



بررسی اثر تغییر عوامل اقلیمی موثر بر تولید کلزا با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس در شهرستان اهر

سکینه عبدی^{۱*}، رویا عبدی^۱، لادن کاظمی راد^۲، طوبی عبدی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۲۴

چکیده

با توجه به اهمیت تاثیر عوامل اقلیمی بر تولید کلزا در شهرستان اهر، تحقیقی با هدف اولویت‌بندی معیارهای اقلیمی و زیست‌محیطی با ۲۱ زیرمعیار موثر در کاهش تولید کلزا در این شهرستان انجام شد. داده‌ها و اطلاعات هواشناسی و زراعی مورد نیاز مستقیماً و نیز با تکمیل پرسش‌نامه جمع‌آوری و اهمیت نسبی زیرمعیارها با استفاده از روش تاپسیس تعیین شد. سپس متغیرهای اقلیمی تاثیرگذار بر عملکرد توسط مدل LARS-WG طی دوره آینده تحت سه سناریو A1B، A2 و B1 ریزمقیاس شدند. نتایج نشان داد که در میان عوامل کاهنده تولید، کاهش فراهمی آب با شاخص نزدیکی نسبی ۰/۷۹۸۹ در رتبه اول قرار گرفت و اثر تغییرات دمایی محیط در رتبه دوم رتبه‌بندی شد. متوسط بارندگی سالیانه شهرستان اهر بین سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۵، ۲۷۰/۸ میلی‌متر بود. متوسط بارندگی سالیانه پیش‌نگری شده (۱۳۹۰-۱۴۰۹) تحت سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب ۵۳/۲، ۵۰/۴ و ۵۲/۸ میلی‌متر بیش‌تر از متوسط بارندگی سالیانه طی سال‌های گذشته (۱۳۷۸-۱۳۹۵) بود. بهره‌گیری از روش‌های سازگاری با این تغییرات، جهت ارتقا تولید در سال‌های آتی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اقلیم، اولویت‌بندی، تغییرات دمایی، محدودیت منابع آبی، مدل LARS-WG

مقدمه

میلی‌متر باشد (Vernon and Van GooL, 2006). بسته به وضعیت رشد و نمو و درجه سازگاری گیاه کلزای پاییزه می‌تواند سرمای ۱۵- تا ۲۰- درجه سانتی‌گراد 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 رطوبتی، عدم جذب مناسب عناصر غذایی و کاهش عملکرد خواهند شد (Cercis and Beyaz, 2007). طی سالیان اخیر سیاست خودکفایی در تولید دانه‌های روغنی به‌منظور تأمین نیازهای مصرفی کشور و کاهش وابستگی به واردات مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته است. در این میان کلزا در کانون توجه قرار دارد، چرا که به‌عنوان یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی، ۱۴/۸ درصد از میزان کل تولید جهانی دانه‌های روغنی (بالغ بر ۶۸ میلیون تن) را به خود اختصاص داده است (Daneshkar Arasteh

کلزا (*Brassica napus L.*) پس از سویا و نخل روغنی سومین منبع تولید روغن نباتی جهان است که سطح کشت آن در مناطق معتدل دنیا به سرعت در حال افزایش است (Thiyam-Holländer et al., 2012). کلزا به‌عنوان گیاه دانه روغنی، بیشترین سطح زیر کشت را در جهان بعد از آفتابگردان و سویا دارا می‌باشد (FAO, 2017). صفر بیولوژیک این گیاه، ۵ درجه سانتی‌گراد بوده و مهم‌ترین فاکتورهای اقلیمی موثر در تولید آن آب و دما هستند. کلزا در مناطقی رشد می‌کند که بارش سالانه آن بیشتر از ۴۵۰

^۱ استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، آذربایجان شرقی، ایران

(*نویسنده مسئول: s.abdi@tabrizu.ac.ir)

^۲ استادیار پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، گیلان، ایران

نحوه ارجاع مقاله:

عبدی، س.، عبدی، ر.، کاظمی راد، ل.، عبدی، ط. ۱۴۰۱. بررسی اثر تغییر عوامل اقلیمی موثر بر تولید کلزا با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره

تاپسیس در شهرستان اهر. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۵۵-۶۹. DOI: 10.22125/agmj.2022.251437.1104

Abdi, S., Abedi, R., Kazemi Rad, L., Abedi, T. 2022. Investigation of climatic factors affecting Canola production using TOPSIS multicriteria decision making approach in Ahar region. Journal of Agricultural Meteorology, 10(1): 55-69.

DOI: 10.22125/agmj.2022.251437.1104

تاپسیس به این نتیجه رسیدند که میزان پاداکسند (آنتی‌اکسیدان) میوه مربوط به مناطق خشک و ارتفاع بالا بیشتر است. (Yalcin et al., 2012) رتبه‌بندی صنایع تولیدی ترکیه را با فن‌های AHP^۵، TOPSIS و VIKOR^۶ و با استفاده از نسبت‌های مالی سنتی انجام دادند. آنان دریافتند که نتایج به دست آمده از رتبه‌بندی هر یک از فن‌های بالا، همسان است و اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود ندارد. (Ozturk et al., 2014) در بررسی‌های خود به این نتیجه رسیدند که برای تعیین نوع آب میوه و سبزی‌های مطلوب، غلظت خواص زیستی کاربردی، فن تاپسیس قابل استفاده است. همچنین روش تاپسیس توسط Zavadskas et al., (2010) و (Pakdin Amiri et al., 2010) در تحقیقات مرتبط با حوزه تصمیم‌گیری به کار گرفته شده است. هر چند عوامل تنش‌زای گوناگونی در زندگی کشاورزان وجود دارد، تغییرات اقلیمی یکی از جدی‌ترین عوامل ناامنی فعالیت‌های کشاورزی و معیشتی برای این افراد می‌باشد. تغییرات و نوسانات اقلیمی روی بخش کشاورزی در مناطق مختلف جهان از جمله ایران تأثیرات منفی گذاشته و کشاورزان برای انجام فعالیت‌های کشاورزی و حفظ معیشت خویش نیازمند سازگاری بیشتر با این تغییرات و نوسانات می‌باشند. تغییر اقلیم به تغییر مشخص در الگوهای مورد انتظار برای وضعیت میانگین آب و هوای یک مکان که در طولانی مدت رخ می‌دهد، اطلاق می‌گردد؛ به عبارت دیگر به تغییرات آب و هوایی که به نحوی مستقیم و یا غیرمستقیم به فعالیت‌های بشر مرتبط است و باعث تغییر ترکیب آتمسفر جهان می‌شود و یا به هرگونه تغییر معنی‌دار در پارامترهای اقلیمی نظیر درجه حرارت و بارندگی گفته می‌شود که در یک دوره مشخص رخ می‌دهد (IPCC, 2014). (Dang et al., 2014) در تحقیقی با عنوان تمایل به سازگاری کشاورزان با تغییر اقلیم در ویتنام، از تئوری انگیزه حفاظتی برای بررسی نیت کشاورزان استفاده نمودند و نتایج نشان داد کشاورزان زمانی تمایل به سازگاری پیدا می‌کنند که خطرات تغییر اقلیم و اثرات آن را درک کنند و زمانی که کشاورزان با خطرات

(and Shokohi, 2008). اهر یکی از شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی است. این استان منطقه‌ای کوهستانی محسوب می‌شود که حدود ۴۰ درصد از سطح آن را کوهستان ۲/۲۸ درصد را تپه ماهورها و ۸/۳۱ درصد را زمین‌های هموار (دشت‌ها و جلگه‌های میان‌کوهی) فرا گرفته است. میانگین بارندگی سالیانه در این استان ۲۵۰ الی ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد. وجود یکسری ویژگی‌ها مثل شرایط توپوگرافی، بارندگی، دسترسی به منابع آب و مصرف نهاده‌ها باعث شده است تا استان از تنوع اقلیمی و نیز تنوع تولید محصولات برخوردار شود ضمن اینکه شیوه بهره‌برداری از عوامل تولید در مناطق مختلف کشاورزی استان متنوع می‌باشد (Dadashian Saray et al., 2015) به نحوی که به دلیل عوامل مختلف زیست‌محیطی و اقلیمی طی سال‌های اخیر تولید برخی محصولات زراعی در منطقه اهر کاهش یافته است که کلزا یکی از آن محصولات می‌باشد. مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌توانند ویژگی‌های مختلف کمی و کیفی را به گونه‌ای هم‌زمان برای مدل تصمیم، لحاظ کنند (Fu and Yang, 2012). برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده، مدل‌های چندمعیاره^۱ (MCDM) مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مدل‌ها به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند. گروه اول مدل‌های چند هدفه (MODM)^۲ و گروه دوم مدل‌های چند معیاره (MADM)^۳ نامیده می‌شوند. مدل‌های چند هدفه به منظور طراحی به کار گرفته می‌شوند، در حالی که مدل‌های چندمعیاره به منظور انتخاب گزینه برتر، مورد استفاده قرار می‌گیرند (Asgarpour, 2018). روش تاپسیس جزو مدل‌های جبرانی چندمعیاره است. در مدل‌های جبرانی، بین شاخص‌ها تبادل صورت می‌گیرد. به دلیل وجود هم‌بستگی و برهم کنش معیارهای مختلف موثر در کشت گیاهان، از مدل‌های جبرانی تکنیک‌های تصمیم‌گیری باید استفاده شود. روش TOPSIS^۴ یک فن جبرانی است که تعامل و اثر عامل‌ها را در نظر می‌گیرد (Mohsenzadeh et al., 2017). پژوهش‌های مختلفی در زمینه‌های گوناگون با استفاده از روش تاپسیس انجام شده است. (Sun et al., 2011) با استفاده از فن

