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 منطقهٔ 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 ازقبیلِ درجه حرارت، بارش، درجه روز-رشد، ساعات آفتابی، تعداد روزهای یخبندان و رطوبت نسبی و همچنین از داده‌های قابلیت محیطی، شاملِ 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) مبتنی‌بر 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 لایهٔ نهایی ارزیابی تناسب اراضی برای کشت کلزا تهیه شد. نتایج به‌دست‌آمده از مباحث مطرح‌شده نشان داد که اراضی منطقهٔ 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.

۱- عضو هیات علمی و دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی-اردبیل (نویسنده مسؤول) sobhani@uma.ac.ir
۲- دانش آموخته رشته جغرافیای طبیعی- اقلیم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی mohammadrooshanali@yahoo.com

**مقدمه**

به‌دلیل 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 به‌منظور تأمینِ بخشی از نیازهای کشور مفید واقع شود (صالحی و دیگران، ۱۳۸۹: ۴۶). این گیاه از گذشته به‌عنوان گیاه علوفه‌ای و روغنی در تغذیهٔ دام و صنعت کاربرد داشته است. با بهره‌گیری از ارقام جدید کیفیت و کمیت، روغن این گیاه به‌منظور مصرف خوراکی افزایش یافته و امروزه می‌توان به‌جرأت گفت که به‌دلیل مصارف گوناگون کلزا ازجمله باارزش‌ترین 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 به‌چشم‌می‌خورد (جوانمرد و دیگران، ۱۳۸۶: ۲۸).

با توجه به این یافته‌ها در برنامهٔ پنج سالهٔ 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؛ به‌نقل‌از شاهمرادی، ۱۳۹۰: ۳). بر این اساس، سازمان خواربار جهانی (FAO) استفاده از زمین، آب و سایر منابع، مدلی را باعنوان پهنه‌بندی اکولوژیکی-کشاورزی ارائه کرد و پس از تحقیقات و آزمایشات فراوان در سال ۱۹۸۳ آن را برای همهٔ کشورها توصیه کرد. روش به‌کار رفته در این مدل، در کمّی‌کردن پارامترهای اقلیم، خاک و سایر پارامترهای فیزیکی در برآورد حاصل‌خیزی محصولاتِ متفاوت، با توجه به نیازمندی‌های محیطی و مدیریتی، روشی نو و جدید است (احمدی‌زاده، ۱۳۷۸: ۳۶). هر منطقه دارای توانمندی‌ها و تنگناهایی در زمینهٔ کشاورزی است؛ ازاین‌رو شناخت و تحلیل آن‌ها می‌تواند درجهت توسعه مؤثر واقع شود و از منابع موجود استفادهٔ مطلوب و مناسب به عمل آید؛ زیرا هر گیاه یا محصول با شرایط خاصی سازگار است که با درنظرگرفتن شرایط لازم، می‌توان به نتیجهٔ 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 زمینهٔ سنجش و پتانسیل‌سنجی عوامل طبیعی با استفاده از مدل‌های مختلف است؛ ازاین‌رو امروزه تهیه و کاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌منظور افزایش دقت در امر برنامه‌ریزی، رواج گسترده‌ای یافته است؛ زیرا ازطریق آن‌ها با توجه به معیارهای کمّی و کیفی متعدد، می‌توان به انتخاب بهترین گزینه دست یافت (میکائیلی و دیگران، ۱۳۹۲: ۱۰۲). گیاه روغنی کلزا به‌دلیل سازگاری با شرایط اقلیمی اغلب نقاط کشور، مورد توجه قرار گرفته است. از آنجا که استان مازندران یکی از قطب‌های کشور ازلحاظ کشاورزی محسوب می‌شود(مظفری و دیگران، ۱۳۷۹)؛ ازاین‌رو با شناخت عناصر و عوامل اقلیمی موجود در سطح استان، می‌توان زمینهٔ لازم را برای برنامه‌ریزی درجهت افزایش سطح زیر کشت کلزا (به‌عنوان یکی از دانه‌های روغنی) فراهم کرد. در این مقاله هدف آن است که استان مازندران ازطریق لایه‌های موجود مورد ارزیابی و سنجش قرار گیرد و پتانسیل هریک از لایه‌ها برای کشت کلزا مشخص شود و پهنه‌های امکان کشت کلزا براساس میزان قابلیت در نقشهٔ 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 خانوادهٔ 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 جنبهٔ خودناسازگار و دو تیپ رشد بهاره و پاییزه است.

ارقام پاییزه در شرایط مساعد پرمحصول هستند. کلزا از رشد روزت برخوردار است و این امر از سرمازدگی آن در پاییز و زمستان جلوگیری می‌کند. مقاومت کلزا در برابر سرما در مرحلهٔ ۱۰-۸ برگی روزت به حداکثر می‌رسد. در این مرحله، اگر گیاه پوششی از برف داشته باشد، دمای تا ۲۰- و در نبود پوشش برفی تا ۱۵- درجهٔ سانتی‌گراد را به‌مدت کوتاهی تحمل می‌کند. دارا بودن تیپ‌های بهاره و پاییزه امکان کشت این گیاه را در شرایط اقلیمی مختلف فراهم می‌سازد (سیدشریفی،۱۳۸۶: ۱۶۶). مراحل رشد کشت کلزا براساس اندام‌های هوایی به سه مرحله تقسیم می‌شود که هر مرحله به شرایط اقلیمی خاصی نیاز دارد:

**الف) جوانه‌زنی، ریشه‌دهی و مرحلهٔ روزت**: طول دورهٔ جوانه‌زنی بسته به دما متغیّر است و در دمای ۲ درجه در مدت ۱۱ تا ۱۴ روز و در دمای ۲۵-۲۱ درجه در مدت ۲ روز جوانه می‌زند (سیدشریفی،۱۳۸۶: ۱۷۰). در زمان‌های معمول کاشت درجه حرارت مناسب برای جوانه‌زنی حدود ۲۰-۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد است (جی پیتر، ۱۳۷۹: ۲۳۹). اما دمای مناسب برای جوانه‌زنی و سبز شدن بذر ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. اگر دما از ۱۶ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد سبز شدن در طول ۳ تا ۵ روز پس از کاشت صورت می‌گیرد. در دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد به ۷ تا ۸ روز، در ۸ درجه سانتی‌گراد به بیشتر از ۱۰ روز و در دماهای زیر ۵ درجه سانتی‌گراد به بیشتر از ۲۰ روز برای سبز شدن نیاز دارد (سید شریفی، ۱۳۸۶: ۱۷۰). هر چند بذرها حتی در درجه حرارت یک درجه سانتی‌گراد قادر به جوانه‌زنی هستند (جی‌پتیر، ۱۳۷۹: ۲۳۹). خشکی در مرحلهٔ جوانه‌زنی مانع از آماس بذر می‌شود. این امر سبزشدن گیاه را به تعویق می‌اندازد و برای رشد بعدی گیاه، پیامدهای زیان‌باری داشته باشد. حساسیت مسئله زمانی اوج می‌گیرد که آب کافی برای شروع جوانه‌زنی وجود داشته باشد؛ ولی گیاهچهٔ جوان با کمبود آب مواجه شود. در این حالت، گیاه سبز یکنواخت در مزرعه به‌دست نمی‌آید و باید واکاری انجام شود (سید شریفی، ۱۳۸۶: ۱۷۰).

