵۰۰ <	۲۰۰۰-۲۵۰۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰	< ۱۵۰۰	ارتفاع (متر)
دیلون، ۱۳۸۲	NNW.NNE	WNW.ENE	WSW.ESE	SSE.SSW	جهت
پیربالتی و گل پرور، ۲۰۰۸	۷/۵ <	۵-۷/۵	۲/۵-۵	۰-۲/۵	شیب (درصد)
عبیری، ۱۳۸۶	۸۰ >	۸۰-۱۰۰	۱۰۰-۱۵۰	> ۱۵۰	عمق خاک (m)
عبیری، ۱۳۸۶	سایر موارد	مراتع	زراعت دیم	زراعت آبی	کاربری اراضی
بررسی نگارندگان	اراضی پست و شور	دشت‌های سیلابی	واریزه‌های بادبزی	دشتهای دامنه‌ای	قابلیت اراضی

(منبع: آزر، ۱۳۸۹: ۲۴-۲۵)

در انجام این تحقیق از مواد و ابزار زیر درجهت ایجاد پایگاه اطلاعات فضایی استفاده شده است:

۱- آمار و اطلاعات ۲۸ ایستگاه سینوپتیکی و کليما تولوژی سازمان هواشناسی استان، از زمان تأسیس ایستگاه تا سال ۱۳۹۰؛

۲- نقشه‌های توپوگرافی و کابری و قابلیت اراضی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ از سازمان منابع طبیعی استان مازندران؛

۳- نقشه منابع خاک استان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰ از مؤسسه تحقیقات خاک و آب؛

۴- استفاده از نرم‌افزار Arc/GIS به منظور رقوم سازی نقشه‌ها و تشکیل پایگاه داده‌هایی فضایی و مدل سازی؛
۵- استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و Excel درجهت محاسبات آماری.

۶- استفاده از روش تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) مبتنی بر روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به منظور اولویت‌بندی و ارزیابی معیارها در ارتباط با کشت کلزا.

روش تحقیق براساس اهداف پژوهش کاربردی و از نوع توصیفی-تحلیلی و پیمایشی است. متغیرهای مستقل و وابسته مورد مطالعه در این تحقیق شامل عناصر و عوامل اقلیمی به‌عنوان متغیرهای مستقل و اراضی کشت کلزا به‌عنوان متغیر وابسته مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان مازندران با داشتن ۲۳۷۵۶/۴ کیلومتر مربع مساحت بین ۵۰ درجه، ۳۴ دقیقه تا ۵۴ درجه، ۱۰ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۵ درجه، ۴۷ دقیقه تا ۳۶ درجه، ۳۵ دقیقه عرض شمالی از خط استوا در شمال کشور ایران واقع شده است (شکل ۱). استان مازندران از شمال به دریای خزر از شرق به استان گلستان، از جنوب به استان‌های سمنان و تهران و قزوین، از غرب به استان گیلان متصل می‌شود که وسعت آن ۱/۴ درصد از مساحت کل کشور را شامل می‌شود. (سالنامه آماری استان مازندران، ۱۳۸۸: ۷).

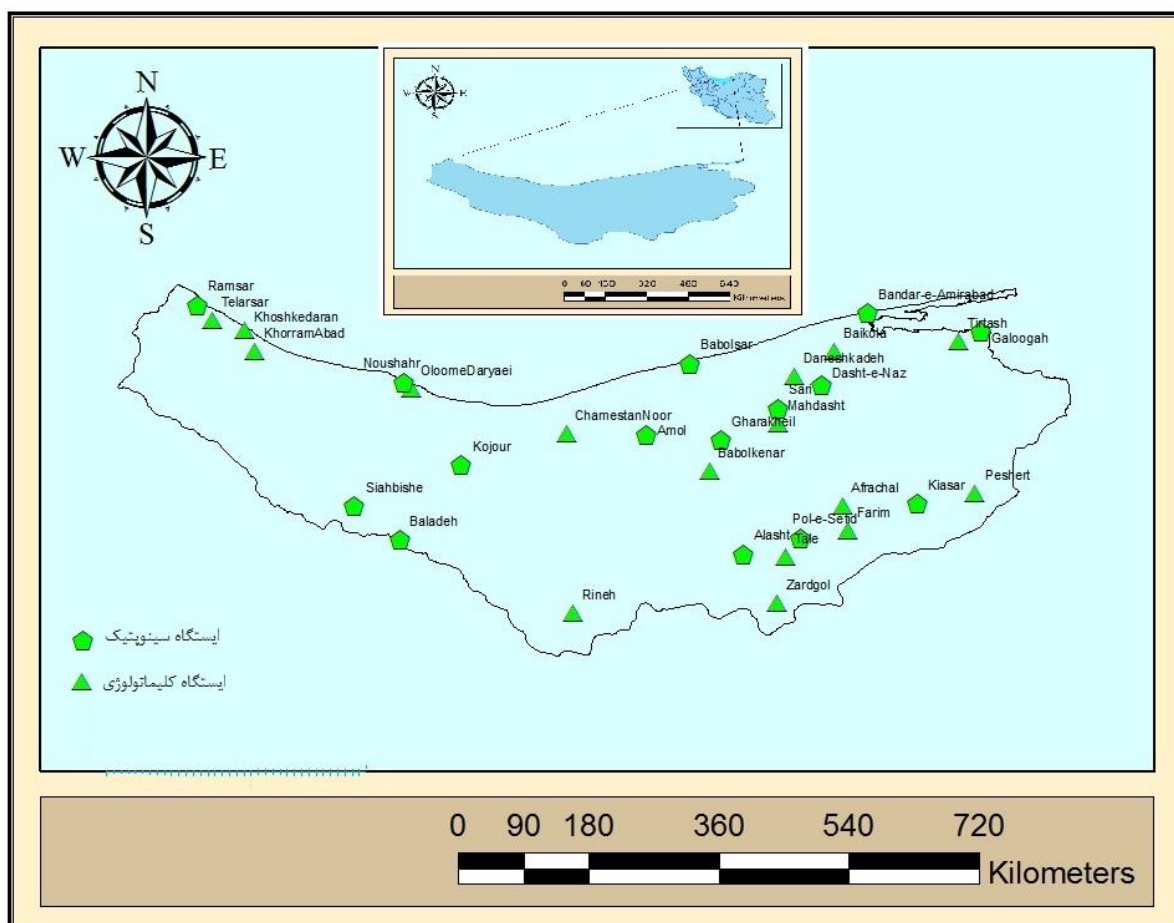
در تحقیق حاضر، ضمن بهره‌گیری از تجربیات، روش‌ها و مدل‌های مورد استفاده در تحقیقات داخلی و خارجی، برای پهنه‌بندی کشت محصولات مختلف زراعی، سعی دارد، به مناسب‌ترین پهنه‌بندی آگروکلیمای کشت کلزا در استان مازندران با استفاده از پایگاه داده‌های عناصر و عوامل اقلیمی و با بهره‌گیری از مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای وزن‌دهی به لایه‌ها براساس معیارها و سپس با همپوشانی این لایه‌ها در محیط GIS، نقشه نهایی برای پهنه‌بندی کشت کلزا برای منطقه مورد مطالعه بپردازد.

