نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۹، شماره ۵۲، تابستان ۱۳۹٤، صفحات ۱٦۱-۱٤۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۲۲ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۲/۰۴/۱۲

ارزیابی توان محیطی استان آذربایجان‌غربی برای کشت کلزا بر اساس روش AHP و مدل TOPSIS

علی محمدخورشیددوست[۱]
بهروز سبحانی[۲]
کامل آزرم[۳]
جمال امینی[٤]

چکیده

کلزا با اختصاص ۱۵ درصد کل تولید روغن گیاهی در جهان بعد از سویا و نخل روغنی، مقام سوم را در بین دانه‌های روغنی به‌خود اختصاص داده است. اقلیم، توپوگرافی، خاک و استعداد اراضی از مهم‌ترین مولفه‌های محیطی هستند که استعداد و قابلیت تولید محصول زراعی در یک منطقه به آن‌ها وابسته است. در این تحقیق سعی شده است با ارزیابی تناسب اراضی بر اساس این معیارها، اراضی مستعد کشت کلزا در سطح استان آذربایجان غربی شناسایی شود. در تحقیق حاضر از داده‌های اقلیمی از قبیل دما، بارش، درجه روز، رطوبت نسبی، تعداد روز یخبندان، و ساعات آفتابی، ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی سطح استان از بدو تأسیس تا سال ۱۳۸۸ مربوط به هر یک از مراحل فنولوژیکی رشد کلزا و داده‌های منابع زمینی از قبیل لایه‌های توپوگرافی، قابلیت اراضی، عمق خاک و کاربری اراضی، استفاده شده، و مطالعه و بررسی هر یک از آن‌ها در رابطه با نیازهای اقلیمی و اکولوژیکی کلزا صورت گرفت. سپس با استفاده از روش واسطه‌یابی کریجینگ در نرم‌افزار Arc GIS 9.3 هر یک از نقشه‌های عناصر اقلیمی تهیه و لایه‌های اطلاعاتی طبقه‌بندی شدند. به

۱ـ استاد گروه آب و هواشناسی دانشگاه تبریز. E-mail: khorshid@tabrizu.ac.ir
۲ـ استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی.
۳ـ دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه تبریز.
۴ـ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تربیت مدرس.

منظور اولویت‌بندی و ارزیابی معیارها و لایه‌های اطلاعاتی در رابطه با هم و تعیین وزن آنها از روش AHP استفاده شد. سپس ترکیب و تحلیل فضایی اطلاعات با استفاده از مدل TOPSIS در محیط GIS صورت گرفت و لایه نهایی ارزیابی توان محیطی برای کشت کلزا تهیه شد. بر اساس نتایج به دست آمده، اراضی استان از نظر پتانسیل اقلیمی و محیطی برای کشت کلزا به چهار طبقه خیلی مناسب (۱۸/۶٪)، مناسب (۳۴/۴٪)، متوسط (۳۲/۱٪) و ضعیف (۱۴/۷٪) تقسیم‌بندی شدند.

واژگان کلیدی: آذربایجان‌غربی، اقلیم،AHP، کلزا ،GIS، TOPSIS

مقدمه

گیاهان زراعی به میزان زیاد، وابسته به منابع موجود در محیط پیرامون خود هستند. در حقیقت طبیعت با خصوصیات متنوع از نظر اقلیم، فیزیوگرافی، خاک و آب در نواحی مختلف، امکانات کاملاً متفاوتی را به وجود آورده است. در بین عوامل مختلف تأثیرگذار در تولید محصولات کشاورزی، شرایط جوی از مهم‌ترین متغیرهای محیط طبیعی بوده که انسان در مقیاس کوچک آن هم با صرف هزینه‌های گزاف قادر به کنترل آن نیست. بنابراین کشاورزان مجبور به انتخاب اقدامات مناسبی که سازگار با محیط فیزیکی موجود باشند، هستند (دهقانیان و همکاران، ۱۳۸۲: ۸۵). یعنی با توجه به تنوع اقلیمی و شرایط محیطی هر منطقه، محصولاتی برای کشت انتخاب شود که توسعه اقتصادی آن را در پی داشته باشد. کلزا با اختصاص ۱۵ درصد کل تولید روغن گیاهی در جهان بعد از سویا و نخل روغنی، مقام سوم را در بین دانه‌های روغنی به خود اختصاص داده است. در حال حاضر تولید روغن خوراکی از منابع داخلی پاسخگوی تقاضای فزاینده ناشی از رشد جمعیت نیست و تنها ۱۰ درصد از نیاز مصرفی کشور را تأمین می‌کند. لذا همه ساله حجم درخور توجهی از این ماده غذایی با صرف مبالغ چشمگیری ارز، وارد کشور می‌شود (همایونی‌فر و ملک دار، ۱۳۸۵: ۱۱۴). با توجه به لزوم کشت و توسعه دانه‌های روغنی در سطح کشور، با شناخت توان‌های اقلیمی و قابلیت‌های محیطی موجود در سطح استان آذربایجان‌غربی در رابطه با نیازهای اکولوژیک کلزا، می‌توان زمینه لازم را برای برنامه‌ریزی جهت افزایش سطح زیر کشت کلزا فراهم کرده و با تشویق و هدایت کشاورزان بتوان به خودکفایی در تولید این