**ب) مرحلهٔ طویل‌شدن ساقه، گل‌دهی و گرده‌افشانی**: طول دورهٔ طویل‌شدن ساقه از آغازش گل‌آذین تا گل‌دهی ممکن است ازنظر عملکرد نهایی مهم‌تر باشد (سیدشریفی، ۱۳۸۶: ۱۷۰). در مرحلهٔ ساقه‌روی و رشد سریع، مناسب‌ترین درجه حرارت ۲۰ الی ۲۲ درجه سانتی‌گراد است. درجه حرارت بالا در زمان گل‌دهی باعث ایجاد تنش رطوبتی، عدم‌جذب مناسب عناصر غذایی و کاهش عملکرد خواهد شد (آلیاری و شکاری، ۱۳۷۹: ۱۱۵). مقدار مطلوب بارندگی طی رشد بهاره تا گل‌دهی حدود ۱۰۰ میلی‌متر با متوسط مجموع بارندگی در ماه مارس و آوریل حدود ۴۰ میلی‌متر است. طی دورهٔ گل‌دهی مقادیر کم و بیش‌ازحد بارندگی زیر ۲۰ میلی‌متر و بالای ۸۰ میلی‌متر می‌تواند عملکرد را کاهش دهد (جی‌پتیر، ۱۳۷۹: ۲۲۴). در مرحلهٔ گل‌دهی و اوایل غلاف‌بندی، تأثیر سوء ناشی از کمبود آب حداکثر است و موجب کاهش فوق‌العادهٔ تعداد غلاف، دانه‌بندی، کوچک‌تر ماندن دانه و کاهش درصد روغن می‌شود (سیدشریفی، ۱۳۸۶: ۱۷۱).

**ج) مرحلهٔ رسیدگی**: طی چند روز بعد از گرده‌افشانی، رشد سریع غلاف ازنظر طولی و وزنی آغاز می‌شود، درصورتی که آغاز رشد سریع دانه در حدود ۲۰ روز تأخیر دارد؛ به‌طوری‌که قبل از شروع رشد سریع دانه، غلاف‌ها تا حدودی رشد طولی خود را به اتمام می‌رسانند و وقتی که دیواره‌های غلاف به حداکثر اندازه و وزن خود رسید، دانه‌ها فقط به ۳۵ درصد وزن خشک نهایی خود می‌رسند (کیمبر و مک‌گرگور[1]، ۱۳۸۷: ۴۱). بعد از شروع دورهٔ آب‌کشیدگی دانه در ۵۰ روز بعد از گرده‌افشانی، افزایش وزن خشک دیوارهٔ غلاف متوقف می‌شود؛ درحالی که ۴۲ درصد افزایش وزن خشک دانه در طی ۵۰ تا ۷۵ روز بعد از گرده‌افشانی اتفاق می‌افتد (سیدشریفی، ۱۳۸۶: ۱۷۱). به هنگام آغاز رشد سریع غلاف، تجمع وزن خشک ساقه و شاخه‌ها به حداکثر خود نزدیک می‌شود. در این هنگام شاخص سطح برگ نیز درحال کاهش سریع خواهد بود. بدین ترتیب یک توالی مشخص رشد وجود

1- Kimbr and Mc Gregor

دارد که در آن رشد برگ، رشد ساقه، رشد دیوارهٔ 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 مادهٔ 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 (سیدشریفی،۱۳۸۶: ۱۷۱ و پاکروان و دیگران، ۱۳۸۸). کلزا در خاک‌هایی که رطوبت‌شان زیاد است، دچار ورس می‌شود. رطوبت زیاد سبب توسعهٔ 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 استقراریافته در کشت پاییزه قبل از توقف رشد به مرحلهٔ روزت (شش تا هشت برگی) 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 می‌تواند تا ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد افزایش یابد (آلیاری و شکاری، ۱۳۷۹: ۱۱۲). این گیاه را می‌توان در خاک‌هایی کشت کرد که PH آن‌ها از ۵/۵ تا ۸ متغیّر است؛ اما مناسب‌ترین PH برای رشد و نمو کلزا حدود ۶/۵ است، زیرا در این PH همهٔ عناصر غذایی به‌سادگی در دسترس گیاه می‌باشد. کلزا در خاک‌های اسیدی بیش‌از قلیایی 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 درجهٔ جنوبی در استرالیا تا بیش‌از ۶۰ درجهٔ 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 (خواجه‌پور، ۱۳۸۳: ۶۹). شیب‌های بیشتر از ۲۰ درصد، کشت و آبیاری مکانیزهٔ کلزا را با مشکل روبه‌رو می‌سازد. بهترین شیب برای کشت کلزا کمتر از ۵ درصد است (قاسمی‌پیربالوتی و دیگران، ۲۰۰۸؛ به‌نقل‌از آزرم، ۱۳۸۹: ۲۳). در زمینهٔ سنجش قابلیت اراضی، مطالعات متعددی صورت‌گرفته که به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود (جدول ۱).