مواد و روش‌ها

روش تحقیق

در این تحقیق ابتدا ویژگی‌های طبیعی استان مازندران مورد مطالعه قرار گرفت که این مطالعات شامل بررسی وضعیت توپوگرافی، شیب، استعداد خاک‌ها، قابلیت اراضی، کاربری اراضی و ویژگی‌های اقلیمی شامل وضعیت دما، بارش، ساعات آفتابی، درجه روز-رشد، روزهای یخبندان و رطوبت نسبی است. سپس شرایط کشت کلزا مورد مطالعه دقیق قرار گرفته (شریعتی و قاضی شهنی‌زاده، ۱۳۷۹) و با مشخص شدن نیازهای اولیه کشت کلزا، پتانسیل‌های استان مازندران در زمینه کشت کلزا بررسی شده است.

در این راستا با جمع‌آوری اطلاعات توصیفی و رقوم‌سازی داده‌های مکانی مانند لایه‌های توپوگرافی، کاربری اراضی و مانند آن و ایجاد فضای توپولوژیک به‌وسیله نرم‌افزار GIS، بین اطلاعات توصیفی و لایه‌ها رابطه برقرار شد و سپس براساس شرایط کشت کلزا معیارها مشخص شد و با توجه به تنوع اطلاعات روش سلسله‌مراتبی (AHP) به‌عنوان مدل برای تحلیل‌های مکانی انتخاب شد و براساس آن به همپوشانی و تجزیه و تحلیل لایه‌ها اقدام شد. برای این هدف از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۲)

مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چندمعیاره است (قدسی‌پور، ۱۳۸۴: ۵).

یافته‌های تحقیق

به‌منظور تعیین توان یا محدودیت مناطق مختلف استان مازندران برای کشت کلزا، ابتدا براساس مدل AHP به خوشه‌بندی و ارزش‌گذاری عوامل مؤثر اقدام شد و پس از محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها و بررسی سازگاری منطقی قضاوت‌ها، برای هر یک از عوامل و گزینه‌ها لایه‌های مکانی ایجاد شد و با توجه به معیارهای موردنظر تجزیه و تحلیل‌ها به کمک نرم‌افزار GIS صورت گرفت و اراضی استان مازندران از نظر قابلیت کشت کلزا طبقه‌بندی شد. فرایند قابلیت‌سنجی اراضی شامل مراحل ذیل است:

مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است که برای اولین بار توسط «توماس آل‌ساعتی»^۱ در سال ۱۹۸۰ مطرح شد. این تکنیک امکان فرموله کردن مسأله را به صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسأله دارد. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت بر روی معیارها و زیرمعیارها را دارد؛ علاوه بر این، مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده است، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌کند و همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری سیستم را نشان می‌دهد که از

1- Thomas al Saati

۱- ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی

اولین مرحله در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، تجزیه کردن مسئله تصمیم‌گیری به سلسله‌مراتبی یا ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسأله است که شامل مهم‌ترین عناصر مسأله تصمیم‌گیری است. در ایجاد یک سلسله‌مراتبی سطح بالا، هدف نهایی تصمیم‌گیری است. سپس سلسله‌مراتبی از کلی به جزئی‌تر تا اینکه به سطحی از صفات برسد، پایین می‌آید؛ این سطحی است که در مقابل آن، گزینه‌های تصمیم‌گیری پایین‌ترین سطح سلسله‌مراتبی ارزیابی می‌شوند. هر سطح باید به سطوح بالاتر قبلی متصل شود. به‌طور

نمونه، ساختار سلسله‌مراتبی شامل چهار سطح است: هدف اصلی، اهداف، صفات و گزینه‌ها. گزینه‌ها در پایگاه مبتنی بر GIS بازنمایی و نشان داده می‌شوند. هر لایه مشتمل بر ارزش‌ها یا مقادیری از صفت است که به گزینه‌ها اختصاص یافته و هر گزینه (مانند سلول یا پلیگون) در ارتباط با عناصر سطح بالاتر (یعنی صفات) قرار می‌گیرد. مفهوم صفت، روش مبتنی بر AHP را به روش‌های GIS متصل می‌کند (حیدرزاده، ۱۳۸۰: ۶۰). در جدول (۳) عناصر و عوامل اقلیمی مورد نیاز در طول دوره رشد کشت کلزا نشان داده شده است.

جدول ۳. عناصر و عوامل اقلیمی مؤثر در طول دوره کشت کلزا

میانگین درجه حرارت سالانه	درجه حرارت	عناصر اقلیمی	داده‌های اقلیمی
میانگین حداقل درجه حرارت			
میانگین حداکثر درجه حرارت			
دمای جوانه‌زنی			
دمای گل‌دهی			
میانگین بارش سالانه	بارش		
بارش پاییز			
بارش زمستان			
بارش طول دوره رشد و گل‌دهی			
بارش دوره رسیدگی			
	درجه روز-رشد (GDD)	عوامل اقلیمی	
	ساعات آفتابی		
	تعداد روزهای یخبندان		
	رطوبت نسبی		
ارتفاع	توپوگرافی	عوامل اقلیمی	
شیب			
جهت شیب			
زراعت آبی	کاربری اراضی		
زراعت دیم			
مراعات			
سایر موارد			
عمیق خاک	قابلیت اراضی		عوامل اقلیمی
متوسط			
کم عمق			
دشت‌های دامنه‌ای و آبرفتی	تیپ اراضی		
دشت‌های آبرفتی بادبزنی شکل			
اراضی غیرقابل کشت			
دشت‌های سیلابی			

همه مقایسه‌ها در تحلیل سلسله‌مراتبی به‌صورت دوتایی انجام می‌گیرد. در این مقایسه‌ها تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد. به‌گونه‌ای که اگر عنصر I با عنصر J مقایسه شود، تصمیم‌گیرنده خواهد گفت که اهمیت I بر J یکی از حالات زیر است:

- کاملاً مرجع یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر؛
- ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی؛
- ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت قوی؛
- کمی مرجع یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر؛
- ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت یکسان.