بخش از کشاورزی دست یافت. این مساله مستلزم استفاده از اصول و روش‌های علمی در شناخت توان‌ها و قابلیت‌های محیطی هر منطقه می‌باشد. با بهره‌گیری از توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)[5] در استفاده از داده‌ها و منابع اطلاعاتی متنوع و تحلیل فضایی آن‌ها، ارزیابی توان محیطی استان بر اساس شرایط اقلیمی، خصوصیات توپوگرافی، مشخصات خاک و استعداد اراضی میسر می‌شود. استان آذربایجان‌غربی به‌دلیل گستردگی درحدود ۴ درجه درعرض جغرافیایی دارای تنوع اقلیمی و محیطی در قسمت‌های مختلف می‌باشد. اراضی استان به‌عنوان یکی از مناطق مستعد کشاورزی در ایران بیش از ۶ درصد کل اراضی زراعی کشور را شامل می‌شوند. ویژگی‌ها و خصوصیات طبیعی و اقلیمی استان بر توان بالقوه کشاورزی منطقه افزوده است. بر اساس گزارش سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی (۱۳۸۶)، تا سال زراعی ۸۵-۸۴ روند افزایشی در سطح زیر کشت وجود داشته است ولی به‌دلیل عدم شناخت از پتانسیل اراضی در رابطه با قابلیت کشت کلزا، از کل سطوح کشت شده، برداشت صورت نگرفته است. به‌دلیل عدم بازدهی خوب از این اراضی، از سال زراعی ۸۶-۸۵ به طور چشم‌گیری شاهد کاهش سطح اراضی زیر کشت و به‌تبع آن میزان برداشت بوده‌ایم. در این تحقیق همراه با بررسی تأثیر پارامترهای اقلیمی، به مطالعه داده‌های منابع زمینی نیز به‌منظور ارزیابی توان محیطی استان برای مکان‌یابی اراضی مستعد کشت کلزا پرداخته خواهد شد. مطالعات متعددی در رابطه با تأثیر عناصر و عوامل اقلیمی بر روی مراحل فنولوژیکی رشد کلزا و انتخاب مکان مناسب برای کشت کلزا و دیگر محصولات زراعی با توجه به ارزیابی توان‌های اقلیمی، توپوگرافی و حاصلخیزی خاک صورت گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. میرز[6] (۱۹۹۳: ۱۰۴) با به‌کارگیری نقشه خاک و مقادیر میانگین بارش دوره رشد در محیط GIS مناسب‌ترین ناحیه را برای کشت کلزا در ایالت میسوری در آمریکا، قسمت غربی آن و نامناسب‌ترین ناحیه را ناحیه بزرگی در قسمت جنوبی آن که دارای خاک کم عمق و سنگلاخی است می‌داند. یونگ و همکاران[7] (۱۹۹۹:

5- Geographical Information System
3- Myers
7- Young .et al

۱۷۶–۱۸۰) در ارزیابی تناسب اراضی برای کشت کلزا در شمال غرب وایومینگ[8] با به کارگیری داده‌های زیست محیطی از قبیل دما، بارش و خاک در محیط GIS، مناطق مناسب برای کشت کلزا را مشخص نموده‌اند. الجاندرو و همکاران[9] (۲۰۰۳: ۱۳۶–۱۱۷) با به‌کارگیری فاکتورهای اقلیمی و توپوگرافی و خاک با استفاده از روش‌های ارزیابی چند معیاره (MCDM)[10] نواحی مناسب برای کشت ذرت و سیب‌زمینی را در مکزیک شناسایی کردند. گولر و همکاران[11] (۲۰۰۵) در پژوهشی در کناره دریای سیاه (ترکیه)، با بهره‌گیری از داده‌های اقلیمی، توپوگرافی و خاک و با استفاده از هم‌پوشانی لایه‌ها در محیط GIS، مناطقی که پتانسیل کشت کلزا را داشتند مشخص نمودند. قاسمی پیربلوطی و همکاران (۲۰۰۸: ۷۱–۶۸) در تحقیقی در جنوب غرب ایران با به‌کارگیری برخی فاکتورهای اکولوژیکی از قبیل خاک، توپوگرافی و شیب زمین با تلفیق لایه‌ها با استفاده از GIS نواحی مناسب کشت کلزا را مشخص نمودند. خورشیددوست و همکاران (۱۳۹۰: ۴۸–۳۷) در تحقیقی با مدل طبقه‌بندی وزنی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مکان‌های مناسب برای کشت کلزا را در استان کردستان پهنه‌بندی کردند. کاظمی پشت مساری و همکاران (۱۳۹۱: ۱۳۹–۱۲۳) در تحقیقی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرایند سلسله‌مراتبی، پهنه‌بندی زراعی– بوم شناختی اراضی استان گلستان را انجام داده و در آن اراضی استان را از نظر قابلیت کشت برای کلزا به چهار طبقه تقسیم‌بندی کردند. با توجه به مطالب بیان شده در این تحقیق سعی می‌شود ابتدا بر اساس مطالعات صورت گرفته در رابطه با نیازهای اقلیمی و زیستی کلزا در طی مراحل مختلف فنولوژیکی رشد، اقدام به تهیه نیازهای اکولوژیکی کلزا شده، سپس بر اساس پایگاه داده‌ای موجود از داده‌های اقلیمی و منابع زمینی از سطح استان، اقدام به تهیه لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از توانایی‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی شود. در مرحله بعد با وزن‌دهی به لایه‌ها بر اساس معیارها و مدل AHP، اقدام به ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی شده و سپس همپوشانی و تحلیل فضایی آن‌ها بر اساس مدل

8- Wyoming
9- Alejandro.et al
10- Multi Criteria Decision Making
11- Guler .et al

TOPSIS[12] صورت گرفته و نقشه نهایی پهنه‌های مستعد برای کشت کلزا تهیه شود. تا به‌عنوان گام نخست در شناسایی اراضی مستعد کشت کلزا در سطح استان آذربایجان غربی و رسیدن به خودکفایی در تولید دانه‌های روغنی قدم برداشته باشیم.