**جدول ۱. مطالعات انجام‌شده در زمینهٔ کشت کلزا**

| نوسنده یا نویسندگان | منطقهٔ مورد مطالعه | نتایج |
|---|---|---|
| قاسمی پیربالوتی[1] و دیگران (۲۰۰۸) | جنوب‌غرب ایران که دو استان اصفهان و چهارمحال بختیاری | شیب‌های بیشتر از ۲۰ درصد، کشت و آبیاری مکانیزهٔ کلزا را با مشکل روبه‌رو ساخته و بهترین شیب را برای کشت کلزا کمتر از ۵ درصد می‌دانند و درنهایت با تلفیق لایه‌های شیب، عمق خاک و ارتفاع در محیط GIS، نواحی مناسب کشت کلزا مشخص شد. |
| بونوفیگلیو[2] و دیگران (۲۰۰۹) | ناحیه آمبریا[3] در ایتالیا | یک ارتباط قوی میان فنولوژی و گرم‌شدن هوا وجود دارد. |
| یزدان‌پناه[4] و دیگران (۲۰۱۱) | استان آذربایجان شرقی | «بارش»، دارای بالاترین نقش در تعیین عملکرد گندم مزرعهٔ 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 ازجمله 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 شمال‌شرق و شمال (محدودهٔ اباتو) و قسمت‌هایی از نواحی مرکزی و شمال غرب استان به‌دلیل شرایط نامساعد اقلیمی و محیطی، نامناسب برای کشت شناخته شد. بقیهٔ مناطق با ۵۳/۸ درصد از مساحت استان در درجهٔ متوسط تا مناسب قرار گرفتند. |
| لشکری و رضایی (۱۳۹۰) | سرپل ذهاب | ۴۱ درصد از مساحت منطقهٔ مطالعاتی برای کشت مناسب و ۵۹ درصد ضعیف و نامناسب بود. |

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۲)

مرحلهٔ فنولوژیکی کشت کلزا که برای مناطق شمال و شمال‌غرب ارائه شده، به‌عنوان مبنای کار قرار گرفته که در جدول (۲) نشان داده شده است.

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

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

(منبع: آزرم، ۱۳۸۹: ۲۴-۲۵)

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، نقشهٔ نهایی برای پهنه‌بندی کشت کلزا برای منطقهٔ 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 شاملِ وضعیت دما، بارش، ساعات آفتابی، درجهٔ روز-رشد، روزهای یخبندان و رطوبت نسبی است. سپس شرایط کشت کلزا مورد مطالعهٔ دقیق قرار گرفته (شریعتی و قاضی شهنی‌زاده، ۱۳۷۹) و با مشخص‌شدن نیازهای اولیهٔ کشت کلزا، پتانسیل‌های استان مازندران در زمینهٔ کشت کلزا بررسی شده است.

در این راستا با جمع‌آوری اطلاعات توصیفی و رقومی‌سازی داده‌های مکانی مانند لایه‌های توپوگرافی، کاربری اراضی و مانند آن و ایجاد فضای توپولوژیک به‌وسیلهٔ 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 تجزیه‌وتحلیل لایه‌ها اقدام شد. برای این هدف از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شد.

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

۱- آمار و اطلاعات ۲۸ ایستگاه سینوپتیکی و کلیماتولوژی 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-نقشهٔ منابع خاک استان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰ از مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب؛

۴-استفاده از نرم‌افزار Arc/GIS به‌منظور رقومی‌سازی نقشه‌ها و تشکیل پایگاه داده‌هایی فضایی و مدل‌سازی؛

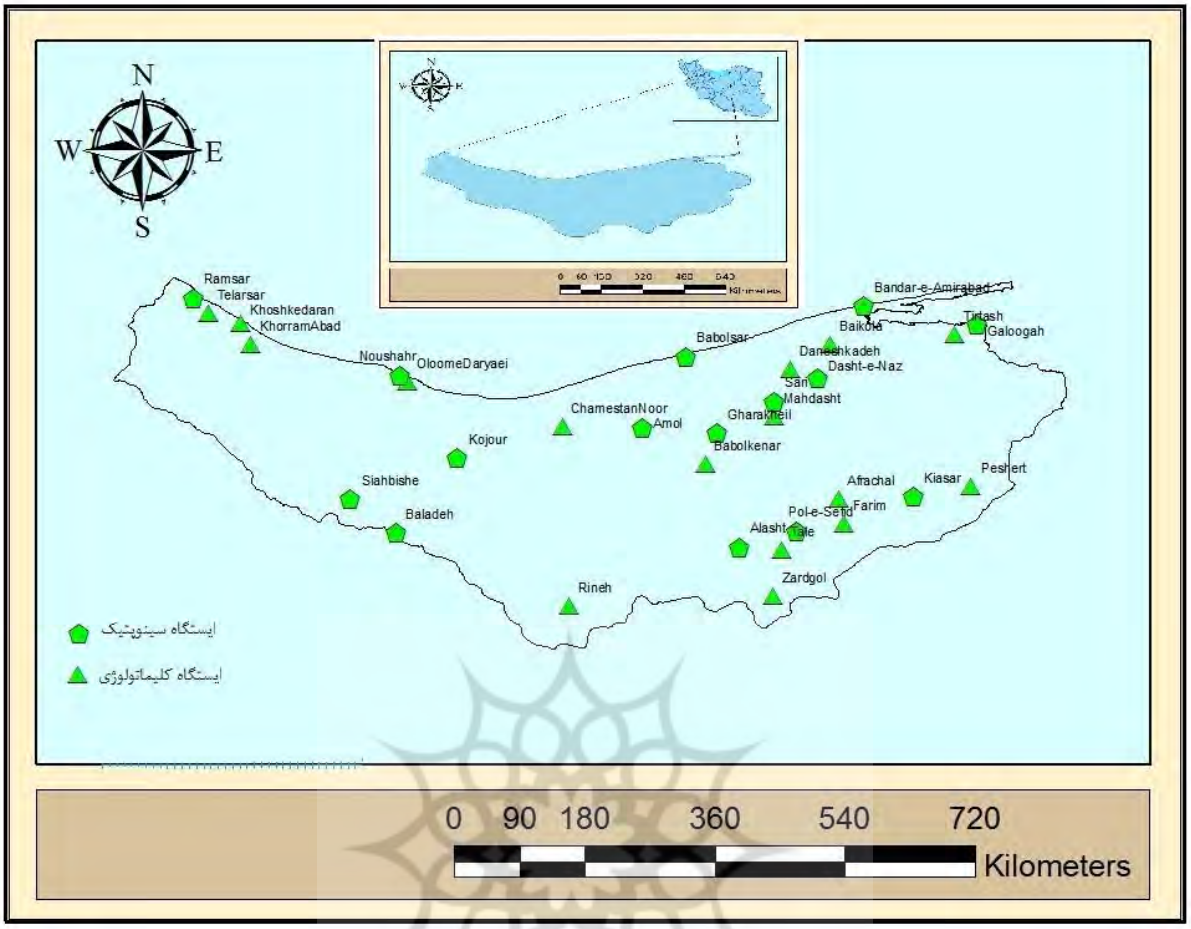
۵- استفاده از نرم‌افزارهای *SPSS* و *Excel* درجهت محاسبات آماری.