این قضاوت‌ها توسط ساعتی به مقدار کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده‌اند که در جدول (۴) مشخص شده‌اند.

۲- ایجاد ماتریس مقایسه زوجی (دوتایی)

در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، ابتدا عناصر به‌صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس مقایسه زوجی تشکیل می‌شود. به‌طور کلی، یک ماتریس مقایسه زوجی به‌صورت زیر نشان داده می‌شود که در آن a_{ji} ترجیح عنصر I نسبت به عنصر J است.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

$$A = [a_{ji}] \quad j, I = 1, 2, \dots, n$$

جدول ۴. مقادیر ترجیحات برای مقایسه زوجی

مقدار عددی	ترجیحات	ترجیحات
۹	Extremely Preferred	کاملاً مرجع یا کاملاً مهم
۷	Very Strongly Preferred	ترجیح خیلی بیشتر
۵	Strongly Preferred	ترجیح بیشتر
۳	Moderately Preferred	کمی مرجع یا کمی مهم‌تر
۱	Equally Preferred	ترجیح یکسان
۲ و ۶ و ۸ و ۴		ترجیحات بین فواصل فوق

(منبع: قدسی‌پور، ۱۳۸۴: ۱۴)

ماتریس‌های مقایسه زوجی هر یک از معیارها و زیرمعیارها در ارتباط با هم و با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice به‌دست آمده است. جدول (۵) تا (۱۴).

جدول ۵. ماتریس مقایسه زوجی معیارهای مورد مطالعه برای هدف

	اقليم	توپوگرافی	کاربری اراضی	قابلیت اراضی
اقليم			1.0	3.0
توپوگرافی				1.0
کاربری اراضی				
قابلیت اراضی				
Incon: 0.05				

جدول ۶. ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اقلیمی

	درجه حرارت	بارش	یخبندان	درجه روز رشد	ساعات آفتابی	رطوبت نسبی
درجه حرارت		1.0	2.0	2.0	3.0	4.0
بارش			1.0	1.0	2.0	3.0
یخبندان				1.0	2.0	2.0
درجه روز رشد					1.0	2.0
ساعات آفتابی						1.0
رطوبت نسبی						
Incon: 0.02						

جدول ۷. ماتریس مقایسه‌ی زوجی زیرمعیارهای درجه حرارت

	درجه حرارت سالانه	حداقل درجه حرارت	حداکثر درجه حرارت	دمای جوانه زنی	دمای گلدهی
میانگین درجه حرارت سالانه		1.0	1.0	2.0	2.0
میانگین حداقل درجه حرارت			1.0	2.0	2.0
میانگین حداکثر درجه حرارت				1.0	2.0
دمای جوانه زنی					1.0
دمای گلدهی	Incon: 0.01				

جدول ۸. ماتریس مقایسه‌ی زوجی زیرمعیارهای بارش

	میانگین بارش سالانه	بارش پاییز	بارش دوره گلدهی	بارش زمستان	بارش دوره رسیدگی
میانگین بارش سالانه		2.0	2.0	3.0	3.0
بارش پاییز			1.0	1.0	2.0
بارش دوره گلدهی				1.0	2.0
بارش زمستان					1.0
بارش دوره رسیدگی	Incon: 0.01				

جدول ۹. ماتریس مقایسه‌ی زوجی زیرمعیارهای توپوگرافی

	ارتفاع	شیب	جهت شیب
ارتفاع			1.0
شیب			1.0
جهت شیب		Incon: 0.05	

جدول ۱۰. ماتریس مقایسه‌ی زوجی زیرمعیارهای کاربری اراضی

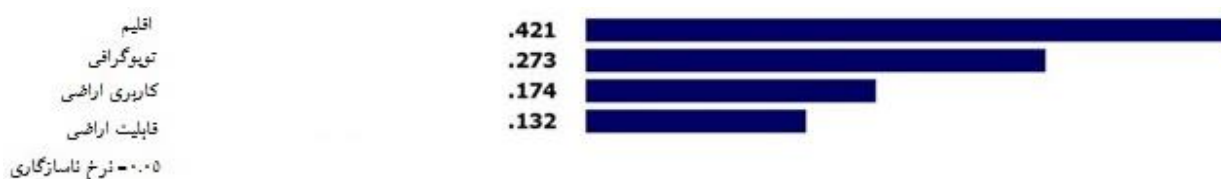
	زراعت آبی	زراعت دیم	مرتع	سایر موارد
زراعت آبی		1.0	3.0	7.0
زراعت دیم			1.0	3.0
مرتع				1.0
سایر موارد	Incon: 0.09			

جدول ۱۱. ماتریس مقایسه‌ی زوجی زیرمعیارهای تپ اراضی

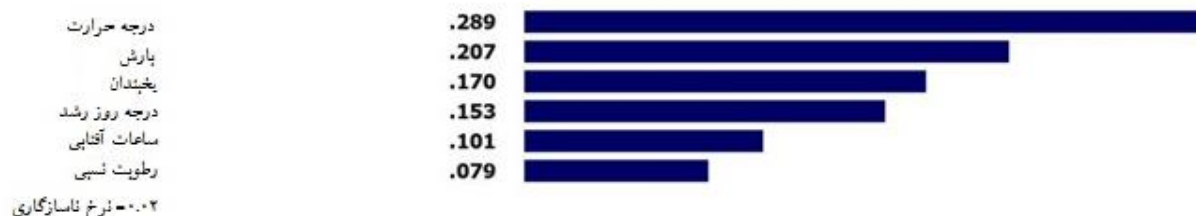
	دشتهای آبرفتی	واریزه های آبرفتی	دشت سیلابی اراضی غیر قابل کشت
دشتهای دامنه ای و آبرفتی		2.0	6.0
واریزه های آبرفتی پادبزی شکل			1.0
اراضی غیر قابل کشت			
دشت سیلابی	Incon: 0.06		

جدول ۱۲. ماتریس مقایسه‌ی زوجی زیرمعیارهای عمق خاک

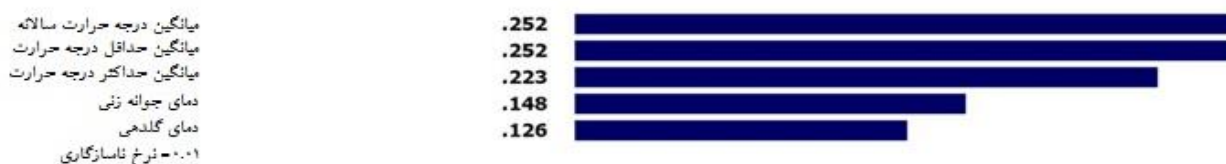
	عمیق	متوسط	کم عمق
عمیق			2.0
متوسط			1.0
کم عمق		Incon: 0.02	