ویژگی‌های گیاهی کلزا

کلزا با نام علمی B.napus به انگلیسی Rapeseed و فرانسه Colza نامیده می‌شود و در ایران نیز به کلزا معروف است. کلزا گیاهی یک ساله سرمادوست و روز بلند، از تیره براسیکاسه[۱۳] و از جنس کلم‌هاست (سیدشریفی، ۱۳۸۷: ۱۶۷). صفر بیولوژیک آن ۵ درجه سانتی‌گراد است (قاسمی و همکاران، ۲۰۰۸: ۶۵۷). از نظر نیاز به شرایط آب‌وهوایی گیاه مناطق معتدل محسوب می‌شود (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸: ۷). این گیاه دارای دو تیپ رشد بهاره و پاییزه یا زمستانه است در شرایط مطلوب پتانسیل عملکرد تیپ پاییزه ۲۰ تا ۳۰ درصد بیشتر از تیپ بهاره است (رودی و همکاران، : ۲). مهم‌ترین فاکتورهای اقلیمی موثر در تولید کلزا بارش و دما هستند. کلزا در نواحی رشد می‌کند که بارش سالانه آن بیشتر از ۴۵۰ میلی‌متر باشد (ورنون و ون گول[۱۴]، ۲۰۰۶: ۶). بسته به وضعیت رشد و نمو و درجه سازگاری گیاه، کلزای زمستانه می‌تواند سرمای ۱۵ تا ۲۰ درجه زیر صفر درجه‌سانتی‌گراد را تحمل نماید و حتی وقتی که توسط برف پوشیده شده‌اند به سرماهای پایین‌تری نیز مقاوم هستند. دماهای بالا در زمان گلدهی باعث ایجاد تنش رطوبی، عدم جذب مناسب عناصر غذایی و کاهش عملکرد خواهند شد (آلیاری، ۱۳۷۹: ۱۱۵). رسیدگی حدود ۳۵ الی ۴۵ روز بعد از گلدهی کامل می‌شود. بهترین زمان برداشت وقتی است که نیام‌ها به رنگ قهوه‌ای و دانه‌ها نیز سیاه باشند (رودی و همکاران ۱۳۸۲: ۱۲). کلزا گیاهی است که سیستم ریشه آن به عمق ۱۰۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر می‌رسد که می‌تواند نقش مهمی در جلوگیری از فرسایش خاک داشته باشد (کرسیس و بیزا[۱۵]، ۲۰۰۷: ۳). مناسب‌ترین خاک‌ها برای زراعت کلزا در

12- Techniques for Ordering Preferences based on Similarity to Ideal Solution
13- Brassicaceae
11- Vernon . And van Gool
15- Cercis, I., Beyza, k.,

درجه نخست خاک‌های لومی شنی یا شنی لومی رسی خواهد بود (آلیاری، ۱۳۷۹: ۱۲۰). طیف سازگاری اقلیمی کلزا نسبتاً وسیع است در ایران می‌تواند تا ارتفاع کمتر از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا بسته به عرض جغرافیایی تولید گردد (خواجه پور، ۱۳۸۳: ۶۹). بر اساس مطالعات صورت گرفته توسط محققین دیگر در ارتباط با گیاه‌شناسی کلزا، اقدام به تهیه جدول نیازهای رویشی اکولوژیکی مطلوب برای کشت کلزا شد جدول (۱).

جدول (۱) نیازهای رویشی اکولوژیکی مطلوب برای کشت کلزا

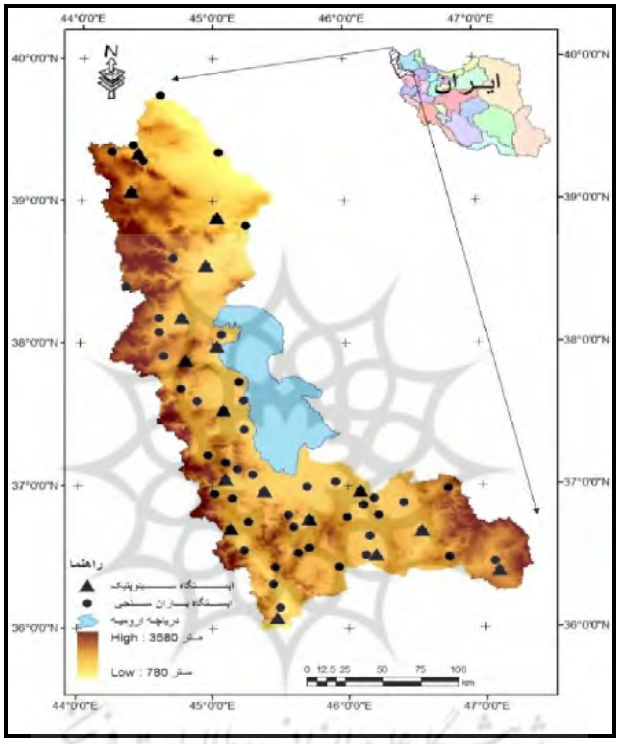
ویژگی‌های اکولوژیکی	بدون محدودیت	محدودیت کم یا مناسب	محدودیت متوسط یا متوسط	محدودیت شدید یا نامناسب	منبع
میانگین درجه حرارت (°c)	۱۲/۵–۱۳/۵	۱۲–۱۲/۵ ۱۳/۵–۱۴	۱۱–۱۲ ۱۴–۱۵	۱۱ > یا > ۱۵	عبیری۱۳۸۶
میانگین حداکثر درجه حرارت (°c)	۱۸–۱۹	۱۷–۱۸ ۱۹–۲۰	۱۶–۱۷ ۲۰–۲۱	۱۶ > یا > ۲۱	عبیری۱۳۸۶
میانگین حداقل درجه حرارت (°c)	۶–۷	۵–۶ ۷–۷/۵	۴–۵ ۷/۵–۸	۴ > یا > ۸	عبیری۱۳۸۶
دمای مهر، جوانه زنی(°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 دوره رشد (mm)	>۵۰۰	۴۰۰–۵۰۰	۳۰۰–۴۰۰	< ۳۰۰	عبیری۱۳۸۶
بارندگی پاییز (mm)	۸۰–۱۰۰	۵۰–۸۰ ۱۰۰>	۴۰–۵۰	< ۴۰	کافی و همکاران۱۳۷۹
بارندگی زمستان (mm)	>۱۱۰	۸۰–۱۱۰	۶۰–۸۰	< ۶۰	کافی و همکاران ۱۳۷۹
بارندگی گلدهی و رشد ساقه(mm)فروردین و اردیبهشت	۱۲۰ –۱۵۰	۱۰۰–۱۲۰ ۱۵۰>	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 ۶۰–۷۰	۳۰–۴۰ ۷۰–۹۰	۳۰ > یا >۹۰	عبیری۱۳۸۶
رطوبت نسبی (درصد)	۷۰–۸۰	۶۵–۷۰	۵۵–۶۵	۵۵ > یا >۸۰	عبیری۱۳۸۶
ساعات آفتابی	>۲۰۰۰	۱۵۰۰–۲۰۰۰	۱۰۰۰–۱۵۰۰	<۱۰۰۰	عبیری۱۳۸۶