¹ Multi-Criteria Decision Making² Multiple Objective Decision Making³ Multiple Attribute Decision Making⁴ Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution⁵ Analytic Hierarchy Process⁶ Više Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (Multicriteria Optimization and Compromise Solution)

زیست‌محیطی و اقلیمی موثر بر کاهش تولید گیاه کلزا رتبه-بندی شده و سپس تغییرات اقلیمی شهرستان در سال‌های گذشته (۱۳۷۸-۱۳۹۵) بررسی و با استفاده از مدل LARS-WG، در سال‌های آتی (۱۴۰۹-۱۳۹۰) تحت سناریوهای مختلف A1B، B1 و A2 شبیه‌سازی گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۷ در شهرستان اهر با مختصات ۳۸ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی و با هدف شناسایی و طبقه‌بندی عوامل زیست‌محیطی و اقلیمی موثر در کاهش کشت گیاه کلزای پاییزه انجام شد. در ابتدا یک گروه ۴ نفره به عنوان تصمیم‌گیرنده یا ستاد عملیاتی تشکیل شد که مسئولیت تهیه، توزیع و ارزیابی پرسشنامه‌ها را بر عهده داشتند و در نهایت تجزیه و تحلیل یافته‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای رایانه‌ای انجام گرفت. در گام نخست، با بررسی گسترده منابع کتابخانه‌ای و سوابق مطالعاتی موجود در زمینه تولید گیاه کلزا، مهم‌ترین معیارها و زیرمعیارهایی که دارای اثرات منفی بر ساختار و عملکرد تولیدات زراعی این گیاه در شهرستان اهر بودند، شناسایی شدند، همچنین در یک جلسه گروه افراد خبره که با کارشناسان جهاد کشاورزی شهرستان اهر (منطقه مورد مطالعه) برگزار شد، از دید کارشناسان، عوامل موثر در کاهش کشت گیاه کلزا طی سال‌های اخیر مورد ارزیابی قرار گرفت و در تهیه پرسشنامه دو معیار اصلی زیست‌محیطی و اقلیمی با ۲۱ زیرمعیار در نظر گرفته شد. شامل مصرف بی‌رویه سموم شیمیایی (E-1)، مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی (E-2)، عدم استفاده از کودهای آلی (E-3)، تغییرات عملکرد گیاه در اثر تغییرات دمایی محیط (E-4)، عدم تطبیق زمان کشت با توجه به تغییرات دمایی محیط (E-5)، تغییرات طول دوره گلدهی گیاهان بر اثر تغییرات دمایی محیط (E-6)، محدودیت منابع آبی و کاهش دسترسی به آب (E-7)، سیستم آبیاری سنتی و عدم توجه به سیستم‌های مدرن آبیاری (E-8)، عدم تطبیق بارندگی با زمان‌های بحرانی رشد گیاه (E-9)، تغییرات تعداد روزهای بارندگی موثر (E-10)، تغییرات بارش در زمان رسیدگی دانه (E-11)،

تغییر اقلیم آشنا نباشند و تقدیرگرا باشند، کمتر به سوی سازگاری با تغییر اقلیم سوق پیدا می‌کنند. مروری بر داده‌های تاریخی هواشناسی و مطالعات انجام شده در خصوص وضعیت اقلیم در ایران، نشانگر وقوع پدیده تغییر اقلیم در دهه‌های اخیر و ادامه این روند در آینده است (IPCC, 2014). افزایش دما نه تنها کاهش قابل ملاحظه بارش در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور را به همراه خواهد داشت، بلکه موجبات افزایش سطح تبخیر تعرق سالانه را نیز فراهم خواهد ساخت. این امر به نوبه خود به کاهش ۳۰ درصدی تولید محصولات استراتژیک همچون کلزا در افق ۳۰ ساله خواهد انجامید (IPCC, 2014). استفاده از روش مناسب و معتبر در ریزمقیاس‌سازی خروجی مدل‌های گردش عمومی جو، این مدل‌ها را به ابزار مناسبی برای پیش‌بینی وقایع حدی تبدیل می‌نماید. یکی از روش‌های آماری ریزمقیاس کردن، مدل WG1-LARS است که یکی از مولدهای داده‌های تصادفی هواشناسی می‌باشد (Semenov and Brooks, 1999) که دقت بالای آن در تولید داده‌های آب و هوایی مربوط به ۱۸ ایستگاه در کانادا (Williams, 1991) و ۲۰ ایستگاه واقع در اقلیم‌های متفاوت انگلیس (Semenov, 2008) گزارش شده است. (Babaiyan et al., 2008) تغییرات دما و بارش را برای دوره آماری ۲۰۰۱-۲۰۱۷ با استفاده از مدل اقلیمی Precis برای کشور ارزیابی نمودند. اگر چه تغییر اقلیم بر امنیت غذایی جهان تاثیر گذاشته و دولت‌ها را در تامین غذا با چالش مواجه نموده است اما اثرات منطقه‌ای آن متفاوت می‌باشد. در ایران با توجه به اهمیت موضوع و به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری پدیده تغییر اقلیم، مطالعاتی در بخش کشاورزی صورت گرفته است (Azari et al., 2013)، از این‌رو و با توجه به اهمیت تولید گیاهان روغنی مانند کلزا در کشور و همچنین با توجه به کاهش تولید این گیاه در سال‌های اخیر در شهرستان اهر، بررسی و رتبه‌بندی عوامل زیست‌محیطی و اقلیمی موثر در کاهش تولید کلزا در شهرستان ضروری به‌نظر می‌رسد و همچنین با توجه به تاثیر محسوس تغییرات اقلیمی بر آن، بررسی تاثیر پدیده تغییر اقلیم بر وضعیت شهرستان در سال‌های آتی از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود. بنابراین، در این تحقیق، ابتدا با استفاده از روش تاپسیس عوامل

کارشناسان و متخصصان قرار گرفت. پرسشنامه‌ها به گونه‌ای طراحی شده بود که متخصصان بتوانند نظرات خود را در زمینه میزان اهمیت عوامل دارای اثرات منفی بر تولید را مطابق طیف لیکرت با یکی از پنج درجه اهمیت، خیلی کم اهمیت با امتیاز ۱، کم اهمیت با امتیاز ۳، با اهمیت با امتیاز ۵، با اهمیت زیاد با امتیاز ۷ و دارای اهمیت خیلی زیاد با امتیاز ۹ بیان کنند. در پژوهش حاضر اعضا پانل خبرگان گروهی از اساتید، محققان و کارشناسان ارشد زراعت شهرستان اهر بودند که براساس چهار ویژگی دانش، تجربه، تمایل و زمان کافی برای شرکت در مراحل تاپسیس با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند یا قضاوتی شناسایی و انتخاب شدند. پس از تعیین ۱۷ نفر به عنوان اعضای پانل، پرسشنامه‌ها به صورت حضوری توزیع و نتایج جمع‌آوری شد.

تغییرات تابش خورشیدی در زمان رسیدگی دانه (E-C12)، تبخیرتورق حاصل از تغییرات اقلیمی (دما و تابش) (E-C13)، تغییرات در تعداد روزهای یخبندان (E-C14)، فرسایش بالا و بهم فشردگی خاک (E-C15)، تنوع زیستی پایین در کشت گیاه (عدم توجه به کشت مخلوط) (E-C16)، آلودگی شیمیایی خاک و آب (شوری، فلزات سنگین و غیره) (E-C17)، عدم استفاده از دامپروری در کنار مزارع (E-C18)، عدم آیش‌گذاری مناسب در راستای افزایش حاصلخیزی خاک (E-C19)، عدم رعایت تناوب زراعی (E-C20) و آتش زدن زمین‌های زراعی پس از برداشت محصول (E-C21) (جدول ۱). پرسشنامه نظرسنجی متخصصان به‌صورت بسته طراحی شد که طی آن معیارها و زیرمعیارهای دارای اثرات منفی بر تولید گیاه کلزا در شهرستان اهر شناسایی شده و برای تعیین درجه اهمیت در اختیار

Table 1- Criteria and sub-criteria used in TOPSIS method
جدول ۱- معیارها و زیرمعیارهای مورد استفاده در روش تاپسیس

Criteria	Sub-Criteria	Referances
Environmental and climatic factors	Excessive use of chemical toxicants (E-C1)	
	Excessive use of chemical fertilizers (E-C2)	
	Low use of organic fertilizer (E-C3)	
	Changes in plant yields due to changes in environmental temperature (E-C4)	
	Non-compliance of cultivation time due to changes in environmental temperature (E-C5)	
	Changes in the flowering period of plants due to changes in environmental temperature (E-C6)	
	Limitation in water resource and water access (E-C7)	
	Traditional irrigation system and low attention to modern irrigation systems (E-C8)	Mollaie et al., 2019;
	No adaptation of rainfall time to critical times of growth (E-C9)	Keshavarz, 2019;
	Changes in the number of days with effective rainfall (E-C10)	Azizi-Khalkheili et al.,
	Rainfall changes during grain maturity (E-C11)	2016;
	Changes in solar radiation during grain maturity (E-C12)	Dadashian Saray et al., 2015
	Evapotranspiration due to climate change (temperature and radiation) (E-C13)	Esmaili et al., 2011
	Changes in the number of frost days (E-C14)	
	High erosion and soil compaction (E-C15)	
	Low biodiversity in plant cultivation (no attention to intercropping) (E-C16)	
	Chemical pollution of soil and water (salinity, heavy metals) (E-C17)	
	low use of livestock near the farms (E-C18)	
	Lack of proper fallowing in order to increase soil fertility (E-C19)	
	No crop rotation (E-C20)	
	Burning the farms after harvest (E-C21)	