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

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

### موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه

استان مازندران با داشتن ۲۳۷۵۶/۴ کیلومترمربع 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. (سالنامهٔ آماری استان مازندران، ۱۳۸۸: ۷).




**شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه**

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۲)

**مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)**

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است که برای اولین بار توسط «توماس‌آل‌ساعتی»[1] در سال ۱۹۸۰ مطرح شد. این تکنیک امکان فرموله‌کردن مسأله را به‌صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان درنظرگرفتن معیارهای مختلف کمّی 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؛ علاوه‌بر این، مبنای مقایسهٔ زوجی بنا نهاده شده است، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌کند و همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری سیستم را نشان می‌دهد که از 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 محاسبهٔ 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 تجزیه‌وتحلیل‌ها به کمک نرم‌افزار GIS صورت گرفت و اراضی استان مازندران ازنظر قابلیت کشت کلزا طبقه‌بندی شد. فرایند قابلیت‌سنجی اراضی شامل مراحل ذیل است:

1- Thomas al Saati

**۱-ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی**

اولین مرحله در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، تجزیه‌کردن مسئلهٔ تصمیم‌گیری به سلسله‌مراتبی یا ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسأله است که شامل مهم‌ترین عناصر مسألهٔ 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 درمقابل 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 مبتنی‌بر GIS بازنمایی و نشان داده می‌شوند. هر لایه مشتمل‌بر 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 مبتنی‌بر AHP را به روش‌های GIS متصل می‌کند (حیدرزاده، ۱۳۸۰: ۶۰). در جدول (۳) عناصر و عوامل اقلیمی مورد نیاز در طول دورهٔ رشد کشت کلزا نشان داده شده است.

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

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

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۲)

**۲- ایجاد ماتریس مقایسهٔ زوجی (دوتایی)**

در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، ابتدا عناصر به‌صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس مقایسهٔ زوجی تشکیل می‌شود. به‌طور کلی، یک ماتریس مقایسهٔ زوجی به‌صورت زیر نشان داده می‌شود که در آن $a_{ji}$ ترجیح عنصر Iام نسبت‌به عنصر Jام است.

$$A=\begin{pmatrix} a11 & \dots & a1n \\ \vdots & \dots & \vdots \\ an1 & \dots & ann \end{pmatrix}$$

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

همهٔ 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.

**جدول ۴. مقادیر ترجیحات برای مقایسهٔ زوجی**

| ترجیحات | | مقدار عددی |
|---|---|---|
| **کاملاً مرجع یا کاملاً مهم** | **Extremely Preferred** | **۹** |
| **ترجیح خیلی‌بیشتر** | **Very Strongly Preferred** | **۷** |
| **ترجیح بیشتر** | **Strongly Preferred** | **۵** |
| **کمی مرجع یا کمی مهم‌تر** | **Moderately Preferred** | **۳** |
| **ترجیح یکسان** | **Equally Preferred** | **۱** |
| **ترجیحات بین فواصل فوق** | | **۸و۶و۴و۲** |

(منبع: قدسی‌پور، ۱۳۸۴: ۱۴)

ماتریس‌های مقایسهٔ 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 مقایسهٔ زوجی معیارهای مورد مطالعه برای هدف**

| | اقلیم | توپوگرافی | کاربری اراضی | قابلیت اراضی |
|---|---|---|---|---|
| اقلیم | | 1.0 | 3.0 | 4.0 |
| توپوگرافی | | | 1.0 | 2.0 |
| کاربری اراضی | | | | 1.0 |
| قابلیت اراضی | Incon: 0.05 | | | |

**جدول ۶. ماتریس مقایسهٔ 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 مقایسهٔ 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 مقایسهٔ 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 مقایسهٔ زوجی زیرمعیارهای توپوگرافی**

| | ارتفاع | شیب | جهت شیب |
|---|---|---|---|
| ارتفاع | | 1.0 | 2.0 |
| شیب | | | 1.0 |
| جهت شیب | Incon: 0.05 | | |

**جدول ۱۰. ماتریس مقایسهٔ 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 مقایسهٔ زوجی زیرمعیارهای تیپ اراضی**

| | دشتهای آبرفتی | واریزه های آبرفتی | اراضی غیر قابل کشت | دشت سیلابی |
|---|---|---|---|---|
| دشتهای دامنه ای و آبرفتی | | 2.0 | 6.0 | 8.0 |
| واریزه های آبرفتی پادبزنی شکل | | | 1.0 | 4.0 |
| اراضی غیر قابل کشت | | | | 4.0 |
| دشت سیلابی | Incon: 0.06 | | | |

**جدول ۱۲. ماتریس مقایسهٔ زوجی زیرمعیارهای عمق خاک**

| | عمیق | متوسط | کم عمق |
|---|---|---|---|
| عمیق | | 2.0 | 3.0 |
| متوسط | | | 1.0 |
| کم عمق | Incon: 0.02 | | |

**جدول ۱۳. ماتریس مقایسهٔ زوجی پایگاه داده‌های منابع زمینی**

| | توپوگرافی | کاربری اراضی | قابلیت اراضی |
|---|---|---|---|
| توپوگرافی | | 1.0 | 2.0 |
| کاربری اراضی | | | 1.0 |
| قابلیت اراضی | Incon: 0.05 | | |

**جدول ۱۴. ماتریس مقایسهٔ زوجی گزینه‌ها**

| | بدون محدودیت | محدودیت کم | محدودیت متوسط | محدودیت زیاد |
|---|---|---|---|---|
| بدون محدودیت | | 3.0 | 5.0 | 9.0 |
| محدودیت کم | | | 1.0 | 3.0 |
| محدودیت متوسط | | | | 2.0 |
| محدودیت زیاد | Incon: 0.01 | | | |

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۲)

**۳-محاسبهٔ وزن معیارها ازطریق روش بردار ویژه**

محاسبهٔ وزن در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در دو مرحله به‌دست می‌آید: الف- وزن نسبی[1]؛ ب- وزن مطلق[2]. وزن نسبی از ماتریس مقایسهٔ زوجی به‌دست می‌آید، درحالی‌که وزن مطلق رتبهٔ نهایی هر گزینه است که از تلفیق وزن‌های نسبی محاسبه می‌شود. در روش بردار ویژه $W_i$ها به‌گونه‌ای تعیین می‌شوند که روابط زیر صادق باشند:

$$A11W1+a12w2+\ldots a1nwn=\lambda.w1$$
$$A21W1+a22w2+\ldots a2nwn=\lambda.w2$$
$$\ldots\ldots\ldots \quad \ldots\ldots \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \ldots\ldots$$
$$An1W1+an2w2+\ldots annwn=\lambda.wn$$