درجه روز- رشد	۲۰۰۰ -۲۵۰۰	۱۵۰۰ –۲۰۰۰	> ۲۵۰۰	۱۵۰۰>	پیربالوتی و گل‌پرور ۲۰۰۸
ارتفاع (متر)	< ۱۵۰۰	۱۵۰۰ -۲۰۰۰	۲۰۰۰-۲۵۰۰	۲۵۰۰<	پیربالوتی و گل پرور ۲۰۰۸
جهت	SSE, SSW	WSW, ESE	WNW, ENE	NNW, NNE	دهقانیان و همکاران۱۳۸۲
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>	عبیری۱۳۸۶
تیپ اراضی	دشت های دامنه ای و آبرفتی رودخانه ای	واریزه ها و آبرفتهای بادبزنی	دشت‌های سیلابی	اراضی پست و شور و اراضی مخلوط و.	بررسی کارشناسی نگارندگان
کاربری اراضی	زراعت آبی	زراعت دیم	مراتع	سایر موارد	عبیری۱۳۸۶

مواد و روش‌ها

استان آذربایجان‌غربی با واقع شدن در شمال‌غرب کشور، از شمال و شمال شرقی به جمهوری آذربایجان و از غرب به کشورهای ترکیه وعراق و از جنوب به استان کردستان و از شرق به استان‌های آذربایجان شرقی و زنجان محدود می‌شود. محدوده این استان بین ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۹ درجه و۴۶ دقیقه عرض شمالی و۴۴ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. این استان با وسعت ۳۷۱۱۳/۴ کیلومترمربع بدون احتساب دریاچه ارومیه ۲/۲۵ درصد از مساحت کشور را به‌خود اختصاص داده است. در پژوهش حاضر، از دو پایگاه داده‌های اقلیمی و پایگاه لایه‌های منابع زمینی استفاده شده است. پایگاه داده‌های اقلیمی که شامل عناصر اقلیمی دما، بارش، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، درجه–روز رشد و تعداد روزهای یخبندان می‌باشند، از آمار و اطلاعات روزانه ۶۷ ایستگاه سینوپتیک،کلیماتولوژی و باران‌سنجی واقع در سطح استان، از زمان تاسیس ایستگاه تا سال ۱۳۸۸ تشکیل شده است. پس از جمع‌آوری داده‌ها اقدام به ایجاد پایگاه داده‌های اقلیمی در محیط Arc GIS 9.3 شد. پایگاه لایه‌های منابع زمینی نیز شامل مدل رقومی اتفاع (DEM)، نقشه مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی و نقشه کاربری اراضی با

مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ سطح استان می‌باشند. شکل ۱، موقعیت و مدل رقومی ارتفاعی منطقه و پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۱) موقعیت و مدل رقومی ارتفاع منطقه و پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه

به‌منظور تهیه نقشه‌های عناصر اقلیمی منطبق بر نیازهای کلزا با استفاده از پایگاه اطلاعاتی تشکیل شده، از روش واسطه‌یابی کریجینگ[۱۶] در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. این روش از مهم‌ترین و اساسی‌ترین روش‌های آماری است که مبنای اصلی برای واسطه‌یابی، محاسبه واریوگرام[۱۷] به وسیله نقاط معلوم مجاور است که برای برآورد کردن

16- kriging
17- variogram

ارزش‌های مجهول از آن استفاده می‌شود (فرجزاده، ۱۳۸۶: ۲۳۲). نقشه لایه‌های شیب، جهت شیب و سطوح ارتفاعی نیز با توجه به قابلیت مدل رقومی ارتفاع (DEM)، در محیط GIS از آن مشتق شد. لایه تیپ اراضی و عمق خاک نیز از نقشه مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان آذربایجان‌غربی تهیه شده در جهاد کشاورزی استان به‌دست آمد. با توجه به این که معیارهای اقلیمی و محیطی جهت تعیین تناسب اراضی فراوان بوده و نیز دارای اهمیت یکسانی نمی‌باشند، لذا برای ارزیابی دقیق‌تر و تصمیم گیری لازم است تا اهمیت نسبی معیارها مشخص گردد. منظور از ارزش‌گذاری، دادن وزن‌هایی به لایه‌های اطلاعاتی متناسب با درجه اهمیت و تأثیر آن‌ها در انتخاب مکان مناسب است. پس از تعیین ارزش‌های وزنی برای معیارهای مختلف محاسبه ارزش نهایی بر اساس معادلات ارزیابی چندمعیاره ممکن خواهد شد. در تحقیق حاضر به دلیل دقت و سهولت بیشتر و قابلیت‌های استفاده از نرم‌افزار مبتنی بر GIS از روش مقایسه دو به دو[۱۸] یا مدل AHP استفاده شد. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید هم‌چنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد. 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 این قضاوت‌ها توسط ساعتی به مقدار کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده‌اند که در جدول (۲) مشخص شده‌اند (قدسی‌پور، ۱۳۸۴: ۵).