روش تاپسیس (TOPSIS)

ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. در این روش تصمیم‌گیری، تعدادی گزینه و تعدادی معیار برای تصمیم‌گیری وجود دارد که باید با توجه به معیارها، گزینه‌ها رتبه‌بندی شوند، و یا این‌که به هر یک از آن‌ها یک نمره کارایی اختصاص داده شود. فلسفه کلی تاپسیس این است که با استفاده از گزینه‌های موجود، دو گزینه فرضی تعریف

روش تاپسیس یکی از تکنیک‌های مورد استفاده در تصمیم‌گیری چندمعیاره است. این مدل توسط (Hwang and Yoon, 1981) پیشنهاد شد و بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، باید کمترین فاصله را با راه حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه حل

در این راستا شاخص‌های دارای اهمیت بیشتر از وزن بالاتری برخوردارند. در واقع ماتریس (V) حاصل ضرب مقادیر استاندارد هر شاخص در اوزان مربوط به خود می‌باشد (معادله ۳).

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} W_1 \Gamma_{11} & W_2 \Gamma_{12} & \dots & W_n \Gamma_{1n} \\ W_1 \Gamma_{21} & W_2 \Gamma_{22} & \dots & W_n \Gamma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_1 \Gamma_{m1} & W_2 \Gamma_{m2} & \dots & W_n \Gamma_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

مرحله چهارم: تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت (A^+) و منفی (A^-). به این مفهوم که افزایش برخی شاخص‌ها سبب افزایش تولید (شاخص مثبت) و افزایش برخی دیگر سبب کاهش تولید (شاخص منفی) خواهد شد. بنابراین برای معیار با جنبه مثبت، بزرگ‌ترین مقدار در ماتریس V و برعکس برای شاخص با جنبه منفی، ایده‌آل مثبت، کوچک‌ترین مقدار در ماتریس V است (جدول ۲). این وضعیت برای ایده‌آل‌های منفی برعکس عمل می‌شود. به این ترتیب که ایده‌آل منفی برای شاخص مثبت، کوچک‌ترین مقدار ماتریس V و ایده‌آل منفی برای شاخص منفی بزرگ‌ترین عدد منفی در ماتریس V خواهد بود (معادله‌های ۴ و ۵).

$$A^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) = \{(\max v_{ij} | j \in B), (\min v_{ij} | j \in C)\} \quad (4)$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) = \{(\min v_{ij} | j \in B), (\max v_{ij} | j \in C)\} \quad (5)$$

مرحله پنجم: تعیین معیار فاصله‌ای برای گزینه ایده‌آل مثبت (S_i^+) و گزینه ایده‌آل منفی (S_i^-) (معادله‌های ۶ و ۷) که برای معیارها و زیرمعیارهای تحقیق حاضر به صورت جدول ۳ تعیین گردید.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (6)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (7)$$

مرحله ششم: تعیین ضریبی که برابر است با فاصله گزینه حداقل، تقسیم بر مجموع فاصله گزینه حداقل S_i^- و فاصله

می‌شوند. یکی از این گزینه‌ها مجموعه‌ای است از بهترین مقادیر مشاهده شده در ماتریس تصمیم‌گیری که این گزینه را اصطلاحاً ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) می‌نامیم، ضمن این‌که یک گزینه فرضی دیگر تعریف می‌شود که شامل بدترین حالت‌های ممکن باشد و این گزینه ایده‌آل منفی نام دارد. معیارها می‌تواند دارای ماهیت مثبت یا منفی باشند، همچنین واحد اندازه‌گیری آن‌ها نیز می‌تواند متفاوت باشد. معیار محاسبه نمرات در روش تاپسیس این است که گزینه‌ها تا حد امکان به گزینه ایده‌آل مثبت نزدیک و از گزینه ایده‌آل منفی دور باشد. بر این اساس یک نمره برای هر گزینه محاسبه می‌شود و گزینه‌ها مطابق این نمرات رتبه‌بندی می‌شوند (Abedi and Mohammadi Limaiei, 2018).

مراحل ریاضی روش تاپسیس

مرحله اول: تشکیل ماتریس تصمیم

در روش تاپسیس با استفاده از n معیار به ارزیابی m گزینه پرداخته می‌شود. بنابراین به هر گزینه براساس هر معیار امتیازی داده می‌شود. این امتیازات می‌تواند براساس مقادیر کمی و واقعی باشد، یا این‌که کیفی و نظری باشد. در هر صورت باید یک ماتریس تصمیم $n \times m$ تشکیل شود (معادله ۱).

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

مرحله دوم: استاندارد نمودن داده‌ها و تشکیل ماتریس استاندارد از طریق معادله ۲:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (2)$$

مرحله سوم: تعیین وزن هر یک از شاخص‌ها (W_i)

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1$$

بیشینه روزانه (درجه سانتی‌گراد) و تابش روزانه (میلی‌ژول بر مترمربع) در دوره ۱۸ ساله (سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۵ شمسی) ایستگاه سینوپتیک شهرستان اهر با ارتفاع ۱۳۹۰/۵ متر بالاتر از سطح دریا، از سازمان هواشناسی استان آذربایجان شرقی تهیه شد.

شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی

مدل LARS-WG به‌عنوان یکی از روش‌های معتبر مولد داده‌های تصادفی هواشناسی شامل داده‌های بارش، تابش روزانه، دماهای حداقل و حداکثر روزانه به‌منظور شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی استفاده شد. این مدل از سه بخش کالیبراسیون، ارزیابی و شبیه‌سازی تشکیل شده است (kazemi rad and Mohammadi, 2016). کالیبراسیون با استفاده از داده‌های آماری موجود در دوره ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۵ برای مشخص کردن رفتار اقلیمی در دوره گذشته و به‌عنوان دوره پایه استفاده شد. در نهایت شبیه‌سازی داده‌ها برای دوره آینده (۱۳۹۰-۱۴۰۹) نیز از طریق ریز مقیاس کردن آن‌ها تحت سناریوهای A1B، B1 و A2 انجام شد و این داده‌ها با مقادیر دوره پایه، مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده نشان داد که از بین زیرمعیارهای زیست‌محیطی و اقلیمی مورد بررسی، محدودیت منابع آبی و کاهش دسترسی به آب با شاخص نزدیکی نسبی ۰/۷۹۸۹ در رتبه اول قرار گرفت (جدول ۴) و زیرمعیارهای تغییرات عملکرد گیاه در اثر تغییرات دمایی محیط و عدم تطبیق زمان کشت با توجه به تغییرات دمایی محیط به‌ترتیب با شاخص‌های نزدیکی نسبی ۰/۷۷۹۳ و ۰/۶۳۰۹ در رتبه‌های دوم و سوم به‌لحاظ عوامل موثر در کاهش کشت گیاه کلزا در شهرستان اهر رتبه‌بندی شد (جدول ۴). تغییرات تعداد روزهای با بارندگی موثر، عدم تطبیق بارندگی با زمان‌های بحرانی رشد گیاه، تغییرات بارش در زمان رسیدگی دانه، تغییرات طول دوره گلدهی گیاهان بر اثر تغییرات دمایی محیط و زیرمعیار تبخیرتغرق حاصل از تغییرات اقلیمی (دما و تابش) از دید متخصصان به‌ترتیب در رتبه‌هایی بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). همچنین نتایج رتبه‌بندی به کمک روش تاپسیس نشان داد که زیرمعیار آلودگی شیمیایی خاک و آب

گزینه ایده‌آل S_i^+ که آن را با T_i نشان داده و از معادله ۸ محاسبه می‌شود:

$$T_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (8)$$

جدول ۲- راه‌حل‌های ایده‌آل‌های مثبت و منفی

Table 2- Positive and negative ideal dsolutions

Expert ideas (E)	Positive ideal solution (A ⁺)	Negative ideal solution (A ⁻)
E1	0.0011	0.0004
E2	0.0011	0.0004
E3	0.0184	0.0020
E4	-3.3129	-0.0003
E5	0.0002	6.0777
E6	0.0014	0.0005
E7	0.0109	0.0012
E8	0.0082	0.0009
E9	0.0005	0.0002
E10	0.0002	0.0006
E11	0.0026	0.0009
E12	0.0086	0.0010
E13	0.0023	0.0003
E14	0.0138	0.0015
E15	0.0179	0.0020
E16	0.0097	0.0011
E17	-9.4252	-0.0003

مرحله هفتم: رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس میزان T_i

ضریب T_i که نشان‌دهنده نزدیکی نسبی هر یک از گزینه‌ها به راه‌حل ایده‌آل است. مقدار این ضریب همواره بین صفر و یک است. به‌این مفهوم که هر چه T_i به یک نزدیک‌تر باشد معیار به معیار ایده‌آل نزدیک‌تر است و معیار بهتری به‌شمار می‌رود و بالعکس به صفر نزدیک‌تر باشد معیار دارای کم‌ترین رتبه است (Kazemi Rad et al., 2014).