که در آن $a_{ij}$ ترجیح عنصر iام بر jام است و $W_i$ نیز وزن عنصر iام و $\lambda$ یک عدد ثابت می‌باشد. این روش نیز یک نوع میانگین‌گیری است که «هارکر»[3] آن را میانگین در طرق مختلف می‌داند؛ زیرا در این روش وزن عنصر iام (یعنی $W_I$) طبق تعریف بالا برابر است با:

$$W_i=\frac{1}{\lambda}\sum_{i=1}^{n} a_{ij}\, w_j \qquad i=1,2,\ldots,n$$

دستگاه معادلات فوق را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

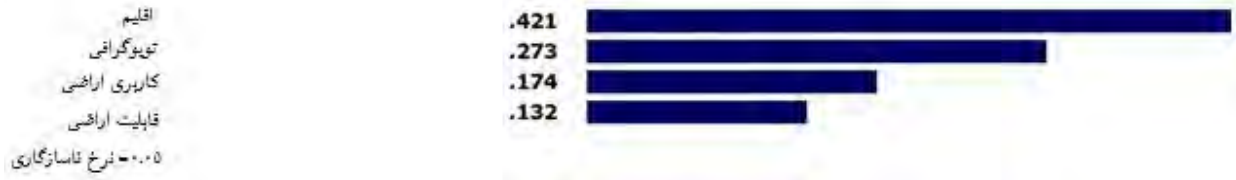
$$A\times W= W\lambda$$

که A همان ماتریس مقایسهٔ زوجی، $(A=\{a_{ji}\})$ و W بردار وزن و $\lambda$ یک اسکالر (عدد) است.

طبق تعریف، چنانچه این رابطه بین یک ماتریس (A) و بردار (W) و یک عدد ($\lambda$) برقرار باشد، گفته می شود که W بردار ویژه و $\lambda$ مقدار ویژه برای ماتریس A است:

با محاسبهٔ هر یک از ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی معیارها، وزن‌های هر یک از معیارها به‌دست آمدند: (وزن‌های به‌دست آمده حاصل خروجی نرم‌افزار Expert Choice می‌باشند) اشکال (۲ تا ۱۱).

1- Local Priority
2- Overall Priority
3-Harkr




**شکل ۲. محاسبه وزن معیارهای مورد مطالعه**

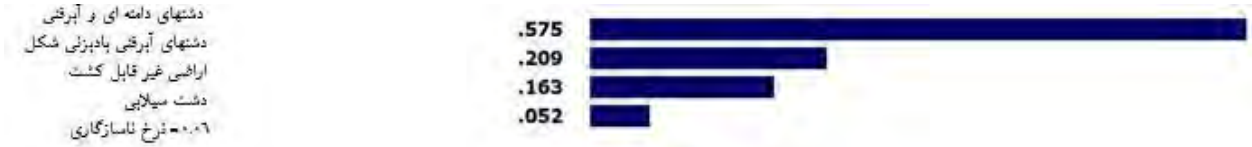
**شکل ۳. محاسبهٔ وزن معیارهای اقلیمی**

**شکل ۴. محاسبهٔ وزن زیرمعیارهای درجه حرارت**

**شکل ۵. محاسبهٔ وزن زیرمعیارهای بارش**

**شکل ۶. محاسبهٔ وزن زیرمعیارهای توپوگرافی**

**شکل ۷. محاسبهٔ وزن زیرمعیارهای کاربری اراضی**




**شکل ۸. محاسبهٔ وزن زیرمعیارهای تیپ اراضی**

**شکل ۹. محاسبهٔ وزن زیرمعیارهای عمق خاک**

**شکل ۱۰. محاسبهٔ وزن پایگاه داده‌های منابع زمینی**

**شکل ۱۱. محاسبهٔ وزن گزینه‌ها**

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۲)

**۴-محاسبهٔ 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 درنظرگرفتن همهٔ قضاوت‌ها در همهٔ سطوح سلسه‌مراتبی می‌شود.

$J=\sum_k^n = \sum_i^m = WK = W_J$ گزینهٔ نهایی امتیاز

$W_k$ ضریب اهمیت معیار ikw ضریب اهمیت زیر معیار i

Ijg امتیاز گزینه j در ارتباط با زیر معیار i.

وزن نهایی هر گزینه در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی از مجموع حاصل‌ضرب اهمیت معیارها در زیرمعیارها و وزن گزینه‌ها به‌دست می‌آید؛ برای مثال ضریب اهمیت معیار اقلیم، عدد ۰/۴۲۱ است که در عدد ۰/۲۰۹ که ضریب اهمیت زیرمعیار درجه‌حرارت و عدد ۰/۲۵۲ که ضریب اهمیت زیرمعیار میانگین درجه‌حرارت ضرب می‌شود و عدد به‌دست‌آمده ضرب در ۰/۵۶۰ که امتیاز گزینه A است، می‌شود و امتیاز نهایی گزینهٔ A به‌دست می‌آید.