جدول (۲) مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی (قدسی‌پور، ۱۳۸۴)

ترجیحات (قضاوت شفاهی)		مقدار عددی
کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر	(Extremely preferred)	۹
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	(Very strongly preferred)	۷
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	(Strongly preferred)	۵
کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر	(moderately preferred)	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان.	(Equally preferred)	۱
ترجیحات بین فواصل فوق		۸ و ۶ و ۴ و ۲

18- Pair Wise Comparison

محاسبه وزن در فرایند تحلیل سلسله مراتبی در دو مرحله به‌دست می‌آید: الف: وزن نسبی و ب: وزن مطلق. وزن نسبی از ماتریس مقایسه زوجی به دست می‌آید و وزن مطلق، رتبه نهایی هر گزینه می‌باشد که از تلفیق وزن‌های نسبی محاسبه می‌گردد. بعد از تعیین اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر نباید نرخ سازگاری سیستم (CR[۱۹]) از ۰/۱ بیشتر باشد، که CR از تقسیم شاخص سازگاری (CI[۲۰]) بر متوسط شاخص سازگاری (RI) محاسبه می‌شود، مقدار RI نیز توسط ساعتی[۲۱] در سال ۱۹۹۱ برای ماتریس‌های در ابعاد مختلف آماده شده است (برای مطالعه بیشتر به منبع قدسی‌پور، ۱۳۸۴: ۴۵ مراجعه شود). به‌منظور ارزیابی معیارهای مورد مطالعه در رابطه با کشت کلزا، بر اساس مدل AHP و با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice اقدام به خوشه‌بندی و ارزش‌گذاری معیارها و زیرمعیارها شد، این نرم‌افزار یک روش منحصر به فرد برای استفاده از مقایسه‌های دو به دو و استخراج ارجحیت‌ها دارد که می‌تواند با دقت بسیار بالا نتایج مطلوبی را ارائه دهد (نیکمردان، ۱۳۸۶).

پس از وزن‌دهی به لایه‌های تهیه شده و معیارها بر اساس مدل فرایند سلسله مراتبی، اقدام به همپوشانی و تلفیق لایه‌ها بر اساس مدل TOPSIS در محیط GIS کرده تا بر اساس آن لایه‌های ارزیابی اراضی استان از نظر توان اقلیمی و هر یک از قابلیت‌های محیطی در رابطه با کشت کلزا تهیه و ترسیم شود. روش TOPSIS که ابتدا توسط هوانگ و یون[۲۲] (۱۹۸۱) ارائه گردید، از جمله روش‌هایی است که به‌طور وسیع در تصمیم‌گیری‌های چند معیاره مورد استفاده قرار می‌گیرد. واقعیات زیربنائی این مدل بدین قرار است:

الف- مطلوبیت هر شاخص باید به‌طور یکنواخت افزایشی (یا کاهشی) باشد، که به این صورت بهترین ارزش موجود از یک شاخص نشان‌دهنده ایده‌آل مثبت و بدترین ارزش موجود از آن مشخص‌کننده ایده‌آل منفی برای آن خواهد بود.

19- Consistency Ratio
20- Consistency Index
18- Saaty
19- Hwang and Yoon

ب- فاصله یک گزینه از ایده‌آل (یا ایده‌آل منفی) ممکن است به‌صورت فاصله اقلیدوسی (از توان دوم) و یا به‌صورت مجموع قدرمطلق از فواصل خطی (فواصل بلوکی[۲۳]) محاسبه گردد (اصغرپور، ۱۳۸۷).

مفهوم پایه‌ای TOPSIS بر این مبنا استوار است، که گزینه‌های انتخاب شده بایستی کمترین فاصله را به نقاط ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را به نقاط ایده‌آل منفی داشته باشند، که در این تحقیق ایده‌آل مثبت نقطه‌ای است که دارای بیشترین پتانسیل برای کشت کلزا و ایده‌آل منفی نقطه‌ای است که دارای کم‌ترین پتانسیل برای کشت کلزا است (چن و تساوو[۲۴]، ۲۰۰۸). با استفاده از شاخص فاصله، می‌توان قاعده تصمیم‌گیری بر اساس نقطه ایده‌آل را از رابطه (۳) به‌دست آورد:

$$S_i + \left[\sum_j^n W_j^p (V_{ij} - V_j +)^P\right]^{\frac{1}{p}}$$ رابطه (۱)

در رابطه بالا S_i+ فاصله گزینه iام از نقطه ایده‌آل برای ویژگی jام، W_j وزن گزینه jام، V_{ij} مقدار استاندارد ویژگی jام برای گزینه iام، V_j مقدار ایده‌آل مثبت برای ویژگی jام و p پارامتریست که می‌تواند از ۱ تا بی‌نهایت باشد. به شیوه‌ای مشابه فاصله نقاط از نقطه ایده‌آل منفی نیز با رابطه (۴) تعریف می‌شود:'

$$S_i + \left[\sum_j^n W_j^p (V_{ij} - V_j -)^P\right]^{\frac{1}{p}}$$ رابطه (۲)

در معادله بالا S_i- فاصله گزینه i ام از نقطه ایده‌آل منفی برای ویژگی jام و V_j- نقطه ایده‌آل منفی برای ویژگی jام است. در ادامه مقدار (C_i^*) با رابطه (۵) محاسبه می‌شود:

$$C_i^* = \frac{S_i-}{S_i^* + S_i-}$$ رابطه (۳)

23- City Block Distance
24- Chen and Tsao

C_i مقداری بین صفر و یک می‌گیرد که این مقدار هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، آن گزینه به وضعیت ایده‌آل نزدیک‌تر است (مالچوسکی[۲۵]، ۱۹۹۹، ۴۵).