شکل ۲. محاسبه وزن معیارهای مورد مطالعه



شکل ۳. محاسبه وزن معیارهای اقلیمی



شکل ۴. محاسبه وزن زیرمعیارهای درجه حرارت



شکل ۵. محاسبه وزن زیرمعیارهای بارش



شکل ۶. محاسبه وزن زیرمعیارهای توپوگرافی



شکل ۷. محاسبه وزن زیرمعیارهای کاربری اراضی



شکل ۸. محاسبه وزن زیرمعیارهای تبپ اراضی



شکل ۹. محاسبه وزن زیرمعیارهای عمق خاک

تیوگرافی
کاربری اراضی
قابلیت اراضی
۰.۰۰ = نرخ ناسازگاری



شکل ۱۰. محاسبه وزن پایگاه داده‌های منابع زمینی

بدون محدودیت
محدودیت کم
محدودیت متوسط
محدودیت زیاد
۰.۰۱ = نرخ ناسازگاری



شکل ۱۱. محاسبه وزن گزینه‌ها

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۲)

وزن گزینه‌ها به دست می‌آید؛ برای مثال ضریب اهمیت معیار اقلیم، عدد ۰/۴۲۱ است که در عدد ۰/۲۰۹ که ضریب اهمیت زیرمعیار درجه حرارت و عدد ۰/۲۵۲ که ضریب اهمیت زیرمعیار میانگین درجه حرارت ضرب می‌شود و عدد به دست آمده ضرب در ۰/۵۶۰ که امتیاز گزینه A است، می‌شود و امتیاز نهایی گزینه A به دست می‌آید.

امتیاز نهایی گزینه A

$$0.421 \times 0.209 \times 0.252 \times 0.560 = 0.12$$

ضریب نسبی معیارها، زیرمعیارها، گزینه‌ها و امتیاز نهایی محاسبه شده برای گزینه‌ها، در جدول (۱۵) ارائه شده است.

۴- محاسبه وزن نهایی گزینه‌ها

در این مرحله از تلفیق ضرایب مزبور، امتیاز نهایی هر یک از گزینه‌ها تعیین خواهد شد که برای این کار از اصل ترکیب سلسله‌مراتبی ساعتی استفاده می‌شود که منجر به ایجاد یک بردار اولویت با در نظر گرفتن همه قضاوت‌ها در همه سطوح سلسله‌مراتبی می‌شود.

$$J = \sum_k^n = \sum_i^m = WK = W_j$$

W_k ضریب اهمیت معیار ikw ضریب اهمیت زیر معیار i

I_jg امتیاز گزینه j در ارتباط با زیر معیار i .

وزن نهایی هر گزینه در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی از مجموع حاصل ضرب اهمیت معیارها در زیرمعیارها و

جدول ۱۵. ضریب نسبی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها و امتیاز نهایی محاسبه شده برای گزینه‌ها براساس مدل AHP

وزن نهایی	وزن نسبی	عوامل فرعی	وزن نسبی	زیر معیارها	عوامل	وزن نسبی	پارامترهای مؤثر در ارزیابی
۰/۰۱۲	۰/۵۶۰	بدون محدودیت	۰/۲۵۲	میانگین درجه حرارت			
۰/۰۰۶	۰/۲۷۲	محدودیت کم					
۰/۰۰۲	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط					
۰/۰۰۰۸	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد					
۰/۰۱۲	۰/۵۶۰	بدون محدودیت	۰/۲۵۲	حداقل درجه حرارت			
۰/۰۰۶	۰/۲۷۲	محدودیت کم					
۰/۰۰۲	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط					
۰/۰۰۰۸	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد					
۰/۰۱۰	۰/۵۶۰	بدون محدودیت	۰/۲۲۳	حداکثر درجه			
۰/۰۰۵	۰/۲۷۲	محدودیت کم					

۰/۰۰۲۵	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط		حرارت	۰/۲۰۹	درجه حرارت	۰/۴۲۱	اقلیم
۰/۰۰۰۷	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد						
۰/۰۰۰۷	۰/۵۶۰	بدون محدودیت	۰/۱۴۸	دمای جوانه‌زنی				
۰/۰۰۰۳	۰/۲۷۲	محدودیت کم						
۰/۰۰۱۷	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط						
۰/۰۰۰۴	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد						
۰/۰۰۰۶	۰/۵۶۰	بدون محدودیت	۰/۱۲۶	دمای گل‌دهی				
۰/۰۰۰۳	۰/۲۷۲	محدودیت کم						
۰/۰۰۰۱	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط						
۰/۰۰۰۴	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد						
۰/۰۰۱۵	۰/۵۶۰	بدون محدودیت	۰/۳۱۱	بارش سالانه				
۰/۰۰۰۷	۰/۲۷۲	محدودیت کم						
۰/۰۰۰۳	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط						
۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد						
۰/۰۰۰۸	۰/۵۶۰	بدون محدودیت	۰/۱۷۱	بارش پاییز				
۰/۰۰۰۴	۰/۲۷۲	محدودیت کم						
۰/۰۰۰۱	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط						
۰/۰۰۰۵	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد						
۰/۰۰۰۸	۰/۵۶۰	بدون محدودیت	۰/۱۷۶	بارش دوره رشد و گل‌دهی	۰/۲۰۷			
۰/۰۰۰۴	۰/۲۷۲	محدودیت کم						
۰/۰۰۰۲	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط						
۰/۰۰۰۵	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد						
۰/۰۰۰۶	۰/۵۶۰	بدون محدودیت	۰/۱۲۳	بارش زمستان				
۰/۰۰۰۲	۰/۲۷۲	محدودیت کم						
۰/۰۰۰۱	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط						
۰/۰۰۰۳	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد						
۰/۰۰۰۴	۰/۵۶۰	بدون محدودیت	۰/۰۸۶	بارش دوره رسیدن				
۰/۰۰۰۲	۰/۲۷۲	محدودیت کم						
۰/۰۰۰۹	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط						
۰/۰۰۰۲	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد						
۰/۰۰۴	۰/۵۶۰	بدون محدودیت			۰/۱۷۰	یخبندان		
۰/۰۰۱۹	۰/۲۷۲	محدودیت کم						
۰/۰۰۰۹	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط						
۰/۰۰۰۲	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد						
۰/۰۰۳	۰/۵۶۰	بدون محدودیت			۰/۱۵۳	درجه روز رشد		
۰/۰۰۱۷	۰/۲۷۲	محدودیت کم						
۰/۰۰۰۸	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط						
۰/۰۰۰۲	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد						
۰/۰۰۲	۰/۵۶۰	بدون محدودیت			۰/۱۰۱	ساعات آفتابی		
۰/۰۰۱۱	۰/۲۷۲	محدودیت کم						
۰/۰۰۰۵	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط						
۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد						
۰/۰۰۱	۰/۵۶۰	بدون محدودیت			۰/۰۷۹	رطوبت نسبی		
۰/۰۰۰۹	۰/۲۷۲	محدودیت کم						
۰/۰۰۰۴	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط						