امتیاز نهایی گزینهA

۰/٤۲۱ × ۰/۲۰۹ ×۰/۲۵۲ × ۰/۵٦۰=۰.۰۱۲

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

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

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

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اقلیم | ۰/۴۲۱ | | | حرارت | ۰/۲۰۹ | درجه حرارت | محدودیت متوسط | ۰/۱۳۱ | ۰/۰۰۲۵ |
| | | | | | | | محدودیت زیاد | ۰/۰۳۷ | ۰/۰۰۰۷ |
| | | | ۰/۱۴۸ | دمای جوانه‌زنی | | | بدون محدودیت | ۰/۵۶۰ | ۰/۰۰۷ |
| | | | | | | | محدودیت کم | ۰/۲۷۲ | ۰/۰۰۳ |
| | | | | | | | محدودیت متوسط | ۰/۱۳۱ | ۰/۰۰۱۷ |
| | | | | | | | محدودیت زیاد | ۰/۰۳۷ | ۰/۰۰۰۴ |
| | | | ۰/۱۲۶ | دمای گل‌دهی | | | بدون محدودیت | ۰/۵۶۰ | ۰/۰۰۶ |
| | | | | | | | محدودیت کم | ۰/۲۷۲ | ۰/۰۰۳ |
| | | | | | | | محدودیت متوسط | ۰/۱۳۱ | ۰/۰۰۱ |
| | | | | | | | محدودیت زیاد | ۰/۰۳۷ | ۰/۰۰۰۴ |
| | | | ۰/۳۱۱ | بارش سالانه | ۰/۲۰۷ | بارش | بدون محدودیت | ۰/۵۶۰ | ۰/۰۱۵ |
| | | | | | | | محدودیت کم | ۰/۲۷۲ | ۰/۰۰۷ |
| | | | | | | | محدودیت متوسط | ۰/۱۳۱ | ۰/۰۰۳ |
| | | | | | | | محدودیت زیاد | ۰/۰۳۷ | ۰/۰۰۱ |
| | | | ۰/۱۷۱ | بارش پاییز | | | بدون محدودیت | ۰/۵۶۰ | ۰/۰۰۸ |
| | | | | | | | محدودیت کم | ۰/۲۷۲ | ۰/۰۰۴ |
| | | | | | | | محدودیت متوسط | ۰/۱۳۱ | ۰/۰۰۱ |
| | | | | | | | محدودیت زیاد | ۰/۰۳۷ | ۰/۰۰۰۵ |
| | | | ۰/۱۷۶ | بارش دورهٔ رشد و گل‌دهی | | | بدون محدودیت | ۰/۵۶۰ | ۰/۰۰۸ |
| | | | | | | | محدودیت کم | ۰/۲۷۲ | ۰/۰۰۴ |
| | | | | | | | محدودیت متوسط | ۰/۱۳۱ | ۰/۰۰۲ |
| | | | | | | | محدودیت زیاد | ۰/۰۳۷ | ۰/۰۰۰۵ |
| | | | ۰/۱۲۳ | بارش زمستان | | | بدون محدودیت | ۰/۵۶۰ | ۰/۰۰۶ |
| | | | | | | | محدودیت کم | ۰/۲۷۲ | ۰/۰۰۲ |
| | | | | | | | محدودیت متوسط | ۰/۱۳۱ | ۰/۰۰۱ |
| | | | | | | | محدودیت زیاد | ۰/۰۳۷ | ۰/۰۰۰۳ |
| | | | ۰/۰۸۶ | بارش دورهٔ رسیدن | | | بدون محدودیت | ۰/۵۶۰ | ۰/۰۰۴ |
| | | | | | | | محدودیت کم | ۰/۲۷۲ | ۰/۰۰۲ |
| | | | | | | | محدودیت متوسط | ۰/۱۳۱ | ۰/۰۰۰۹ |
| | | | | | | | محدودیت زیاد | ۰/۰۳۷ | ۰/۰۰۰۲ |
| | | | | | ۰/۱۷۰ | یخبندان | بدون محدودیت | ۰/۵۶۰ | ۰/۰۴ |
| | | | | | | | محدودیت کم | ۰/۲۷۲ | ۰/۰۱۹ |
| | | | | | | | محدودیت متوسط | ۰/۱۳۱ | ۰/۰۰۹ |
| | | | | | | | محدودیت زیاد | ۰/۰۳۷ | ۰/۰۰۲ |
| | | | | | ۰/۱۵۳ | درجه روز رشد | بدون محدودیت | ۰/۵۶۰ | ۰/۰۳ |
| | | | | | | | محدودیت کم | ۰/۲۷۲ | ۰/۰۱۷ |
| | | | | | | | محدودیت متوسط | ۰/۱۳۱ | ۰/۰۰۸ |
| | | | | | | | محدودیت زیاد | ۰/۰۳۷ | ۰/۰۰۲ |
| | | | | | ۰/۱۰۱ | ساعات آفتابی | بدون محدودیت | ۰/۵۶۰ | ۰/۰۲ |
| | | | | | | | محدودیت کم | ۰/۲۷۲ | ۰/۰۱۱ |
| | | | | | | | محدودیت متوسط | ۰/۱۳۱ | ۰/۰۰۵ |
| | | | | | | | محدودیت زیاد | ۰/۰۳۷ | ۰/۰۰۱ |
| | | | | | ۰/۰۷۹ | رطوبت نسبی | بدون محدودیت | ۰/۵۶۰ | ۰/۰۱ |
| | | | | | | | محدودیت کم | ۰/۲۷۲ | ۰/۰۰۹ |
| | | | | | | | محدودیت متوسط | ۰/۱۳۱ | ۰/۰۰۴ |

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

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۲)

**۵-بررسی سازگاری منطقی قضاوت‌ها**

اهمیت فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، علاوه‌بر ترکیب سطوح مختلف سلسله‌مراتب تصمیم و درنظرگرفتن عوامل متعدد، در محاسبهٔ 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 به‌دست‌آمده CR<۰/۱ باشد، سطح قابل‌قبولی از ثبات را در مقایسهٔ زوجی نشان می‌دهد یا به عبارت دیگر، اگر CR بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، باید در وزن‌های اعمال‌شده بر آن تجدیدنظر شده و مجدداً آرایه‌های زوجی آن‌ها مورد بررسی قرار گیرند تا درنهایت بتوان به سطح قابل‌قبولی دست یافت.

**جدول ۱۶. شاخص پایداری تصادفی (RI)**

| تعداد(n) | (RI) | تعداد(n) | (RI) | تعداد(n) | (RI) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۰/۰۰ | ۶ | ۱/۲۴ | 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 همهٔ موارد شاخص سازگاری کمتر از ۰/۱ است و درنتیجه سطح قابل‌قبولی را نشان می‌دهد.