یافته‌ها و بحث

با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ در محیط ArcGIS هر یک از نقشه‌های عناصر اقلیمی منطبق بر نیازهای کلزا بر اساس جدول (۱) (از قبیل میانگین درجه حرارت، میانگین حداکثر درجه حرارت، میانگین حداقل درجه حرارت، دمای مهر- جوانه زنی، دمای گلدهی- اردیبهشت، بارش دوره رشد- بارندگی پاییز، بارندگی زمستان، بارندگی گلدهی و رشد ساقه- فروردین و اردیبهشت، بارندگی خرداد و رسیدن، تعداد روزهای یخبندان، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی و درجه روز- رشد) تهیه شده و طبقه‌بندی شدند. هر یک از لایه‌های منابع زمینی نیز با استفاده از توابع GIS مورد پردازش قرار گرفته و بر اساس نیازهای کلزا اقدام به طبقه‌بندی آن‌ها شد (نقشه سطوح ارتفاعی، جهت شیب، شیب، عمق خاک، تیپ اراضی و کاربری اراضی). پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، با تشکیل ماتریس مقایسه زوجی هر یک از معیارهای مورد مطالعه در ارتباط با هم، وزن‌دهی به لایه‌ها و معیارها و محاسبه نرخ سازگاری بر اساس مدل AHP صورت گرفت جدول (۳) و(۴)، شکل (۲). به‌دلیل محدودیت صفحات مقاله از ارائه همه ماتریس‌های مقایسه زوجی خودداری شد. امتیاز نهایی به‌دست آمده برای هر یک از معیار اقلیم ۰/۳۱۹، توپوگرافی ۰/۲۸۱، قابلیت اراضی ۰/۲۴۳ و کاربری اراضی ۰/۱۵۷ محاسبه شد. نتایج به‌دست آمده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی نشان می‌دهد که معیار اقلیم نسبت به سه معیار توپوگرافی، کاربری اراضی و قابلیت اراضی از نظر تأثیر بر ارزیابی توان محیطی در رتبه اول قرار گرفت. در بین عوامل اقلیمی نیز پارامتر دما با ۰/۲۸۹ و بارش با وزن ۰/۲۳۸ بالاترین وزن را دارا می‌باشند. تعداد روز یخبندان، درجه روز رشد، ساعات آفتابی و رطوبت نسبی به‌ترتیب در رتبه‌های بعد قرار گرفتند. در بین پارامترهای دخالت داده شده دما نیز میانگین دمای دوره رشد با وزن ۰/۲۶۴ و در بین پارامترهای بارش، بارش سالانه با وزن ۰/۳۵۷ بیش‌ترین تاثیرگذاری را نشان دادند. در بین پارامترهای توپوگرافی

25- Malczewski

نیز، معیار شیب با کسب وزن ۰/۴۹۳، در رابطه با سطوح ارتفاعی و جهت شیب وزن بیش‌تری به‌دست آورد. وزن هر یک از لایه‌های تیپ اراضی و عمق خاک و کاربری اراضی نیز بدین صورت محاسبه شد. هر یک از لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده در پیوست آمده است.

جدول (۳) ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی بر اساس روش AHP

	اقلیم	توپوگرافی	کاربری اراضی	قابلیت اراضی
اقلیم	۱	۱	۳	۱
توپوگرافی		۱	۲	۱
کاربری اراضی			۱	۱
قابلیت اراضی				۱

شکل (۲) محاسبه وزن معیارها بر اساس روش AHP

جدول (۴) نتایج بررسی سازگاری ماتریس مقایسه زوجی معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها

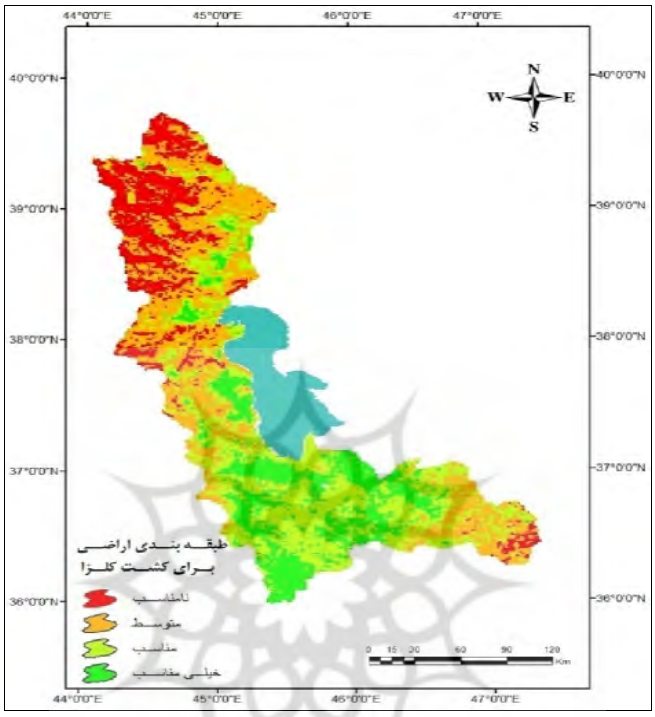
	ناسازگاری	زیر معیار	ناسازگاری	زیرمعیار	ناسازگاری	گزینه‌ها	ناسازگاری
معیار	۰/۰۴	اقلیم	۰/۰۳	درجه حرارت	۰/۰۲	گزینه‌ها	۰/۰۸
				بارش	۰/۰۳		
		توپوگرافی	۰/۰۵				
		قابلیت اراضی	۰	تیپ اراضی	۰/۰۹		
				عمق خاک	۰/۰۸		
		کاربری اراضی	۰/۰۳				

پس از محاسبه وزن معیارهای مورد استفاده، این پارامترها با توجه به مدل TOPSIS نقاط آیده‌آل مثبت و منفی آن‌ها براساس روابط (۱ و ۲) به‌دست آمد و بر اساس رابطه (۳) اقدام به ترکیب و تلفیق لایه‌ها در محیط GIS با هم شد جدول (۵) ، شکل (۳). نتایج به‌دست

آمده از ارزیابی توان محیطی استان آذربایجان‌غربی با استفاده از تلفیق دو مدل AHP و TOPSIS شناسایی اراضی مناسب برای کشت کلزا را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که از اراضی استان، ۱۸/۶ درصد بدون محدودیت یا خیلی مناسب، ۳۴/۴ درصد محدودیت کم یا مناسب، ۳۲/۱ درصد متوسط و ۱۴/۷ درصد از کل مساحت سطح استان، اراضی نامناسب برای کشت کلزا می‌باشند جدول (۵).