۰/۰۰۱	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد						
۰/۰۶	۰/۵۶۰	بدون محدودیت			۰/۴۱۳	ارتفاع	۰/۲۷۳	توپوگرافی
۰/۰۳	۰/۲۷۲	محدودیت کم						
۰/۰۱	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط						
۰/۰۰۴	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد						
۰/۰۴	۰/۵۶۰	بدون محدودیت			۰/۳۲۷	شیب		
۰/۰۲	۰/۲۷۲	محدودیت کم						
۰/۰۱۱	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط						
۰/۰۰۳	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد						
۰/۰۳	۰/۵۶۰	بدون محدودیت			۰/۲۶۰	جهت شیب		
۰/۰۱۹	۰/۲۷۲	محدودیت کم						
۰/۰۰۹	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط						
۰/۰۰۲	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد						
۰/۰۲	۰/۵۶۰	بدون محدودیت	۰/۵۷۵	دشت‌های آبرفتی	۰/۵۰۰	تیپ اراضی	۰/۱۳۲	قابلیت اراضی
۰/۰۰۴	۰/۲۷۲	محدودیت کم	۰/۲۰۹	واریزه‌های بادبزی				
۰/۰۰۱	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط	۰/۱۶۳	دشت‌های سیلابی				
۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد	۰/۰۵۲	سایر موارد				
۰/۰۴	۰/۵۵۰	بدون محدودیت			۰/۵۰۰	عمق خاک		
۰/۰۲	۰/۲۴۰	محدودیت متوسط						
۰/۰۱	۰/۲۱۰	محدودیت زیاد						
۰/۰۳۳	۰/۵۶۰	بدون محدودیت			۰/۴۵۴	زراعت آبی	۰/۱۷۴	کاربری اراضی
۰/۰۱۰	۰/۲۷۲	محدودیت کم			۰/۲۸۲	زراعت دیم		
۰/۰۰۲	۰/۱۳۱	محدودیت متوسط			۰/۱۶۴	مرتع		
۰/۰۰۰۴	۰/۰۳۷	محدودیت زیاد			۰/۱۰۰	سایر موارد		

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۲)

۵- بررسی سازگاری منطقی قضاوت‌ها

اهمیت فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، علاوه بر ترکیب سطوح مختلف سلسله‌مراتب تصمیم و در نظر گرفتن عوامل متعدد، در محاسبه نرخ سازگاری (CR) است. نرخ ناسازگاری مکانیزمی است که سازگاری مقایسات را مشخص می‌کند. این مکانیزم نشان می‌دهد که تا چه اندازه می‌توان به اولویت‌های حاصل از اعضا گروه یا اولویت‌های جدول اعتماد کرد. از تقسیم شاخص سازگاری به شاخص تصادفی، ضریب سازگاری حاصل می‌شود، که در جدول (۱۶) شاخص پایداری تصادفی (RI) آورده شده است. ارزش شاخص

تصادفی براساس تعداد معیارهای (زیرمعیارها و گزینه‌ها) مورد مقایسه، طبق جدول (۱۵) تغییر می‌یابد. چنانکه نسبت پایداری یا ضریب به دست آمده $CR < 0/1$ باشد، سطح قابل قبولی از ثبات را در مقایسه زوجی نشان می‌دهد یا به عبارت دیگر، اگر CR بزرگ‌تر یا مساوی $0/1$ باشد، باید در وزن‌های اعمال شده بر آن تجدیدنظر شده و مجدداً آرایه‌های زوجی آن‌ها مورد بررسی قرار گیرند تا در نهایت بتوان به سطح قابل قبولی دست یافت.

جدول ۱۶. شاخص پایداری تصادفی (RI)

تعداد (n)	(RI)	تعداد (n)	(RI)	تعداد (n)	(RI)
۱	۰/۰۰	۶	۱/۳۴	۱۱	۱/۵۱
۲	۰/۰۰	۷	۱/۳۲	۱۲	۱/۴۸
۳	۰/۵۸	۸	۱/۴۱	۱۳	۱/۵۶
۴	۰/۹۰	۹	۱/۴۵	۱۴	۱/۵۷
۵	۱/۱۲	۱۰	۱/۴۹	۱۵	۱/۵۹

(منبع: فرج‌زاده اصل، ۱۳۸۴: ۱۴۷)

نتایج شاخص سازگاری معیارها و زیرمعیارها در جدول (۱۷) نشان می‌دهد که ارزش‌های اعمال‌شده در مدل سلسله‌مراتبی درست هستند؛ زیرا که در همه موارد شاخص سازگاری کمتر از ۰/۱ است و در نتیجه سطح قابل‌قبولی را نشان می‌دهد.

جدول ۱۷. نتایج بررسی سازگاری ماتریس مقایسه زوجی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها

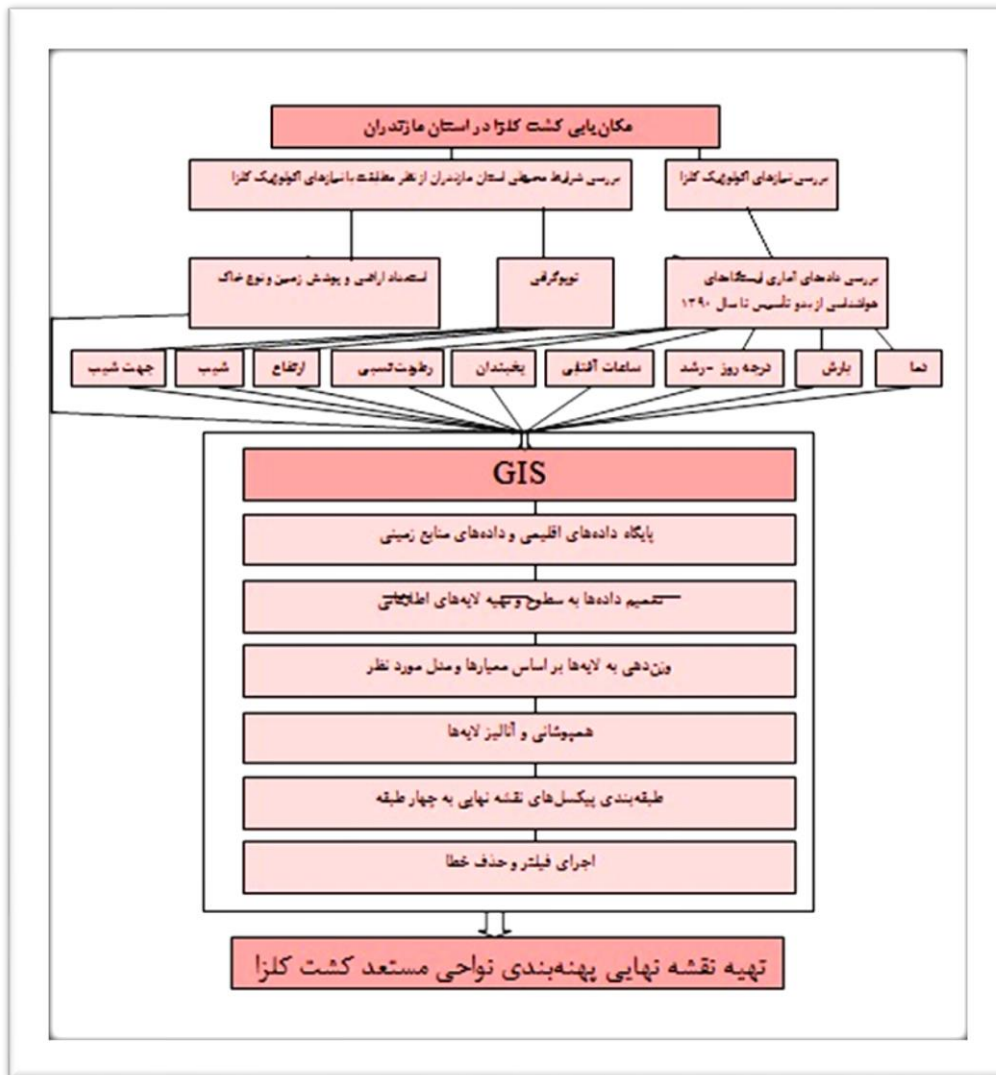
ناسازگاری	زیرمعیار	ناسازگاری	زیرمعیار	ناسازگاری	زیرمعیار	ناسازگاری	گزینه‌ها	ناسازگاری
۰/۰۱	اقليم	۰/۰۲	درجه حرارت	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	معیار	۰/۰۱
			بارش					
	قابلیت اراضی	۰/۰۵	۰/۰۶	تیپ اراضی				
		۰/۰۹		۰/۰۲	عمق خاک			

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۲)

۶- مدل‌سازی فضایی و تهیه و ترکیب لایه‌ها

اطلاعاتی مورد نیاز به‌وجود آمدند. این لایه‌های اطلاعاتی با توجه به نیازهای اکولوژیک کلزا و براساس معیارهای تعیین‌شده در مدل تهیه شدند. شکل (۱۲) مراحل مدل‌سازی، نحوه تلفیق داده‌ها و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی را نشان می‌دهد.

مدل‌سازی فضایی از مهم‌ترین راهکارهایی است که می‌تواند با روشی علمی، شرایط بهتری را در زمینه سنجش تناسب اراضی برای کشت محصول خاص به‌وجود آورد. در این مرحله اطلاعات مکانی و توصیفی پس از ورود به سیستم GIS و بهره‌گیری از توابع آن مورد پردازش قرار گرفته و براساس آن لایه‌های



شکل ۱۲. مراحل انجام تحقیق و مدل‌سازی فضایی
(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۲)

و عملکرد گیاهان را تعیین می‌کنند؛ بلکه مشخص‌کننده کمیت و کیفیت بهره‌برداری های انسان از محیط هستند. در پژوهش حاضر به منظور رسیدن به هدف مورد نظر، از پایگاه داده‌های اقلیمی که شامل درجه حرارت، بارش، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، درجه-روز رشد و تعداد روزهای یخبندان و پایگاه داده‌های منابع زمینی که شامل مدل رقومی ارتفاع (DEM)، نقشه مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی و نقشه کاربری سطح استان می‌باشند، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. با توجه به قابلیت این نقشه، نقشه توپوگرافی که شامل لایه‌های شیب، جهت و سطح ارتفاعی است، در محیط GIS از آن مشتق

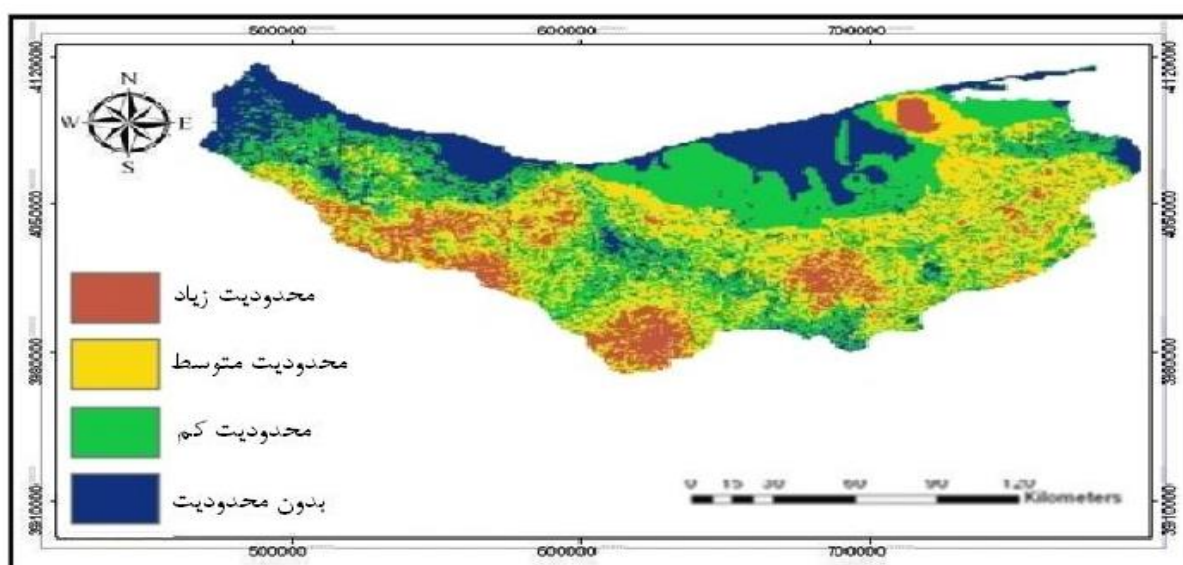
پس از انجام مدل‌سازی فضایی و همپوشانی اطلاعات، لایه نهایی تهیه می‌شود، در این لایه مناطقی که پیکسل‌های تشکیل‌دهنده آن از ارزش بالاتری برخوردار باشند، برای کشت کلزا مناسب‌ترند. در نهایت براساس ارزش پیکسل‌های این لایه، سطح استان مازندران از نظر استعداد کشت کلزا به چهار کلاس (بدون محدودیت، محدودیت کم، محدودیت متوسط و محدودیت زیاد) طبقه‌بندی شد.