اقلیم

جمع‌آوری داده‌های اقلیمی

با توجه به نتایج روش تاپسیس و رتبه‌بندی انجام شده از دید متخصصان، مشخص شد که عوامل اقلیمی مانند تغییرات رطوبت و دما در شهرستان بیش‌ترین تاثیر را در کاهش سطح کشت گیاه کلزا داشته است، بنابراین، تغییرات اقلیمی منطقه مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های اقلیمی مورد استفاده در این پژوهش شامل مقادیر روزانه بارش (میلی‌متر)، دمای کمینه روزانه (درجه سانتی‌گراد)، دمای

در مناطقی که ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر باران در دوره زراعی آن باردار، محصول مناسبی تولید می‌کند. (شوری، فلزات سنگین و غیره) با شاخص نزدیکی نسبی ۰/۰۶۲۰، از دید متخصصان کمترین تاثیر را در کاهش کشت گیاه کلزا در شهرستان داشته است (جدول ۴). کلزا

Table 3- Sub-criteria separation of positive and negative ideals

جدول ۳- فاصله زیرمعیارها از ایده‌ال مثبت و منفی

Criteria	Sub-Criteria	Sub-criteria separation of positive and negative ideals	
		S_i^+	S_i^-
Environmental and climatic factors	Excessive use of chemical toxicants (E-C1)	0.0292	0.0080
	Excessive use of chemical fertilizers (E-C2)	0.0292	0.0094
	Low use of organic fertilizer (E-C3)	0.0279	0.0064
	Changes in plant yields due to changes in environmental temperature (E-C4)	0.0072	0.0255
	Non-compliance of cultivation time due to changes in environmental temperature (E-C5)	0.0122	0.0209
	Changes in the flowering period of plants due to changes in environmental temperature (E-C6)	0.0172	0.0183
	Limitation in water resource and water access (E-C7)	0.0076	0.0301
	Traditional irrigation system and low attention to modern irrigation systems (E-C8)	0.0249	0.0104
	No adaptation of rainfall time to critical times of growth (E-C9)	0.0167	0.0206
	Changes in the number of days with effective rainfall (E-C10)	0.0170	0.0212
	Rainfall changes during grain maturity (E-C11)	0.0187	0.0206
	Changes in solar radiation during grain maturity (E-C12)	0.0192	0.0145
	Evapotranspiration due to climate change (temperature and radiation) (E-C13)	0.0184	0.0184
	Changes in the number of frost days (E-C14)	0.0214	0.0171
	High erosion and soil compaction (E-C15)	0.0250	0.0133
	Low biodiversity in plant cultivation (no attention to intercropping) (E-C16)	0.0271	0.0068
	Chemical pollution of soil and water (salinity, heavy metals) (E-C17)	0.0306	0.0020
	low use of livestock near the farms (E-C18)	0.0289	0.0062
	Lack of proper fallowing in order to increase soil fertility (E-C19)	0.0264	0.0070
	No crop rotation (E-C20)	0.0178	0.0158
	Burning the farms after harvest (E-C21)	0.0298	0.0047

این زمینه می‌تواند کارگشا باشد، به نحوی که راهبردهای تغییر زمان آبیاری و کم‌آبیاری، بهبود سیستم انتقال آب و بهبود ذخیره آب در مزرعه از طریق احداث استخر یا ایجاد سد و بند خاکی، همچنین راهبرد تغییر زمان کاشت یا برداشت گیاه زراعی می‌تواند توسط کشاورزان مورد استفاده قرار گیرد. همچنین کاشت زود هنگام کلزا، می‌تواند از رویارویی گیاه با تنش آبی در مراحل نهایی رشد جلوگیری کند که متأسفانه با توجه به کاهش سطح کشت این محصول در شهرستان، به نظر می‌رسد بیشتر راهبردهای کاهنده تغییر اقلیم و افزایش سازگاری، چندان از سوی کشاورزان

۷۰۰ میلی‌متر باران در این دوره می‌تواند تمامی نیاز رطوبتی گیاه را تأمین کرده و حداکثر بازدهی را در پی داشته باشد (Omidvar et al., 2014). متوسط بارندگی در سطح ایستگاه مورد مطالعه طی ۱۸ سال گذشته (۱۳۹۵-۱۳۷۸) به‌طور متوسط ۲۷۰/۸ میلی‌متر محاسبه شده است که از میزان بارندگی سالانه مورد نیاز برای رشد و محصول دهی مناسب گیاه کلزا کم‌تر می‌باشد. بنابراین کشت این گیاه در منطقه اهر با این میزان متوسط بارندگی زمانی میسر خواهد بود که همراه با آبیاری باشد. به نظر می‌رسد بهره‌گیری کشاورزان از راهبردهای مختلف مدیریت آب در

اقلیم شده و موجبات تامین مستمر خدمات زیست‌بوم را فراهم می‌سازد، اما یافته‌های مقاله و نظرات متخصصان بخش کشاورزی شهرستان حاکی از آن است که این راهکارها چندان تاثیری در کاهش کشت این محصول مهم در شهرستان نداشته و بالطبع از سوی کشاورزان مورد توجه قرار نگرفته‌اند که با نتایج تحقیق (Keshavarz et al., 2014; Nazari et al., 2018) همخوانی دارد.

مورد استفاده قرار نگرفته‌اند. در مطالعه انجام شده توسط Nazari et al., (2018) مدیریت هرزآب و بازگرداندن این گونه آب‌ها به چرخه تولید، به عنوان راهکاری گریزناپذیر برای مدیریت آب کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران معرفی شده است. از سوی دیگر، کشت مختلط، تنوع-بخشی به تولیدات زراعی و مدیریت یکپارچه خاک موجب افزایش تاب‌آوری نظام زراعی و خانوار کشاورز در برابر تغییر

Table 4: Ranking of sub-criteria affecting the reduction of canola production using TOPSIS method in Ahar
جدول ۴- رتبه‌بندی زیرمعیارهای موثر در کاهش کشت کلزا در شهرستان اهر با استفاده روش تاپسیس

Criteria	Sub-Criteria	Relative closeness to ideal solution (Ti)	Rank
Environmental and climatic factors	Excessive use of chemical toxicants (E-C1)	0.2163	15
	Excessive use of chemical fertilizers (E-C2)	0.2442	14
	Low use of organic fertilizer (E-C3)	0.1870	18
	Changes in plant yields due to changes in environmental temperature (E-C4)	0.7793	2
	Non-compliance of cultivation time due to changes in environmental temperature (E-C5)	0.6309	3
	Changes in the flowering period of plants due to changes in environmental temperature (E-C6)	0.5159	7
	Limitation in water resource and water access (E-C7)	0.7989	1
	Traditional irrigation system and low attention to modern irrigation systems (E-C8)	0.2946	13
	No adaptation of rainfall time to critical times of growth (E-C9)	0.5515	5
	Changes in the number of days with effective rainfall (E-C10)	0.5550	4
	Rainfall changes during grain maturity (E-C11)	0.5241	6
	Changes in solar radiation during grain maturity (E-C12)	0.4307	11
	Evapotranspiration due to climate change (temperature and radiation) (E-C13)	0.4999	8
	Changes in the number of frost days (E-C14)	0.4452	10
	High erosion and soil compaction (E-C15)	0.3484	12
	Low biodiversity in plant cultivation (no attention to intercropping) (E-C16)	0.2015	17
	Chemical pollution of soil and water (salinity, heavy metals) (E-C17)	0.0620	21
	low use of livestock near the farms (E-C18)	0.1783	19
	Lack of proper fallowing in order to increase soil fertility (E-C19)	0.2112	16
	No crop rotation (E-C20)	0.4708	9
	Burning the farms after harvest (E-C21)	0.1370	20

تبریز داشت و از مهم‌ترین دلایل وضعیت مطلوب پایداری کشاورزی در شهرستان اهر نسبت به دو شهرستان دیگر می‌توان به بالا بودن شاخص‌های جنگل، تنوع کشت زراعی، بیمه محصولات زراعی، بهداشت و آموزش و پایین بودن شاخص مصرف کود و سموم شیمیایی اشاره کرد که با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضر به نظر می‌رسد تغییرات اقلیم در سال‌های آتی بویژه میزان تابش خورشیدی باعث کاهش تنوع گیاهان زراعی شهرستان خواهد شد که استفاده

از عوامل موثر در کاهش کشت کلزا در شهرستان اهر، تنوع زیستی پایین در رتبه ۱۷ از دید متخصصان شهرستان قرار گرفت. نتایج تحقیق Dadashian Saray et al., (2015) نشان داد که در بین معیارها و زیرمعیارهای انتخابی، معیار زیست‌محیطی بیشترین و معیار اجتماعی کمترین اهمیت را در پایداری کشاورزی در شهرستان‌های اهر، تبریز و مراغه ایفا می‌نماید. در این تحقیق، شهرستان اهر بهترین وضعیت پایداری در کشاورزی را نسبت به شهرستان‌های مراغه و

از راهبردهای مقابله با تغییرات اقلیم می‌تواند راه‌گشا باشد. در مورد تأثیرات اقلیمی بر روی کلزا، مطالعات فراوانی انجام گرفته است. (Wither et al., 1995) در مطالعه‌ای که در کانادا انجام دادند به این نتیجه رسیدند که عوامل اقلیمی می‌توانند عملکرد دانه کلزا را بین ۱۵ تا ۷۴ درصد تغییر دهند و در میان عوامل اقلیمی دو عنصر درجه حرارت و میزان رطوبت هوا بالاترین اثر را دارند. در بین دو عامل مذکور نیز اثر دما به مراتب از اهمیت بیشتری برخوردار است. نتایج مطالعات انجام شده در ایران نشان‌دهنده تأثیرات قابل توجه نوسانات اقلیمی روی بخش کشاورزی است (Farajzadeh Asl et al., 2009). مطالعه Khoush Akhlagh et al., (2010) نشان داد در سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ میزان برداشت محصول گندم در شهرستان مرودشت ۳۸/۳ درصد نسبت به سال قبل در اثر خشکسالی کاهش داشته است. (Mohsenpour and Zibaei, 2010) نیز در مطالعه خود بیان می‌کنند کشاورزانی که از آب سطحی رودخانه و یا کانال استفاده می‌کردند کاهش شدیدی را در درآمد انتظاری (۶۴-۵۳ درصد) به عنوان پیامد خشکسالی، عمدتاً به دلیل این که دسترسی آن‌ها به آب به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد متحمل شده‌اند. از جمله (Ghareli, 2001) با انجام مطالعه‌ای در منطقه زیر سد درودزن، بیان می‌کند در خشکسالی‌های بوجود آمده ارزش آب افزایش یافته است و نیز الگوی کشت کشاورزان منطقه بهینه نبوده و بهره‌برداران به صورت کارا فعالیت نمی‌کنند. با توجه به نوسانات دما و میزان بارندگی سالیانه و نوسانات متعدد آن‌ها طی سال‌های مختلف مورد مطالعه می‌توان اظهار کرد که کشاورزان مورد مطالعه از نظر نحوه مصرف منابع آب و ظرفیت‌های انسانی، تکنولوژیکی، مالی و اجتماعی برای استفاده بهینه از منابع آب موجود دارای ضعف می‌باشند. تغییرات در تعداد روزهای یخبندان از عوامل اقلیمی موثر در کاهش تولید محصولات زراعی است که در تحقیق حاضر از دید متخصصان امر در رتبه دهم به لحاظ اثرگذاری در کاهش تولید محصول کلزا بوده است (جدول ۴). بنابر گزارش انجمن کلزای کانادا، تحمل گیاه به دماهای زیر صفر در مرحله روزت است و باید گیاه را زمانی کاشت که پس از به دست آوردن دمای لازم تا مرحله روزت با پدیده یخبندان مصادف نگردد. Bagli,

(2003) نیز اعلام کرد که در مناطق سرد و نیمه‌سرد باید گیاه را زمانی کاشت که مرحله روزت قبل از اولین رخداد یخبندان باشد. بررسی بر روی آثار تغییر اقلیم بر روی عملکرد نخود دیم در شمال غرب کشور، نشان‌دهنده افزایش ۱۷/۲۶ درصدی در متوسط عملکرد این محصول است (Hajarpour et al., 2013) که در تحقیق حاضر نیز از دید متخصصان شهرستان عامل افزایش در تعداد روزهای یخبندان در بین ۲۱ عامل زیست‌محیطی و اقلیمی مورد بررسی در رتبه دهم قرار گرفته است. در این تحقیق طی رتبه‌بندی که با روش تاپسیس انجام شد زیرمعیار عدم تطبیق زمان کشت با توجه به تغییرات دمایی محیط به لحاظ تأثیرگذاری بر کشت کلزا در شهرستان در رتبه سوم قرار گرفت (جدول ۴) در نیمه تابستان که فصل گل‌دهی کلزاست، طول روز کشوری مثل کانادا به عنوان مکان مناسب کشت کلزا بلندتر از طول روز کشور ما و شهرستان اهر است، لذا در منطقه ما برای آنکه گیاه بتواند گرمای لازم را برای تکامل فرآیند گلدهی کسب کند، به‌ناچار دوره طولانی‌تری را طی خواهد کرد. این امر می‌تواند گویای این باشد که در مناطق مختلف کشور ما که دارای طول روزهای متفاوت هستند، باید به تقویم کشت توجه ویژه داشت و تقویم‌های کشت متفاوتی برای مناطق مختلف تدوین کرد. انتخاب زمان مناسب، انجام مراحل تولید محصول و همچنین گزینش بهترین ارقام با توجه به عوامل مختلف اقلیمی و زراعی در هر منطقه از جمله مهم‌ترین عوامل دستیابی به عملکرد بالا در گیاهان زراعی می‌باشد. با وجود فراهم بودن کلیه شرایط مناسب جهت تولید موفقیت آمیز اعم از رقم بذر، خاک، آب، کود و غیره چنانچه در یک زمان نامناسب اقدام به کاشت، عملیات داشت و یا برداشت گردد از عملکرد مطلوب فاصله گرفته خواهد شد (Robertson et al., 2004). که در صورت تغییرات اقلیمی موجود در منطقه انتخاب زمان مناسب کشت با توجه به تغییرات دمایی منطقه، می‌تواند در موفقیت کشت کلزا موثر باشد که از دید متخصصان منطقه نیز بی‌توجهی به این امر در کاهش کشت این گیاه موثر بوده است. همچنین مشخص شده است که تاریخ کاشت اثر بسیار مهمی بر روی عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلزا دارد و با تأخیر در تاریخ کاشت، عملکرد دانه و

سطح کشت گیاه کلزا داشته است. بررسی انجام شده در مورد تغییرات اقلیمی شهرستان طی سال‌های گذشته (۱۳۷۸-۱۳۹۵) نشان داد که در این دوره متوسط کمینه دما ۶/۱ درجه سلسیوس بود که بین محدوده ۵/۱ تا ۷/۲ درجه سلسیوس متغیر بود. این در حالی است که متوسط بیشینه دما در این فاصله زمانی ۱۷/۷ درجه سلسیوس بوده و بین ۱۵/۷ و ۲۰/۱ درجه سلسیوس متغیر بوده است. متوسط بارندگی سالیانه شهرستان اهر بین سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۵، ۲۷۰/۸ میلی‌متر بود، بیش‌ترین میزان بارندگی سالیانه ۳۸۶/۷ میلی‌متر، متعلق به سال ۱۳۹۳ و کم‌ترین مقدار متوسط سالیانه در سال ۱۳۹۵ و ۱۷۱/۸ میلی‌متر بود (جدول ۵). متوسط تابش خورشیدی در شهرستان، از سال ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۹۵ حدود ۷/۴ میلی‌ژول بر مترمربع بود و بیش‌ترین مقدار آن ۸/۴ میلی‌ژول بر مترمربع و در سال ۱۳۹۵ بود و در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۹ کم‌ترین مقدار تابش خورشیدی در منطقه مشاهده شد (جدول ۵). داده‌های مورد بررسی در تحقیق حاضر نشان داد که بین سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۵ تغییرات دمایی چشم‌گیری بین سال‌های مختلف وجود داشته و متوسط بیشینه دمای سالیانه بین ۱۵/۷ و ۲۰/۱ متغیر بود که مطمئناً بر تولید محصول کلزا موثر بوده است. متوسط درجه حرارت سطح زمین در طی قرن گذشته ۱/۳ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و هیات بین‌الدول تغییر اقلیم افزایش ۲/۳ تا ۲/۷ درجه سلسیوس را برای قرن ۲۱ پیش‌بینی کرده است (IPCC, 2014). تحت شرایط معمولی عموماً با افزایش دما، سطح تشعشع افزایش می‌یابد و مصرف آب بالا می‌رود. البته، افزایش دما در محیط‌های مختلف و شرایط اقلیمی گوناگون پیامدهای متضادی را به دنبال خواهد داشت که محتمل‌ترین آنها در بخش کشاورزی منجر به افزایش طول فصل رشد و ازدیاد تولید محصولات کشاورزی در مناطق سرد کوهستانی و بالعکس، کاهش سطح تولید در مناطق گرم‌تر، بویژه در مناطقی که در حالت انتقالی و حاشیه‌ای قرار دارند، خواهد شد (IPCC, 2014). تغییر اقلیم در دهه‌های اخیر منجر به تغییرات معنی‌دار در محدوده‌های جغرافیایی گونه‌های گیاهی شده است و پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند این وضعیت در آینده ادامه خواهد داشت (Chen et al., 2011).

روغن کاهش خواهد یافت (Thomas, 1990; Fallah Heki et al., 2012). اثر زیرمعیار سیستم آبیاری سنتی و عدم توجه به سیستم‌های مدرن آبیاری از دید متخصصان در رتبه ۱۳ قرار گرفت (جدول ۴) که نشان می‌دهد از دید افراد خبره در این شهرستان، کشاورزان از سیستم‌های مدرن نیز برای آبیاری محصولات کلزا بهره برده‌اند. به طور کلی، یکی از چالش‌های آبیاری در بخش کشاورزی استقبال کم کشاورزان از روش‌های نوین آبیاری و پافشاری آنان به استفاده از روش‌های سنتی است. لذا می‌توان با توسعه سیستم‌های نوین آبیاری و ترغیب کشاورزان به استفاده از این سیستم‌ها و کاهش تلفات انتقال آب و همچنین اصلاح روش‌های انتقال، وضعیت مدیریت بهینه مصرف آب را در بخش کشاورزی بهبود بخشید. از دید متخصصان در این تحقیق، عدم رعایت تناوب زراعی و عدم آیش‌گذاری مناسب زمین‌های تحت کشت کلزا به ترتیب در رتبه‌های ۹ و ۱۶ به لحاظ اهمیت در کاهش کشت کلزا در شهرستان بودند (جدول ۴)، در حالی که آیش‌گذاری و رعایت تناوب زراعی نقش بسزایی در افزایش رطوبت و بازتوانی خاک دارد که به نظر می‌رسد در شهرستان اهر مورد توجه قرار نگرفته است. به گزارش Keshavarz et al., (2014) تنها ۲۹ درصد از کشاورزان از این راهبرد مدیریتی بهره گرفته‌اند. همچنین در تحقیق حاضر زیرمعیارهای استفاده از کودهای و سموم شیمیایی در رتبه‌های ۱۴ و ۱۵ به لحاظ تاثیر در کاهش کشت گیاه کلزا قرار گرفتند، با این وجود و علی‌رغم تلاش‌های دنباله‌دار نهاده‌های ترویجی برای کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی در مزارع، مصرف کود و سموم شیمیایی توسط کشاورزان به عنوان راه‌کاری برای افزایش تولید در شرایط نوسانات اقلیمی مورد توجه قرار می‌گیرد و تحقیقات Keshavarz (2019) نشان داده که حدود ۶۰ درصد از کشاورزان تلاش کرده‌اند با به‌کارگیری هر چه بیش‌تر این نهاده‌ها، تولیدات زراعی خود را افزایش دهند که در تحقیق حاضر استفاده از کود و مواد شیمیایی از دید متخصصان در کاهش محصول کلزا تاثیر منفی کم‌تری داشته است. با توجه به نتایج روش تاپسیس و رتبه‌بندی انجام شده از دید متخصصان، مشخص شد که عوامل اقلیمی مانند تغییرات رطوبت و دما در شهرستان بیش‌ترین تاثیر را در کاهش

Table 5- Annual changes (average minimum temperature (T_{min}), average maximum temperature, total precipitation, average solar radiation) observed during 2000-2017 in Ahar

جدول ۵- عوامل اقلیمی (متوسط کمینه و بیشینه درجه حرارت، مجموع بارندگی و متوسط تابش خورشیدی) سالیانه مشاهده شده (پایه)

بین سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۹۵ در شهرستان اهر

Year	Average minimum temperature (°C)	Average maximum temperature (°C)	Total precipitation (mm)	Average solar radiation ($MJm^{-2} Day^{-1}$)
1378	5.8	17.3	243.5	7.4
1379	6.5	18.3	190.7	7.7
1380	5.8	17.6	268.2	7.5
1381	6.0	16.3	274.2	6.7
1382	5.7	17.4	365.3	7.5
1383	5.8	17.4	236.5	7.6
1384	5.9	17.7	283.5	7.7
1385	5.4	16.7	335.4	7.4
1386	5.4	16.8	206.5	7.1
1387	5.8	17.1	182.9	6.9
1388	7.2	20.1	276.4	7.6
1389	5.1	15.7	337.8	6.7
1390	6.3	17.8	290.0	7.2
1391	5.7	17.3	298.7	7.7
1392	6.8	18.3	272.4	7.5
1393	6.5	18.4	386.7	7.3
1394	6.4	18.8	253.8	7.1
1395	7.1	19.9	171.8	8.4
Average	6.1	17.7	270.8	7.4

سلسیوس نشان داد و با سناریوهای A2 و B1 اختلافی در درجه حرارت بیشینه پیش‌بینی نشد. متوسط بارندگی سالیانه پیش‌بینی شده تحت سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب ۵۳/۲، ۵۰۷/۴ و ۵۲/۸ میلی‌متر بیش‌تر از متوسط بارندگی سالیانه طی سال‌های گذشته و از سال ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۹۵ بود در حالی که برای متوسط میزان تابش خورشیدی سالیانه ۸/۵ میلی‌ژول بر مترمربع افزایش پیش‌بینی شد. تغییر اقلیم تأثیرات زیادی بر چرخ هیدرولوژیکی آب در دهه‌های آتی خواهد گذاشت. این پدیده هم‌چنین تأثیرات معنی‌داری بر فراهمی آب یا میزان در دسترس بودن آن، کیفیت و کمیت آن خواهد داشت نکته حائز اهمیت در این زمینه این است که از میان پارامترهای مختلف اقلیمی نقش تبخیرتقرق مهم‌تر از نقش بارندگی در چنین تغییراتی بود (Park and Park, 2002)، که با توجه به این امر می‌توان نتیجه گرفت که در شهرستان اهر نیز طی سال‌های اخیر تغییرات در میزان تبخیرتقرق به دلیل افزایش در میزان تابش خورشیدی به استناد نتایج حاصل از پیش‌بینی اقلیمی در مطالعه حاضر از عوامل موثر در کاهش محصول کلزا باشد.

کلزا گیاه خاص مناطق سرد است، اما به تغییرات دمایی حساس است و به شدت واکنش نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که ارقام مختلف کلزا در مناطق اقلیمی مختلف نسبت به شرایط محیط واکنش‌های متفاوتی از خود بروز می‌دهند. مشاهدات (Lobeii et al., 2012) نشان داده است با افزایش دما، محصولات زراعی کوچک‌تر و عملکرد دانه‌ها کاهش خواهد یافت، دوره گلدهی محصولات زراعی به افزایش دما بسیار حساس می‌باشد زیرا با بالا رفتن دما در این دوره، گرده‌افشانی ناقص انجام می‌شود به‌طوری‌که در تولید مثل گیاهان اختلال ایجاد می‌کند. این مساله منجر به عدم تشکیل دانه می‌شود و عملکرد محصول را به شدت کاهش می‌دهد (Zhang et al., 2018). Kenter et al., (2005) آثار متغیرهای اقلیمی را بر محصول نیشکر مورد مطالعه قرار دادند و دریافتند که تجمع ماده خشک در برگ‌ها و ریشه عمودی با افزایش دما دارای یک رابطه خطی است. پیش‌بینی انجام شده با استفاده از مدل LARS-WG تا سال ۱۴۰۹ تحت سناریوهای مختلف نشان‌دهنده کاهش ۰/۱ درجه سلسیوس در متوسط کمینه درجه حرارت از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۴۰۹ بود و در مورد متوسط بیشینه درجه حرارت با توجه به سناریوی A1B کاهش ۰/۱ درجه

Table 6: Annual future changes (average minimum temperature (T_{min}), average maximum temperature, total precipitation, average solar radiation) during 2018-2030 (generated) by LARS-WG under A1B, A2 and B1 scenarios in Ahar

جدول ۶- عوامل اقلیمی (متوسط کمینه و بیشینه درجه حرارت، مجموع بارندگی و متوسط تابش خورشیدی) سالیانه پیش‌بینی شده با استفاده از مدل LARS-WG تا سال ۱۴۰۸ در شهرستان اهر

Year	Average minimum temperature (°C)			Average maximum temperature (°C)			Total precipitation (mm)			Average solar radiation (MJm ⁻² Day ⁻¹)		
	B1	A2	A1B	B1	A2	A1B	B1	A2	A1B	B1	A2	A1B
1390	6.3	6.3	6.2	17.7	17.7	17.6	303.6	297.4	301.6	15.8	15.8	15.8
1391	6.4	6.4	6.4	18.0	18.0	17.9	328.1	326.1	326.8	15.5	15.5	15.5
1392	6.3	6.3	6.2	18.4	18.4	18.3	154.3	152.6	153.4	16.0	16.0	16.0
1393	6.1	6.1	6.1	17.5	17.5	17.4	270.2	266.6	267.7	16.1	16.1	16.1
1394	5.7	5.7	5.6	17.8	17.8	17.7	287.3	284.6	285.7	16.5	16.5	16.5
1395	6.3	6.3	6.2	18.0	18.0	18.0	287.3	282.1	285.2	15.6	15.6	15.6
1396	5.8	5.8	5.7	17.8	17.8	17.7	261.0	254.9	258.1	16.3	16.3	16.3
1397	6.1	6.1	6.0	17.9	17.9	17.8	340.3	338.2	341.3	16.2	16.2	16.2
1398	6.0	6.0	5.9	17.7	17.7	17.6	259.4	256.9	258.3	15.8	15.9	15.8
1399	6.0	6.0	5.9	17.9	17.9	17.8	320.5	319.5	322.2	16.0	16.0	16.0
1400	6.3	6.3	6.2	17.2	17.2	17.1	262.0	255.8	259.2	16.2	16.2	16.2
1401	5.8	5.8	5.7	17.4	17.4	17.3	293.8	291.9	293.8	15.8	15.8	15.8
1402	6.0	6.0	5.9	17.7	17.7	17.6	235.5	232.2	233.4	15.7	15.7	15.7
1403	5.8	5.8	5.7	17.3	17.3	17.2	333.6	327.8	330.1	15.5	15.5	15.4
1404	6.0	6.0	5.9	18.5	18.5	18.4	225.4	223.7	225.3	16.1	16.1	16.1
1405	6.0	6.0	5.9	17.5	17.5	17.5	302.7	297.0	300.1	16.1	16.1	16.1
1406	6.1	6.1	6.0	17.9	17.9	17.8	233.8	230.8	232.8	16.1	16.1	16.1
1407	5.9	5.9	5.8	17.6	17.6	17.5	320.7	315.9	316.9	15.2	15.2	15.2
1408	6.3	6.3	6.2	17.8	17.8	17.7	333.7	330.1	332.8	16.1	16.1	16.0
1409	6.1	6.1	6.0	17.2	17.2	17.1	323.6	321.2	324.0	15.9	15.9	15.8
Average	6.1	6.1	6.0	17.7	17.7	17.7	282.8	280.3	281.4	15.9	15.9	15.9