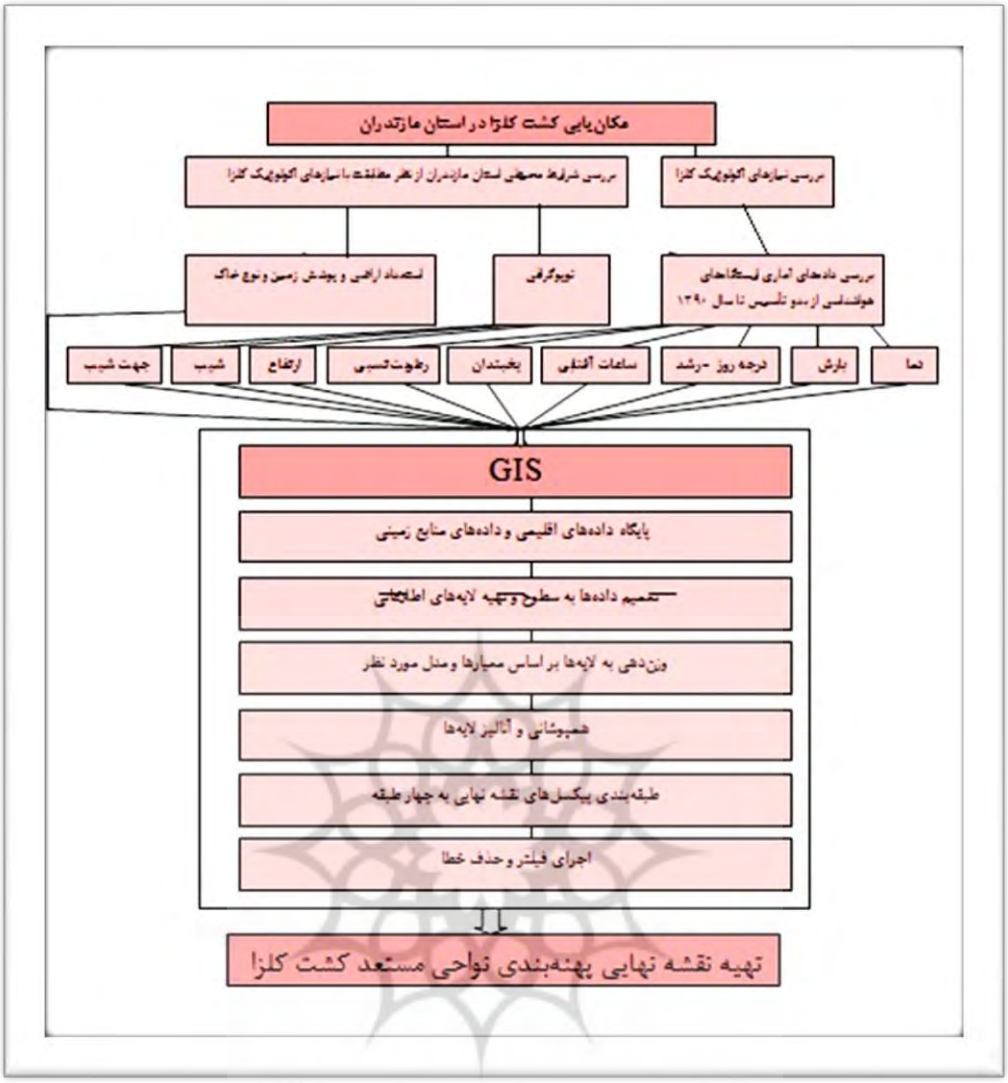
**جدول ۱۷. نتایج بررسی سازگاری ماتریس مقایسهٔ زوجی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها**

| | ناسازگاری | زیرمعیار | ناسازگاری | زیرمعیار | ناسازگاری | گزینه‌ها | ناسازگاری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| معیار | ۰/۰۵ | اقلیم | ۰/۰۲ | درجه حرارت | ۰/۰۱ | | ۰,۰۱ |
| | | | | بارش | ۰/۰۱ | | |
| | | توپوگرافی | ۰/۰۵ | | | | |
| | | کاربری اراضی | ۰/۰۹ | | | | |
| | | قابلیت اراضی | | تیپ اراضی | ۰/۰۶ | | |
| | | | | عمق خاک | ۰/۰۲ | | |

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۲)

**۶- مدل‌سازی فضایی و تهیه و ترکیب لایه‌ها**

مدل‌سازی فضایی از مهم‌ترین راهکارهایی است که می‌تواند با روشی علمی، شرایط بهتری را در زمینهٔ 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 قرارگرفته و براساس آن لایه‌های 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، نحوهٔ تلفیق داده‌ها و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی را نشان می‌دهد.




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

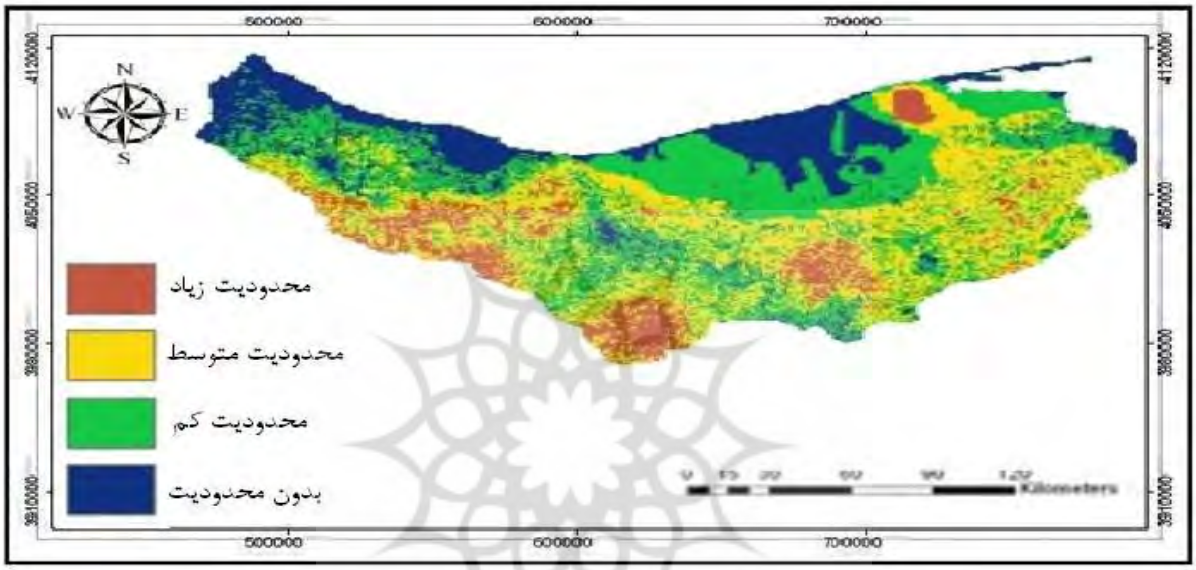
پس از انجام مدل‌سازی فضایی و همپوشانی اطلاعات، لایهٔ نهایی تهیه می‌شود، در این لایه مناطقی که پیکسل‌های تشکیل‌دهندهٔ آن از ارزش بالاتری برخوردار باشند، برای کشت کلزا مناسب‌ترند. درنهایت براساس ارزش پیکسل‌های این لایه، سطح استان مازندران ازنظر استعداد کشت کلزا به چهار کلاسه (بدون محدودیت، محدودیت کم،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