نتیجه‌گیری

عوامل طبیعی و اقلیمی نه تنها به‌طور مستقیم و غیرمستقیم فرایندهای گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند

تلفیق و همپوشانی لایه‌ها در محیط GIS صورت گرفته و لایه نهایی ارزیابی تناسب اراضی برای کشت کلزا تهیه شد. در مرحله آخر نقشه نهایی به ۴ طبقه برای کشت کلزا یعنی بدون محدودیت، محدودیت کم، محدودیت متوسط و محدودیت زیاد طبقه‌بندی شدند (شکل ۱۳) (جدول ۱۸)

شده و به‌عنوان لایه‌های اطلاعاتی در سنجش تناسب اراضی استان، مورد استفاده قرار گرفته است؛ سپس به‌منظور اولویت‌بندی و ارزیابی معیارها در ارتباط با کشت کلزا، از روش تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) مبتنی بر روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شده است. درنهایت با وزندهی به لایه‌های تهیه‌شده براساس معیارها و مدل موردنظر،



شکل ۱۳. ارزیابی تناسب اراضی برای کشت کلزا براساس عناصر و عوامل اقلیمی (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۲)

جدول ۱۸. توزیع مساحت استان براساس ارزیابی داده‌های اقلیمی و منابع زمینی برای کشت کلزا

درصد	مساحت به Km^2	نقشه نهایی
۱۵/۳	۳۵۴۲	بدون محدودیت
۲۸/۲	۶۵۱۷	محدودیت کم
۴۸/۲	۱۱۱۲۰	محدودیت متوسط
۸/۳	۱۸۹۳	محدودیت زیاد

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۲)

۱- اراضی دارای بدون محدودیت: این اراضی به‌دلیل وجود پتانسیل اقلیمی و قابلیت‌های محیطی خوب، بهترین مکان برای کشت کلزا می‌باشند و ۱۵/۳ درصد از مساحت استان را شامل می‌شود و در محدوده‌های شهرستان بهشهر، نکا، ساری، قائم‌شهر، جویبار، محمودآباد، نور، نوشهر، چالوس و رامسر واقع شده‌اند.

۲- اراضی دارای محدودیت کم: این اراضی شرایط نسبتاً ضعیف‌تری نسبت به گروه اول دارند، ولی می‌توان عملکرد خوبی از آن‌ها انتظار داشت و ۲۸/۸ درصد از

۱- اراضی دارای بدون محدودیت: این اراضی به‌دلیل وجود پتانسیل اقلیمی و قابلیت‌های محیطی خوب، بهترین مکان برای کشت کلزا می‌باشند و ۱۵/۳ درصد از مساحت استان را شامل می‌شود و در محدوده‌های

پیشنهادها

- ۱- معرفی اراضی شناسایی شده با پتانسیل بدون محدودیت به کشاورزان به منظور به زیر کشت بردن و توسعه کشت کلزا؛
- ۲- مطالعه جامع در رابطه با کشت ارقام مختلف کلزا و انتخاب بهترین رقم با توجه به شرایط اقلیمی و محیطی استان؛
- ۳- از آنجایی که عناصر اقلیمی در مقیاس‌های میکرو اثرات قابل توجهی بر روی محصولات کشاورزی دارند، پیشنهاد می‌شود برای امکان‌سنجی محصولات کشاورزی، بهتر است در سطح شهرستان انجام گیرد.

منابع

- احمدی‌زاده، سعید (۱۳۷۸). برنامه‌ریزی توسعه استان خراسان با استفاده از مدل‌های اکولوژیک و سامانه اطلاعات جغرافیایی، همایش نقشه‌برداری، سازمان نقشه‌برداری کشور، صص ۳۶-۳۰.
- آرزم، کامل (۱۳۸۹). سنجش تناسب اراضی استان آذربایجان غربی برای کاشت کلزا براساس روش‌های ارزیابی تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.
- آیاری، هوشنگ؛ شکاری، فریبرز (۱۳۷۹). دانه‌های روغنی (زراعت و فیزیولوژی)، چاپ اول، انتشارات عمیدی، تبریز.
- پاکروان، محمدرضا؛ مهرابی بشرآبادی، حسین؛ شکیبایی، علیرضا (۱۳۸۸). تعیین کارایی برای تولیدکنندگان کلزا در شهرستان ساری، مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی، شماره ۴، صص ۷۸-۶۸.
- پیتر، جی (۱۳۷۹). آب و هوا و عملکرد گیاهان زراعی، ترجمه محمد کافی، علی گنجعلی، احمد نظامی و فرهاد شریعتمدار، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی، مشهد.
- جوانمرد، حمیدرضا؛ شیرانی‌راد، امیرحسین؛ حسینی طباء، سیدعلیرضا؛ نادری در باغشاهی، محمدرضا (۱۳۸۶). بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام کلزای بهاره در منطقه اصفهان، یافته‌های نوین کشاورزی، سال دوم، شماره ۱، صص ۲۸-۲۰.
- حیدرزاده، نوید. (۱۳۸۰). مکان یابی محل دفن زاید جامد شهری با استفاده از GIS برای شهر تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس.

اراضی استان را به خود اختصاص داده و به صورت پراکنده در سطح استان قرار دارند.

۳- اراضی دارای محدودیت متوسط: این اراضی از نظر پتانسیل اقلیمی و محیطی قابلیت چندانی برای کشت کلزا ندارند و قسمت‌های شرق، شمال‌شرق و مرکز استان را دربر گرفته است و ۴۸/۲ درصد از مساحت استان را شامل می‌شود.

۴- اراضی دارای محدودیت زیاد: این اراضی با توجه به ارزیابی پتانسیل اقلیمی و منابع زمینی از هر لحاظ فاقد پتانسیل مناسب برای کشت کلزا می‌باشند، ۸/۳ درصد از اراضی استان را به خود اختصاص داده و محدوده‌های شهرستان نکا، سوادکوه، لاریجان و قسمت‌های جنوبی شهرستان تنکابن را دربر می‌گیرد.

از آنجا که استان مازندران دارای تنوع اقلیمی است و این تنوع در توزیع درجه حرارت و بارش که از فاکتورهای اساسی اکولوژی مناسب برای کشت کلزاسا، بیش از سایر عناصر اقلیمی دیگر نمایان است. استان مازندران با داشتن ریزش‌های جوئی در حدود ۱۳۰۰-۶۰۰ میلی‌متر در سال و میانگین درجه حرارت سالانه در حدود ۱۶ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد، بهترین شرایط اقلیمی را برای کشت کلزا فراهم می‌کنند. هرچند که عامل ارتفاع نقش مهمی در توزیع بارش و دمای استان مازندران ایفا می‌کند و مناطق مناسب و نامناسب را در ارتباط با این دو عامل مجزا می‌کند؛ ولی همین عامل می‌تواند از جهت وجود خاک‌های فقیر و بهره‌نگرفتن از ماشین‌آلات پیشرفته نقش محدودیت را در ارتباط با کشت کلزا فراهم کند. از آنجا که اکثر مناطق استان در ارتفاع کمتر از ۱۵۰۰ متر قرار دارند، موقعیت استان را در شرایط بدون محدودیت برای کشت کلزا ایجاب می‌کند. نقش شیب زمین هم به‌عنوان یک پارامتر تأثیرگذار در کشت محصولات کشاورزی غیرقابل کتمان است و این عامل می‌تواند در حمل‌ونقل، نوع خاک، آبیاری و قابلیت دسترسی به محصول، شرایط نامناسبی را برای کشت کلزا فراهم کند.

فرج زاده اصل، منوچهر (۱۳۸۴). سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در برنامه ریزی توریسم، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران .

قدسی پور، حسن (۱۳۸۴). فرایند تحلیل سلسله مراتبی، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، تهران .

لشکری، حسن؛ رضایی، علیرضا (۱۳۹۰). مکان یابی نواحی مستعد کشت کلزا در منطقه سرپل ذهاب، مجله پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۸، صص ۳۹-۴۸.

مظفری، ساعده؛ مس شناس، مرتضی؛ مختاپور، بهروز؛ حقیقی، خلیل؛ قاسمیپور، علی اکبر (۱۳۷۹). بررسی تعیین مناسب ترین فاصله خطوط کاشت کلزا در استان مازندران، وزارت کشاورزی، سازمان کشاورزی استان مازندران.

میرزا باقری، مژگان (۱۳۸۱). کاشت، داشت و برداشت کلزا، نشریه شماره ۸۱.

میکائیلی، جواد؛ اشرفی، علی؛ صادقی، حجت الله (۱۳۹۲). امکان سنجی کشت کلزا در شهرستان ایذه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۸، صص ۹۵-۱۰۲.

Bonoiglio, T., Orlandi, F., Sgromo, C., Romano, B., Fornaciraria, M (2009). Evidences of Olive Pollination date Variation in relation to Spring Temperature Trends, Springer Science Aerobiologia. 25: 227-233.

Ghasemipirbalouti, A., Golparvar, AR (2008). Evaluating Agro- Climatologically Variables to Indentify Suitable Areas For Rapessd in Different Dates of Sowing by GIS Approach American, Journal of Agricultural and Biological Sciences. (3) 4: 656- 660.

Vernon, L., Van gool. d 2006. potential impacts of climate change on agricultural land use suitability: canola, Resource management Technical report. pp:303.

Yazdanpanah, H., Movahedi, S., Soleymani, Tabar, M., Salehi, M (2011). Determining the Effect of Climatic Elements on the Yield of Dry Farmed Wheat in East Azarbaijan Province by Using Intelligent Neural Network, Geography and development . 8(20): 133- 144.

خواججه پور، محمدرضا (۱۳۸۳). گیاهان صنعتی، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد دانشگاه صنعتی اصفهان.

خورشیددوست، علی محمد؛ حسینی، سیداسعد؛ محمدپور، کاوه (۱۳۹۰). تعیین مکان های مناسب برای کشت کلزا در استان کردستان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نشریه دانش آب و خاک، شماره ۲۱، صص ۳۰-۳۹.

دیلسون، جاسبرسینگ اس. اس (۱۳۸۲). جغرافیای کشاورزی، ترجمه سیاوش دهقانیان، عوض کوچکی و علی کلاهی اهری، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

دی اس، کیمبر؛ دی. آی. مک گرگور. (۱۳۸۷). کلزا، فیزیولوژی، زراعت به نژادی و تکنولوژی، ترجمه مهدی عزیزی، افشین سلطانی و سعید خاوری خراسانی، چاپ سوم، انتشارات جهاد دانشگاهی، مشهد.

سالنامه آماری (۱۳۸۸). استان مازندران .

سید شریفی، رؤف (۱۳۸۶). گیاهان صنعتی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

شاهمرادی، عیسی (۱۳۹۰). پهنه بندی آگروکلیماتیک کاشت کلزا با استفاده از AHP در محیط GIS در استان ایلام، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

شریعتی، شهاب؛ قاضی شهینی زاده، پوران (۱۳۷۹). کلزا، اداره کل آمار و اطلاعات در امور کشاورزی.

شیرانی راد، امیرحسین؛ دهشیری، علی (۱۳۸۱). راهنمای کلزا (کاشت، داشت و برداشت)، دفتر خدمات تکنولوژی آموزشی، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، صص ۴-۵.

صالحی، بهروز؛ محمدی، جعفر؛ خدادادی، محسن (۱۳۸۹). بررسی رقم، تراکم و آرایش کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام پاییزه کلزا، فصل نامه دانش نوین کشاورزی پایدار، شماره ۲۰، صص ۴۰-۴۶.

عسگری، عبدالحسین؛ مرادی دالینی، ابوالفتح (۱۳۸۶). ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات رویشی ارقام کلزا در تاریخ کاشت های مختلف در منطقه حاجی آباد هرمزگان، نهال و بذر، شماره ۲۳، صص ۴۳۰-۴۱۹.