اقلیم در کشور پرداخته شد. تحقیق انجام شده تاثیرات ایجاد شده در منابع آب کشور در اثر تغییرات اقلیم را نشان داد. نتایج حاصل از آثار تغییر اقلیم بر منابع آب کشور با استفاده از سناریوهای مختلف نشان می‌دهد که افزایش دما در حدود تقریباً ۰/۲ تا ۰/۶ درجه سلسیوس موجب ۶ تا ۱۲ درصد افزایش در تبخیر ۳۰ حوضه خواهد شد (Rahimi and Rahimi, 2016). مطالعه دیگری در نیوزلند نشانگر ایجاد اثرهایی از تغییرات آب و هوا در سیستم‌های کشاورزی است که می‌تواند هم شامل خطرات و هم فرصت‌ها باشد. به طوری که رویدادهای شدید آب و هوایی بزرگ‌ترین چالش در تولیدهای کشاورزی نیوزلند محسوب می‌شوند. تغییرات آب و هوایی در این کشور با افزایش میانگین دما و تنوع اقلیمی در مناطق مختلف همراه است. اقدام‌های سازگاری در این مطالعه شامل تلاش بر افزایش توانایی کشاورزان در کاهش آثار نامطلوب تغییر اقلیم و استفاده از فرصت‌ها به منظور انطباق مناسب با تغییر شرایط است (Cradock-Henry, 2008). (Akbari, 2014) در تحقیقی با عنوان

(Pidgeon et al., 2001) به بررسی اثرات اقلیم بر روی تولید نیشکر در اروپا پرداختند و دریافتند که افزایش پتانسیل محصولات از شمال به جنوب و از غرب به شرق به واسطه افزایش دریافت تابش خورشیدی است. پیش‌بینی انجام شده در تحقیق حاضر نیز حاکی از افزایش تابش خورشیدی از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۴۰۹ به میزان ۸/۴ میلی‌ژول بر مترمربع می‌باشد که مطمئناً با افزایش تبخیر و تعرق و کاهش دسترسی به آب توسط گیاهان زراعی و بویژه کلزا خواهد بود. در تحقیقی که توسط Dastorani et al., (2010) روی اثرات تغییر اقلیم بر تبخیر تعرق ایستگاه یزد انجام گرفت از مدل Hadcm3 و دو سناریوی A2 و B2 استفاده شد. نتایج نشان‌دهنده افزایش تبخیر تعرق در دوره آبی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ و عدم قطعیت در ارتباط با سناریوهای اقلیمی و روش‌های برآورد تبخیر تعرق می‌باشد. در تحقیقی که توسط Daneshkar Arasteh and Shokohi, (2008) انجام گرفت با استفاده از تعداد زیادی تصویر هم‌زمان بارش و دمای ماهانه در سطح ایران به بررسی مکانی و زمانی تغییر

از اهمیت زیادی برخوردار باشد. از طرفی با توجه به نتایج حاصل از مدل که گویای تغییرات محسوس میزان تابش خورشیدی پیش‌بینی شده از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۴۰۹ است، بررسی راه‌کارهای سازگاری با این تغییرات در سال‌های آتی ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

- Abedi, T., Mohammadi Limaiei, S. 2018. Multi criteria decision making in forestry (models, methods and application. Environmental Research Institute. Guilan, Pp: 103. (In Farsi).
- Akbari, M. 2014. Analysis of farmers adaptation strategies with climate change in Chamriz watershed. Thesis of the Department of Extension and Education, University of Tehran. (In Farsi).
- Asgarpour, M. J. 2018. Multiple criteria decision making. University of Tehran press. Tehran. 15th Edition, Pp: 400.
- Azari, M., Moradi, H. R., Saghafian, B., Faramarzi, M. 2013. Assessment of hydrological effects of climate change in Gourganroud River Basin. Journal of Water and Soil, 27(3): 537-547.
- Azizi-Khalkheili, T., Zamani, Gh., Karami, E. 2016. Farmers adaptation to climate variation: barriers and suggested solutions. Agricultural Economics and Development, 30(3): 83-105. (In Farsi).
- Babaiyan, I., modireyan, R., karimi, M. 2008. The assessment of climate change in Iran between 2070-2100 using the precis climate model. Third conference of water management in Iran, Tabriz.
- Bagli, S., Terres, J. M., Gallego, J., Annoni, A., Dallemand, J. 2003. Agro Pedoclimatological Zoning of Italy, Definition of Homogeneous Pedo-climatic Zoning for Agriculture, Application to Maize, Durum Wheat, Soft Wheat, Spring Barley, Sugar Beet, Rapeseed, Sunflower, Soybean, Tomato, EUR 20550/EN, p 82.
- 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-inturkey.pdf.
- Chen, I. C., Hill, J. K., Ohlemüller, R., Roy, D. B., Thomas, C. D. 2011. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. Science, 333: 1024.
- Cradock-Henry, N. 2008. Exploring perceptions of risks and vulnerability to climate change in New Zealand agriculture. Political Science, 60(1): 151-155.
- Dadashian Saray, M., Dashti, Gh., Hayati, B., Ghahremanzadeh, M. 2015. The Combined use of

شناسایی و تحلیل راهبردهای سازگاری کشاورزان با تغییر اقلیم در حوضه آبخیز چمریز عنوان کرد که کشاورزان در دو سطح مزرعه و فراتر از مزرعه از سه الگوی سازگاری تهاجمی، محافظه‌کارانه و تدافعی پیروی می‌کنند، کشاورزان تهاجمی با توسعه سطح بهره‌وری و بهبود شرایط اقتصادی گسترده، قابلیت خود را جهت مواجهه با تغییر اقلیم افزایش می‌دهند. کشاورزان محافظه‌کار به دنبال بکارگیری راهبردهایی هستند که شرایط موجود را حفظ کنند و کشاورزان تدافعی بر عکس کشاورزان تهاجمی برخورد می‌کنند. که با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضر به نظر می‌رسد کشاورزان شهرستان اهر تدافعی عمل کرد و قابلیت خود را در جهت مواجهه با تغییر اقلیم افزایش نداده با کشت نکردن گیاه کلزا به شرایط محیطی واکنش نشان داده‌اند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق از دید متخصصان، مشخص شد که عوامل اقلیمی مانند تغییرات رطوبت و دما در شهرستان بیش‌ترین تاثیر را در کاهش سطح کشت گیاه کلزا داشته است و محدودیت منابع آبی و کاهش دسترسی به آب با شاخص نزدیکی نسبی ۰/۷۹۸۹ در رتبه اول قرار گرفت و تغییرات عملکرد گیاه در اثر تغییرات دمایی محیط در رتبه دوم رتبه‌بندی شد. با توجه به اینکه تغییرات اقلیمی شهرستان طی سال‌های گذشته (۱۳۷۸-۱۳۹۵) نشان‌دهنده نوسانات در میزان بارندگی بین ۱۷۱/۸ میلی‌متر و ۳۸۶/۷ میلی‌متر طی سال‌های مختلف مورد بررسی بود و همچنین متوسط کمینه و بیشینه درجه حرارت منطقه که به ترتیب ۲/۱ و ۴/۴ درجه سلسیوس نوسان داشت، می‌توان عنوان کرد که از سال ۱۳۷۸ که کشت کلزا در منطقه رایج شده است غیر از سال‌های توأم با خشکسالی و تغییرات دما، به نظر می‌رسد عواملی مانند کاهش آب‌های زیرزمینی و همچنین عدم بهره‌گیری از روش‌های سازگاری با این تغییرات، در کاهش کشت این محصول در سال‌های اخیر موثر بوده باشد. وقوع خشکسالی‌های متعدد و گسترده، کاهش فاصله وقوع خشکسالی‌ها و تشدید بحران آب کشاورزی موجب شده که بهره‌گیری از راهبردهای مدیریت آب و خشکسالی از سوی کشاورزان و همچنین استفاده از وارپته‌های مقاوم به خشکی،

- production of Chickpea in rainfed and irrigated condition of Kermanshah. *Journal of Plant Production*, 20(2): 235-252. (In Persian).
- Hwang, C. L., Yoon, K. 1981. Multiple attribute decision making: methods and applications. Springer-Verlag, New York.
- Independent Police Complaints Commission (IPCC), Climate change). 2014. The physical Science Basis: Contribution of working Group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge university Press, Cambridge, United Kingdom.
- Kazemi rad, L., Mohammadi, H. 2016. Climate change assessment by using LARS-WG model in Gilan province (Iran). *Geography and Environmental Hazards*, 4(16): 55-73.
- Kazemi Rad, L., Ghamgosar, M., Haghygh, M. 2014. Applying multiple-criteria decision-making of TOPSIS in droughts zoning of Guilan province. *Geographic Space*, 13(44): 203-217. (In Farsi).
- Kenter, C., Hoffmann, C. M., Marlander, B. 2005. The effects of weather variables on sugar beet yield development (*Beta vulgaris* L). *European Journal of Agronomy*, 24: 157-169.
- Keshavarz, M. 2019. Addressing Compatibility of the farm management strategies with climate change: The case of Fars province. *Iranian Agricultural Extension and Education Journal*, 14(2): 107-123. (In Farsi).
- Keshavarz, M., Karami, E., Zibaie, M. 2014. Adaptation of Iranian farmers to climate variability and change. *Regional Environmental Change*, 14(3): 1163-1174.
- Khoush Akhlagh, F., Ranjbar Firouz Toulabi, S., Masoumpour Samakoush, J. 2010. A study on drought and its effects on water resources and agriculture in hydrologic water year of 1386-1387 (Case Study: Marvdasht county). *Geography*, 8(24): 119-136. (In Farsi).
- Lobell, D. B., Sibley A and Ortiz-Monasterio J. 2012. Extreme heat effects on wheat senescence in India. *Nature Climate Change*, 2: 186-189.
- Mohsenpour, R., Zibaie, M. 2010. Assessing the consequences of drought at farm level: A case study of marvdasht region. *Quarterly Water and Soil Science*, 14(52): 49-62. (In Farsi).
- Mohsenzadeh, S., Namazi, N. R., Kardani Isfahani, A. S., Ahoomanesh, Z. 2017. Using of TOPSIS technique in economic ranking of some kind cultivated wheat in Iran. *Agricultural Economics*, 11(1): 163-183. (In Farsi).
- Mollaie, F., hosseini, S. M., Hejazi, S. Y., Pishbin, S. A. 2019. Explaining the adaptation strategies of farmers to climate change in South Khorasan AHP and TOPSIS technique for determining the weighted criteria and evaluation of agricultural sustainability (Case Study: selected counties of East Azarbaijan province). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(1): 145-157. (In Farsi).
- Daneshkar Arasteh, P., Shokohi, A. R. 2008. Investigating the effects of climate change on meteorological conditions and surface water resources in Iran, 3rd Iranian national conference of water resources management, Tabriz, 48 pp. (In Farsi)
- Dang, H. L., Li, E., Nuberg, I., Bruwer, J. 2014. A structural equation modelling study in the Mekong delta, Vietnam. *Environmental Science & Policy*, 41: 11-22.
- Dastorani, M. T., Massah Bavani, A. R., Poormohammadi, S. 2010. Evaluation of the effects of climate change on drought in the future in Yazd area. Research project report, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Iran. 52 pp. (In Farsi).
- Esmaili, R., Gandimkar, A., Ghayoor, A. 2011. Zoning of climate changes rate base on agriculture approach in future climatic period (case study Khorasan Razavi province). *Geography and Environmental Planning Journal*, 41(1): 35-52.
- Fallah Heki, M. H., Yadavi, A., Movahhedi Dehnavi, M., Bonyadi, M. 2012. Effect of planting date on physiological and morphological characteristics of four canola cultivars in Yasouj. *Journal of Crop Production and Processing*, 2(4): 53-66.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2017. Food outlook: Biannual report on global food markets. FAO Trade and Markets Division, Rome.
- Farajzadeh Asl, M., kashki, A. R., Shayan, S. 2009. Analysis of rain-fed wheat yield product variability using climate change approach (Case study area: Khorasan Razavi province). *Quarterly Modarres Human Sciences*, 13(3): 227-256. (In Farsi).
- Fu, C., Yang, S. 2012. The combination of dependence-based interval-valued evidential reasoning approach with balanced scorecard for performance assessment. *Expert Systems with Applications*, 39(3): 3717-3730.
- Ghareli, A. A. 2001. Determining the value of agricultural water and optimum planting model in water shortage situation (Lands under the Doroudzan dam). Department of agricultural economics, Shiraz University. (In Farsi).
- Hajarpour, A., Soltani, A., Zeinali, E., Sayyedi, F. 2013. Simulating the impact of climate change on

- generator in Great Britain. *Climate Research*, 11: 137-148.
- Sun, Y. F., Liang, Z. S., Viernstein, C. J., Unger, F. 2011. Comprehensive evaluation of natural antioxidants and antioxidant potentials in *Ziziphus jujube* Mill. var. *spinosa* (Bunge) Hu ex H. F. Chou fruits based on geographical origin by TOPSIS method. *Food Chemistry*, 124: 1612-1619.
- Thiyam-Holländer, U., Eskin, N. A. M., Matthäus, B. 2012. Canola and rapeseed: production, processing, food quality, and nutrition. CRC Press. 374 P.
- Thomas, D. L. 1990. Planting date effect and double cropping potential of rape in the south eastern V. S. Applied. *Agricultural Research*, 1(3): 205-211.
- 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.
- Williams, A. G. 1991. Modeling future climates: From GCMs to statistical downscaling approaches. University of Toronto at Scarborough. 56p.
- Withers, P. J. A., Evans, E. J., Bilsborrow, P. E., Milford, G. F. J., McGrath, S. P., Zaho, F. Walker, K. C. 1995. Development and prediction of sulphur deficiency in winter oilseed raps. H.G.C.A. Project Report, No. OS11, PP 22. www.Canola-council. Org.
- Yalcin, N., Bayrakdaroglu, A., Kahraman, C. 2012. Application of Fuzzy multicriteria decision making methods for financial performance evaluation of Turkish manufacturing industries. *Expert Systems with Applications*, 39: 350-364.
- Zavadskas, E. K., Vilutiene, T., Turskis, Z., Tamosaitiene, J. 2010. Contractor selection for construction works by applying SAW-G and TOPSIS Grey techniques. *Journal of Business Economics and Management*, 11:34-55.
- Zhang, L., Zhang, Z., Chen, Y., Wei, X., Song, X. 2018. Exposure, vulnerability, and adaptation of major maize-growing areas to extreme temperature. *Natural Hazards*, 91(3): 1257-1272.
- Province. Iranian Agricultural Extension and Education Journal, 14(2): 83-105. (In Farsi).
- Nazari, B., Liaghat, A., Akbari, M. R., Keshavarz, M. 2018. Irrigation water management in Iran: strategic planning for improving water use efficiency. *Agricultural Water Management*, 208: 7-18.
- Omidvar, K., Mazidi, A., Doostmoradi, S. 2014. Climatic feasibility of rapeseed cultivation in Kermanshah province. *Geography and Development Iranian Journal*, 12(35): 97-116.
- Ozturk, G., Dogan, M., Toker, O. S. 2014. Physicochemical, functional and sensory properties of mellorine enriched with different vegetable juices and TOPSIS approach to determine optimum juice concentration. *Food Bioscience*, 7: 45-55.
- Pakdin Amiri, M., Pakdin Amiri, M., Pakdin Amiri, A. 2010. Prioritize effective financial factors on price stock in Tehran stock exchange with using TOPSIS method. *Financial Research Journal*, 10(26): 7-16. (In Farsi).
- Park, J. S. Park, J. B. 2002. Maximum likelihood estimation of the 4-parameter Kappa distribution using the penalty method, *Journal of Computersand Geosciences*, 28: 65-68.
- Pidgeon, J. D., Werker, A. R., Jaggard, K. W., Richter, G. M., Lister, D. H., Jones, P. D. 2001. Climatic impact on the productivity of sugar beet in Europe, 1961-1995, *Agricultural and Forest Meteorology*, 109.
- Rahimi, D., Rahimi, Y. 2016. Resources in the impact's climate change on floods in north of Iran. *Geography and Environmental Planning*, 27(1): 89-102.
- Robertson, M. J., Holland, J. F., Bambach, R. 2004. Response of canola and Indian Musterd to sowing date in the grain belt of north- eastern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44: 43-52.
- Semenov, M. A. 2008. Simulation of extreme weather events by a stochastic weather generator. *Climate Research*, 35: 203-212.
- Semenov, M. A., Brooks, R. J. 1999. Spatial interpolation of the LARS-WG stochastic weather



Investigation of climatic factors affecting Canola production using TOPSIS multicriteria decision making approach in Ahar region

S. Abdi^{1*}, R. Abedi¹, L. Kazemi Rad², T. Abedi²

Received: 05/10/2020

Accepted: 15/11/2021

Abstract

Considering the effect of climatic factors on Canola production in Ahar region, north west of Iran, a study was conducted to prioritize climatic and environmental criteria including 21 effective sub-criteria involved in canola production decrease. The required meteorological and agronomic data and information were collected directly or via questionnaires prepared by local experts. The relative importance of each sub-criteria was determined by TOPSIS method. The significant climate variables were downscaled by LARS-WG model under A1B, A2 and B1 scenarios. The results showed that the inadequate water availability and air temperature variations were ranked as the first and second most significant contributors in canola yield reduction. The baseline period (2000-2017) mean annual rainfall of Ahar region is 270.8 mm. The projected mean annual rainfall under A1B, A2 and B1 scenarios were 53.2, 50.4 and 52.8 mm, respectively. Selecting proper adaptation measures for cope with these changes is recommended for sustainable production of this crop in Ahar region.

Keywords: Climate, LARS-WG, Prioritizing, Restriction of water resources, Temperature changes



¹ Assistant professor, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Iran

(*Corresponding Author Email Address: s.abdi@tabrizu.ac.ir)

² Assistant professor, Environmental Research Institute, Academic Center for Education, Culture and Research, Gilan, Iran

نحوه ارجاع مقاله:

عبدی، س.، عابدی، ر.، کاظمی راد، ل.، عابدی، ط. ۱۴۰۱. بررسی اثر تغییر عوامل اقلیمی موثر بر تولید کلزا با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره

تاپسیس در شهرستان اهر. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۵۵-۶۹. DOI: 10.22125/agmj.2022.251437.1104

Abdi, S., Abedi, R., Kazemi Rad, L., Abedi, T. 2022. Investigation of climatic factors affecting Canola production using TOPSIS multicriteria decision making approach in Ahar region. Journal of Agricultural Meteorology, 10(1): 55-69.

DOI: 10.22125/agmj.2022.251437.1104