## نتیجه‌گیری

عوامل طبیعی و اقلیمی نه‌تنها به‌طور مستقیم و غیرمستقیم فرایندهای گیاه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند و عملکرد گیاهان را تعیین می‌کنند؛ بلکه مشخص‌کنندهٔ کمیت و کیفیت بهره‌برداری های انسان از محیط هستند. در پژوهش حاضر به‌منظور رسیدن به هدف موردنظر، از پایگاه داده‌های اقلیمی که شامل درجه‌حرارت، بارش، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، درجه–روز رشد و تعداد روزهای یخبندان و پایگاه داده‌های منابع زمینی که شامل مدل رقومی ارتفاع (DEM)، نقشهٔ مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی و نقشهٔ کاربری سطح استان می‌باشند، مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته‌اند. با توجه به قابلیت این نقشه، نقشهٔ توپوگرافی که شامل لایه‌های شیب، جهت و سطح ارتفاعی است، در محیط GIS از آن مشتق

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، ار روش تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) مبتنی‌بر 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 لایهٔ نهایی ارزیابی تناسب اراضی برای کشت کلزا تهیه شد. در مرحلهٔ آخر نقشهٔ نهایی به ۴ طبقه برای کشت کلزا یعنی بدون محدودیت، محدودیت کم، محدودیت متوسط و محدودیت زیاد طبقه‌بندی شدند (شکل ۱۳) (جدول ۱۸)

.




**شکل ۱۳. ارزیابی تناسب راضی 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**

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

(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 نسبت‌به گروه اول دارند، ولی می‌توان عملکرد خوبی از آن‌ها انتظار داشت و ۲۸/۸ درصد از

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

۳- **اراضی دارای محدودیت متوسط**: این اراضی ازنظر 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 کلزاست، بیش‌از سایر عناصر اقلیمی دیگر نمایان است. استان مازندران با داشتن ریزش‌های جوّی در حدود ۱۳۰۰-۶۰۰ میلی‌متر در سال و میانگین درجه حرارت سالانه در حدود ۱۶ تا ۱۷ درجهٔ 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.

## پیشنهادها

۱- معرفی اراضی شناسایی‌شده با پتانسیل بدون محدودیت به کشاورزان به‌منظور به زیر کشت بردن و توسعهٔ کشت کلزا؛

۲- مطالعهٔ 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 قابل‌توجهی بر روی محصولات کشاورزی دارند، پیشنهاد می‌شود برای امکان‌سنجی محصولات کشاورزی، بهتر است در سطح شهرستان انجام گیرد.

## منابع


احمدی‌زاده، سعید (۱۳۷۸). برنامه‌ریزی توسعهٔ استان خراسان با استفاده از مدل‌های اکولوژیک و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، همایش نقشه‌برداری، سازمان نقشه‌برداری کشور، صص۳۶-۳۰.

آرزم، کامل (۱۳۸۹). سنجش تناسب اراضی استان آذربایجان غربی برای کاشت کلزا براساس روش‌های ارزیابی تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط GIS، پایانامهٔ کارشناسی ارشد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

آلیاری، 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، مجلهٔ تحقیقات اقتصاد کشاورزی، شمارهٔ ۴، صص ۷۸-۶۸.

پیتر، جی (۱۳۷۹). آب و هوا و عملکرد گیاهان زراعی، ترجمهٔ 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 منطقهٔ اصفهان، یافته‌های نوین کشاورزی، سال دوم، شمارهٔ ۱، صص ۲۸-۲۰.

حیدرزاده، نوید. (۱۳۸۰). مکان یابی محل دفن زاید جامد شهری با استفاده از GIS برای شهر تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس.

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

خورشیددوست، علی‌محمد؛ حسینی، سیداسعد؛ محمدپور، کاوه (۱۳۹۰). تعیین مکان‌های مناسب برای کشت کلزا در استان کردستان با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نشریهٔ دانش آب و خاک، شمارهٔ ۲۱، صص ۳۹-۳۰.

دیلون، جاسبرسینگ اس. اس (۱۳۸۲). جغرافیای کشاورزی، ترجمهٔ 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، ترجمهٔ مهدی عزیزی، افشین سلطانی و سعید خاوری خراسانی، چاپ سوم، انتشارات جهاد دانشگاهی، مشهد.

سالنامهٔ آماری (۱۳۸۸). استان مازندران .

سید شریفی، رئوف (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، پایانامهٔ کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

شریعتی، شهاب؛ قاضی شهنی‌زاده، پوران (۱۳۷۹). کلزا، ادارهٔ کل آمار و اطلاعات در امور کشاورزی.

شیرانی‌راد، 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 ۵-۴.

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

عسگری، عبدالحسین؛ مرادی‌دالینی، ابوالفتح (۱۳۸۶). ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات رویشی ارقام کلزا در تاریخ کاشت‌های مختلف در منطقهٔ حاجی‌آباد هرمزگان، نهال و بذر، شمارهٔ ۲۳، صص ۴۳۰-۴۱۹.

فرج‌زاده اصل، منوچهر (۱۳۸۴). سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در برنامه‌ریزی توریسم، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران .

قدسی پور، حسن (۱۳۸۴). فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)، تهران .

لشکری، حسن؛ رضایی، علیرضا (۱۳۹۰). مکان‌یابی نواحی مستعد کشت کلزا در منطقهٔ سرپل ذهاب، مجلهٔ پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شمارهٔ ۷۸، صص ۴۸-۳۹.

مظفری، ساعده؛ مس‌شناس، مرتضی؛ مختاپور، بهروز؛ حقیقی، خلیل؛ قاسمپور، علی‌اکبر (۱۳۷۹). بررسی تعیین مناسب‌ترین فاصلهٔ خطوط کاشت کلزا در استان مازندران، وزارت کشاورزی، سازمان کشاورزی استان مازندران.

میرزا باقری، مژگان (۱۳۸۱). کاشت، داشت و برداشت کلزا، نشریهٔ شمارهٔ ۸۱.

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

Bonoiglio, T., Orlandi, F., Sgromo, C., Romano, B., Fornaciraria, M (2009). Evidences of Olve Pollination date Variation in relation to Spring Temperature Trends, Springer Science Aerrobiologia. 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 Appreach American, Journal of Agricaltural 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.