جدول (۵) نقاط آیده‌آل در مدل TOPSIS

پارامتر	نقاط آیده‌آل		پارامتر	نقاط آیده‌آل	
میانگین دما	مثبت	۰/۰۱۵	تعداد روز یخبندان	مثبت	۰/۰۰۷۲
	منفی	۰/۰۰۰۹۹		منفی	۰/۰۰۲
حداقل دما	مثبت	۰/۰۱۱	درجه روز رشد	مثبت	۰/۰۱۲۹
	منفی	۰/۰۰۲۶		منفی	۰/۰۰۱۷۵
حداکثر دما	مثبت	۰/۰۱۱	رطوبت نسبی	مثبت	۰/۰۰۴
	منفی	۰/۰۰۰۷۴		منفی	۰/۰۰۱۱
دمای جوانه زنی	مثبت	۰/۰۰۴۷	شیب	مثبت	۰/۰۷۷
	منفی	۰/۰۰۲۲		منفی	۰/۰۰۵۱
دمای گلدهی	مثبت	۰/۰۰۴۷	ارتفاع	مثبت	۰/۰۴۸
	منفی	۰/۰۰۲۲		منفی	۰/۰۰۳۲
بارش سالانه	مثبت	۰/۰۱۶۵	جهت شیب	مثبت	۰/۰۳
	منفی	۰/۰۰۱		منفی	۰/۰۰۰۸
بارندگی دوره گلدهی	مثبت	۰/۰۰۵	تیپ اراضی	مثبت	۰/۰۲۱
	منفی	۰/۰۰۰۷		منفی	۰/۰۰۰۲
بارندگی پاییز	مثبت	۰/۰۰۴۴	عمق خاک	مثبت	۰/۰۴
	منفی	۰/۰۰۰۶		منفی	۰/۰۰۷
بارندگی زمستان	مثبت	۰/۰۰۴۸	کاربری اراضی	مثبت	۰/۰۳۹
	منفی	۰/۰۰۰۳		منفی	۰/۰۰۰۲
بارندگی دوره رسیدن	مثبت	۰/۰۰۴۱			
	منفی	۰/۰۰۰۲			



شکل (۳) طبقه‌بندی اراضی برای کشت کلزا بر اساس ارزیابی توان محیطی

جدول (۵) توزیع مساحت استان بر اساس ارزیابی توان محیطی برای کشت کلزا

محدوده	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد از مساحت کل
نامناسب	۵۳۰۶/۳	۱۴/۷
متوسط	۱۱۵۸۶/۵	۳۲/۱
محدودیت کم یا مناسب	۱۲۴۰۶/۴	۳۴/۴
بدون محدودیت یا خیلی مناسب	۶۶۹۷/۶	۱۸/۶

نتیجه‌گیری

با اعمال سیاست‌های حمایتی و اهتمام دولت در دو دهه اخیر به‌منظور خودکفایی در دانه‌های روغنی در کشور و از طرفی مساعد بودن آب و هوا و شرایط اکولوژیکی استان آذربایجان

غربی، شناسایی مناطق مستعد جهت کشت کلزا، می‌تواند گام نخست در رسیدن به خودکفایی در تولید دانه‌های روغنی باشد. در این پژوهش پس از ارزیابی معیارهای موثر در کشت کلزا براساس مدل فرایند سلسله‌مراتبی و ترکیب و تلفیق داده‌ها با استفاده از مدل TOPSIS نقشه پهنه‌های مستعد کشت کلزا در استان آذربایجان غربی تهیه گردید. در این نقشه سطح استان آذربایجان غربی از نظر پتانسیل کشت کلزا به چهار گروه طبقه‌بندی شده است.

اراضی خیلی مناسب: این اراضی به‌دلیل وجود پتانسیل اقلیمی و قابلیت‌های محیطی خوب، بهترین مکان برای کشت کلزا هستند. بیشتر مساحت این اراضی در شهرستان‌های میاندوآب، بوکان، شاهین‌دژ، نقده و سردشت، و کمی هم در شهرستان‌های مهاباد، اشنویه و ارومیه واقع شده‌اند. وسعت این اراضی، شامل ۱۸/۶ درصد از کل مساحت استان می‌شود. اراضی شناسایی شده از نظر کاربری منطبق بر دشت‌های دامنه‌ای، آبرفتی و زراعت‌های آبی و دیمی و خاک عمیق می‌باشند.

اراضی مناسب یا با محدودیت کم: این اراضی که با وسعت ۳۴/۴ درصد، نصف مساحت استان را به خود اختصاص داده‌اند شرایط نسبتاً ضعیف‌تری را نسبت به مناطق خیلی مناسب دارند ولی می‌توان عملکرد نسبتاً خوبی را از آن‌ها انتظار داشت. اراضی با محدودیت کم یا مناسب در حواشی اراضی خیلی مناسب واقع شده‌اند.

اراضی متوسط: این اراضی از نظر پتانسیل اقلیمی و محیطی قابلیت چندانی برای کشت کلزا ندارند. این اراضی بیشتر منطبق بر ارتفاعات و اراضی کوهپایه‌ای شمال غرب و جنوب شرق استان هستند. وسعت این اراضی، ۳۲/۱ درصد از مساحت استان را در بر می‌گیرد.

اراضی نامناسب: این اراضی با توجه به ارزیابی پتانسیل اقلیمی و منابع زمینی، از هر لحاظ فاقد پتانسیل مناسب برای کشت کلزا می‌باشند. این اراضی با وسعت ۱۴/۷ درصد از مساحت استان، بیش‌تر در شهرستان‌های شمال غرب و جنوب شرق استان واقع شده‌اند. انتظار مـی‌رود به‌دلیل استفاده از پایـگاه اطلاعاتی جامع از قبیل پارامترهای اقـلیمی و مطالعه داده‌های منابع زمینی در ارزیابی توان محیطی، نسبت به مطالعات پیشین صورت گرفته در این زمینه نتایج بهتری به‌دست آمده باشد.

منابع

ـ آلیاری، هوشنگ؛ شکاری، فریبرز (۱۳۷۹)، ***«دانه‌های روغنی (زراعت و فیزیولوژی)»***، چاپ اول، تبریز، انتشارات عمیدی.

ـ محمدخورشیددوست، علی؛ حسینی، سیداسعد؛ محمدپور، کاوه (۱۳۹۰)، «تعیین مکان‌های مناسب برای کشت کلزا در استان کردستان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)» ***نشریه دانش آب و خاک***، ش ۲۱، ، ص ۴۸-۳۷.

ـ دهقانیان، سیاوش؛ کوچکی، عوض؛ کلاهی اهری، علی (۱۳۸۲)، ***«جغرافیای کشاورزی»***، تالیف جاسبرسینگ اس اس دیلون، چاپ سوم، مشهد، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

ـ رودی، داود؛ رحمانپور، سیامک؛ جاویدفر، فرزاد (۱۳۸۲)، ***«زراعت کلزا»***، چاپ دوم،تهران، دفتر برنامه‌ریزی رسانه‌های ترویجی.

ـ سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی (۱۳۸۶)، «*دستورالعمل کشت کلزا در آذربایجان غربی*».

ـ سیدشریفی، رئوف (۱۳۸۷)، ***«گیاهان صنعتی»***، چاپ دوم، اردبیل، انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی.

ـ عبیری، صفرعلی (۱۳۸۶)، «*تهیه جداول نیازهای اقلیمی و خاکی برای ارزیابی تناسب اراضی کشت کلزا در شرایط ایران بر اساس روش فائو*»، دانشکده کشاورزی، گروه خاک‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس.

ـ عزیزی، مهدی، سلطانی، افشین، خاوری، سعید (۱۳۷۸)، ***«کلزا، فیزیولوژی، زراعت به نژادی و تکنولوژی زیستی»***، مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

ـ فرجزاده، منوچهر (۱۳۸۶)، ***«تکنیک‌های اقلیم‌شناسی»***، چاپ اول، تهران، انتشارات سمت.

ـ قدسی‌پور، حسین (۱۳۸۴)، ***«فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)»***. چاپ چهارم، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران).

ـ کافی، محمد؛ گنجعلی، علی؛ نظامی، احمد؛ شریعتمدار، فرهاد (۱۳۷۹)، ***«آب و هوا و عملکرد گیاهان زراعی»***، تالیف جی پیتر، چاپ اول، مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

کاظمی پشت‌مساری، حسین؛ طهماسبی سروستانی، زین‌العابدین؛ کامکار، بهنام؛ شتایی، شعبان؛ صادقی، سهراب (۱۳۹۱)، «پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی اراضی کشاورزی استان گلستان جهت کشت کلزا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)»، ***مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی***، جلد پنجم، شماره اول، ص۱۳۹-۱۲۳.

ـ نیکمردان علی (۱۳۸۶)، «معرفی نرم‌افزار Expert Choice11»، تهران، انتشارات جهاد دانشگاهی امیرکبیر.

ـ همایونی‌فر، مسعود؛ ملک‌دار، محمد (۱۳۸۵)، «بررسی عوامل موثر بر کشت کلزا در استان مازندران»، ***فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی***، سال پنجم شماره چهارم، ص۱۱۴.

Alejandro, C.S., Jorge L.B., (2003), "Delineation of suitable areas for crops using a multi criteria evaluation approach and land use/cover mapping: A case study of central Mexico", ***Agricultural systems volume*** *77*, Issue 2, pp.117-136.

- Chen, T., Taso, Y., (2008), "the interval-valued fuzzy TOPSIS method and experimental analysis", ***Fuzzy Sets and Systems*** *159*, pp.1410-1428.

- Cercis, I., Beyaz, K. (2007), "*Climate Conditions impact on canola cultural plant growing in turkey*". http//:web.sakarya.edu.tr/~cikiel/climatic conditions–impact-on–canola-ciltural-plant-growing-in-turkey.pdf.

- Ghasemipirbaluti, A., Normohammadi, Gh. A., Kamali, Gh., Ayeneh band, A., porhemmat, j., Abdollahi, kh., Aolparvar, A,R., (2008), "Integrating some of the ecological factors in order sustainable canola production using GIS in southwest Iran", ***American-Eurasian J .Agric. & Environ. Sci***, 4(1), pp. 68-71.

- Ghasemipirbalouti, A., Golparvar, A. (2008), "Evaluating Agro-climatologically variables to Identify Suitable area for rapeseed in different dates of sowing by gis approach", ***American Hournal of Agricultural and Biological Sciences*** 3(4), pp. 656-660.

- Guler, M., Dok, Kara, T. (2005), "*Using Geographic Information System (GIS) Techniques to Determine potential rapeseed (brassica napus l), Production area in middle Black Sea region*". http//:www.cababstractsplus.org/abstracts/Abstract.aspx?AcNo=20053062662.

- Malczewki, J. (1999), "***GIS and Multi Criteria Decision Analysis***", John Wiley & Sons Inc.

- Myer, R.L., (1993), "Determining Amaranth and Canola Suitability in Missouri through Geographical Information Systems analysis", *in: j*. Janick and J.E. Simon (eds), New Crops. Wiley, New York, pp.102-105. http//:www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/V2-102.html.

- Vernon, L., Van Gool, D., (2006), "Potential Impacts of Climate Change on Agricultural Land Use Suitability Canola", Resource Management Technical Report 303, http://www.agric.wa.gov.au/objtwr/imported_assets/content/lwe/cli/tr2006_canola_climate01.pdf.

- Young, J.A., Christensen, B.M., Schaad, M.S., Herdendorf, M.E., Vance, G.F., Munn, L.C., (1999), "A Geographical Information Systems to Identify Areas for Alternative Crops in Northwestern Wyoming", in: J. Janick (ed)., Perspectives on new crops and new uses", Ashs Press, Alexandria, va.pp. 176-180.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی