

ارزیابی آسیب پذیری کشاورزی استان گیلان با استفاده از «شاخص آسیب پذیری اقلیمی»^۱

زهرا کاظم نژاد، دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد علوم و تحقیقات)، تهران، ایران.

منوچهر فرج زاده اصل^۲، استاد گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

رضا برنا، دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد علوم و تحقیقات) تهران، ایران.

پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۱۲/۱۷

دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۱۳

چکیده

یکی از روش های بررسی میزان آسیب های وارده بر فعالیت های کشاورزی، محاسبه شاخص آسیب پذیری می باشد. در این مطالعه با هدف بررسی و برآورد آسیب پذیری کشاورزی در برابر تغییرات آب وهوایی، شاخص آسیب پذیری CVI^۱ برای ۱۶ شهرستان استان گیلان مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می دهد که برحسب شاخص CVI شهرستان های رشت (۶۱/۵۸) و تالش (۵۵/۲۱) بیشترین میزان آسیب پذیری و به تبعیت از آن کمترین قدرت سازگاری با تغییرات آب وهوایی را نسبت به سایر شهرستان ها دارا می باشند. از سوی دیگر شهرستان لنگرود (۲۹/۵۱) کمترین میزان آسیب پذیری نسبی را دارد. متوسط مقدار شاخص محاسبه شده نیز در استان گیلان ۴۲/۴۰ می باشد. در مؤلفه R بیشترین آسیب پذیری برای شهرستان تالش (۹۹/۶۶) و کمترین برای شهرستان لاهیجان (۲/۲۷)، در مؤلفه M بیشترین آسیب پذیری برای رودبار (۹۷/۲۱) و کمترین برای تالش (۲۴/۳۰)، در مؤلفه A بیشترین آسیب پذیری برای رشت (۸۹/۹۹) و کمترین برای بندر انزلی (۲/۲۱)، در مؤلفه C بیشترین آسیب پذیری برای شفت (۶۶/۶۶) و کمترین برای بندرانزلی (۱/۸۹)، در مؤلفه U بیشترین آسیب پذیری برای رشت (۶۷/۵۵) و کمترین برای آستارا (۲۸/۹۲)، در مؤلفه E بیشترین آسیب پذیری برای تالش (۷۶/۴۹) و کمترین برای لاهیجان (۲۲/۶۹) و در مؤلفه G بیشترین آسیب پذیری برای رشت (۵۳/۰۵) و کمترین آسیب پذیری برای سیاهکل (۲۳/۲۴) گزارش شد.

واژگان کلیدی: گیلان، شاخص آسیب پذیری، CVI، کشاورزی، تغییر اقلیم

^۱. Climate Vulnerability Index (CVI)
Email: farajzam@modares.ac.ir

^۲. نویسنده مسئول

مقدمه

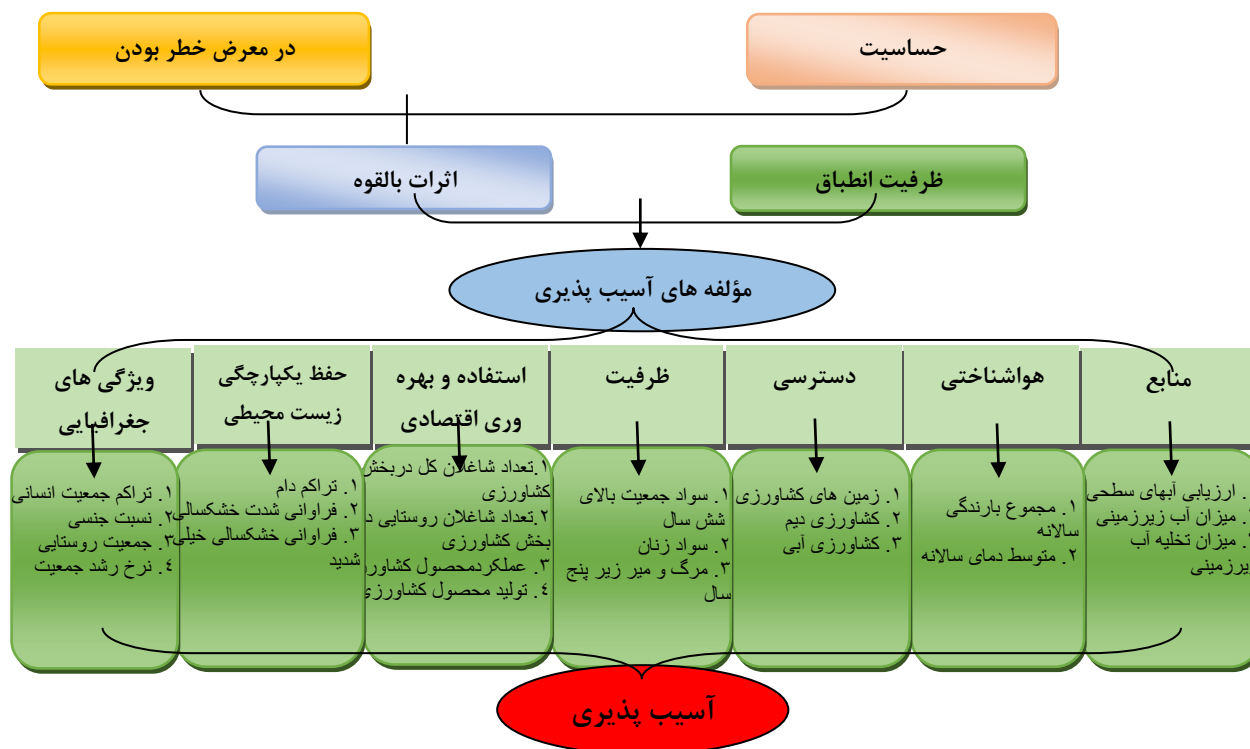
مفهوم آسیب پذیری در زمینه های مختلف تئوریک و تجربی از علم پزشکی تا فقر و توسعه مورد استفاده قرار گرفته است (Berry et al, ۲۰۰۶). آسیب پذیری در لاتین، *Vulus* به معنی "صدمه و آسیب" است و در فرهنگ های انگلیسی آسیب پذیری به معنی "صدمه دیدن از لحاظ فیزیکی یا عاطفی" تعریف می شود (Kelly and Adger, ۲۰۰۰). طبق تعریف سازمان ملل (۱۹۹۱) آسیب پذیری عبارت است از درجه زیان یک عنصر معین یا دسته ای از عناصر در معرض ریسک، در نتیجه وقوع یک پدیده طبیعی با بزرگای معین و بیان شده بر روی مقیاسی از صفر (بدون آسیب پذیری) تا یک (آسیب پذیری کامل) (فرج زاده اصل و همکاران، ۱۳۹۰). این مقیاس تجمعی حاصل جمع میزان آسیب پذیری عناصر مختلف در مقایسه با حالت پایدار و دینامیک جنبه های مختلف محیط می باشد (پورموسوی و همکاران، ۱۳۹۳). سازمان ملل (۲۰۰۴) چهار عامل را در میزان آسیب پذیری مؤثر می داند: عوامل فیزیکی: نظیر زیرساخت های جامعه مانند جاده، برق، آب و ... عوامل اقتصادی: مانند درآمد، سرمایه و ... عوامل اجتماعی: مانند سطح آموزش، امنیت، عدالت و ... عوامل محیطی: مانند شرایط آب و هوا در منطقه (Fussel, ۲۰۰۷).

آسیب پذیری درجه ای از یک سیستم، زیرسیستم یا جزئی از آن است که به احتمال زیاد در تجربه خسارت یا آسیب ناشی از مقابله با خطر، اختلال و فشار محیطی است (Nguyen et al. ۲۰۱۶). نزدیک ترین مفهوم مرتبط با آسیب پذیری، انعطاف پذیری است. آسیب پذیری عبارت است از احتمال بروز پیامدهای هر رویداد منفی و نامطلوب در جامعه. این در حالی است که انعطاف پذیری، تحلیل حد و آستانه تحمل جامعه در برابر تغییرات اساسی در محیط زیست و مقابله با آن هاست. توان جمعیت برای مقابله با تغییرات، یافتن مسیری است برای عبور از آسیب پذیری که همان معنا و مفهوم انعطاف پذیری را دارد (Lazarus, ۲۰۱۱). آسیب پذیری پارامتری شبیه کمبودها در سیستم است اگر اتفاق بیافتد. اساساً، آسیب پذیری شدت شکست های سیستم را بیان می کند و می تواند به عنوان (۱) میانگین شکست ها (۲) میانگین ماکزیمم کمبودها در طول یک دوره متوالی شکست در سیستم و (۳) احتمال بیشتر شدن کمبود در یک یا چند دوره از یک حد معین تعریف شود (صفوی و گل محمدی، ۱۳۹۵). آسیب پذیری رابطه بین یک سیستم و محیطش را و به طور واضح تر رابطه بین یک سیستم را با آشفتگی ها و عوامل محرک تحمیل شده از خارج را بیان می کند. می توان گفت آسیب پذیری فرآیندی است که با حساسیت و توانایی مقاومت و پاسخ سیستم در ارتباط است. به بیان دیگر آسیب پذیری در تماس بودن با تنش ها و وجود حساسیت در سیستم نسبت به تنش های خارجی و آشفتگی ناشی از آن و توانایی و ظرفیت سازگاری با آن ها است (دهشور و همکاران، ۱۳۹۳).

در این میان، تغییرات اقلیمی یکی از مشکلات اصلی محیط زیستی است که بقای آتی و توسعه انسان را تحت تأثیر قرار داده است. از اینرو، مسئله مذکور توجه گسترده ای را در میان جوامع دانشگاهی و سازمان های دولتی به خود جلب کرده است (Shengcai et al. ۲۰۱۲). با ادامه روند گرمایش زمین، سرعت تغییرات محیط احتمالاً بی سابقه خواهد بود. تعداد و شدت بیشتر بارندگی ها، افزایش دما، خشکسالی و انواع دیگر مخاطرات آب و هوایی مورد انتظار، بر عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی اثر می گذارند (Hatfield et al. ۲۰۱۱, ۳۶۰). آسیب پذیری اقلیمی به درجه ای از در خطر بودن و ناتوانی در به فائق آمدن سیستم های ژئوفیزیکی، زیستی و اجتماعی - اقتصادی نسبت به آثار منفی تغییر (پذیری) اقلیم اشاره دارد. همچنین می توان آسیب پذیری اقلیمی^۱ را که هسته اصلی استراتژی های سازگاری است،

^۱. Climate Vulnerability

به عنوان تابعی از حساسیت به تغییر اقلیم^۱، در معرض محرک اقلیمی بودن و ظرفیت سازگاری^۲ تشریح و شاخص سازی نمود (حجازی زاده و همکاران، ۱۳۹۴). به عبارت دیگر حساسیت عبارت از درجه یا مقداری است که یک سیستم به وسیله آشفتنگی ها در معرض تغییر یا تحت تأثیر آن قرار می گیرد (Adger, ۲۰۰۶). شکل ۱ مدل مفهومی سنجش آسیب پذیری در این پژوهش را نشان می دهد.



شکل ۱: مدل مفهومی سنجش آسیب پذیری

بیشتر مطالعاتی که آسیب پذیری کشاورزی را در مقابل تغییر اقلیم نشان می دهند، بر روی پیامدهای بالقوه بدون در نظر گرفتن استراتژی های سازش متمرکز شده اند، در حالی که این اثرات به مقدار زیادی کارایی مزرعه را تحت تأثیر قرار می دهند و احتمالاً سازش به تغییرات آینده را نیز به همین شکل تحت تأثیر قرار خواهند داد (Pytric et al. ۲۰۱۰). کشورها، مناطق روستایی و خانوارها برای در خطر ماندن از پیامدهای تغییرات اقلیمی چاره ای جز اقدامات سازگاری ندارند. سازگاری به منظور تنظیم شرایط اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی با پیامدهای تغییر اقلیم می باشد. استراتژی های سازگاری به صورت خودگردان توسط خانوارها و اجتماعات محلی انجام می گیرد و می تواند پیامدهای مثبتی برای کاهش فقر و ایجاد تاب آوری در این مناطق داشته باشد (اسمعیل نژاد و پودینه، ۱۳۹۶). سنجش آسیب پذیری به طور برجسته ای میان فرآیند و پیامدهای آن در مطالعات اخیر بر فشارها و مسیرهای متعددی از آسیب پذیری تمرکز یافته است. لذا، بخشی از همگرایی نهان و یادگیری در میان پژوهش های آسیب پذیری و تاب آوری به عنوان دو سوی یک طیف دو جانبه؛ که در یک طرف آن آسیب پذیری و در طرف مقابل ظرفیت تاب آوری قرار گرفته است، ناشی از تمرکز بر رویکرد تئوریک سیستم های اکولوژی - اجتماعی است (Wilson ۲۰۱۲). اقدامات سازگاری و

^۱ . Climate Sensitivity

^۲ . Adaptive Capacity

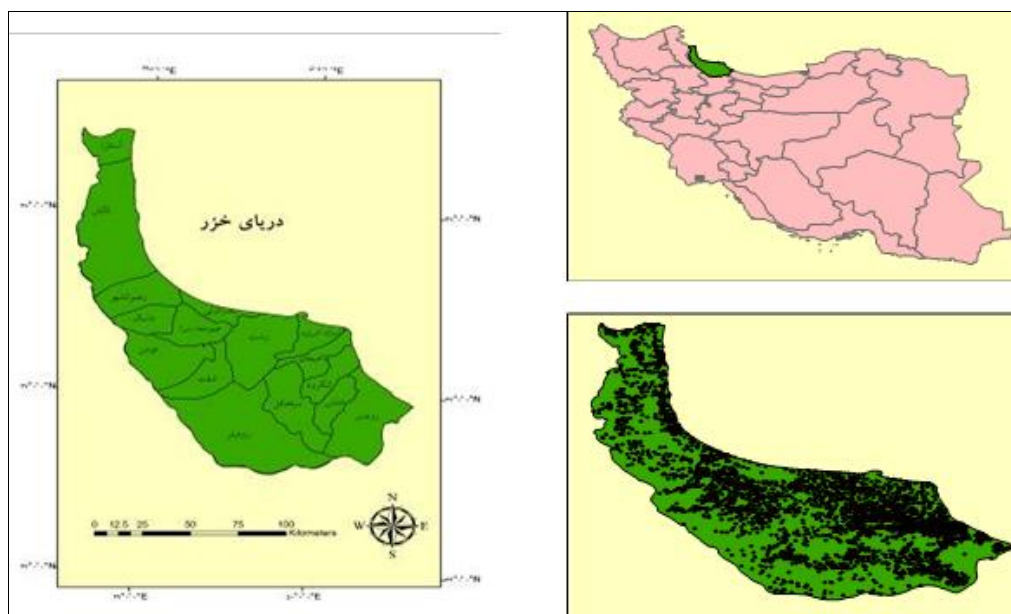
کاهش آسیب پذیری به تغییر آب و هوا بسیار مهم است (Kaushik and Sharama, ۲۰۱۵). توسعه کشاورزی فرایندی دایمی است و لازمه آن تطابق با عوامل متعددی در محدوده و خارج از اکوسیستم های کشاورزی است (Zhang et al. ۲۰۱۵). از جمله مطالعاتی که به ارزیابی آسیب پذیری کشاورزی پرداخته اند، می توان به پژوهش های اکرامی و همکاران (۱۳۹۴) اشاره کرد که به ارزیابی آسیب پذیری خشکسالی کشاورزی در اقلیم های خشک و نیمه خشک پرداخته اند و به منظور ارزیابی خسارات منطقه مطالعاتی در اثر خشکسالی کشاورزی، اقدام به تهیه نقشه های آسیب پذیری خشکسالی کشاورزی نموده اند. و در این راستا از قابلیت های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده کرده اند. هدف اصلی از این مطالعه ارائه روشی برای تهیه نقشه آسیب پذیری ناشی از خشکسالی کشاورزی در شهرستان تفت به منظور مقابله با خسارات ناشی از خشکسالی به ویژه در بخش کشاورزی است. پاشانژاد و همکاران (۱۳۹۵) به سنجش آسیب پذیری بخش کشاورزی در برابر بحران دریاچه ارومیه و چالش های تاب آوری جامعه روستایی پرداختند. پژوهش آن ها درصدد پاسخگویی به این سؤال هستند که روند تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بخش کشاورزی از تغییرات اکوسیستم دریاچه ارومیه به چه شکلی بوده است؟ و در صورت آسیب پذیری کدام یک از نواحی در منطقه در معرض بیشترین حد از آسیب پذیری هستند؟ همچنین پاشانژاد و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه دیگری به شناسایی پهنه های آسیب پذیر ناشی از تغییرات اکوسیستمی در سازمان فضایی در منطقه کرانه شرقی دریاچه ارومیه پرداختند. برای شناسایی و ارزیابی میزان آسیب پذیری از شاخص های آسیب پذیری اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی استفاده شده است. برای مشخص کردن پهنه های موجود در نظام سکونتگاهی و فضایی کردن آن از نرم افزار Arc GIS تلفیق روش های تصمیم گیری چند شاخصه (تاپسیس) استفاده شد. نتایج به دست آمده، نشان داد بیشترین میزان آسیب پذیری در سه شهرستان آذرشهر، عجبشیر و بناب است. همچنین سکونتگاه های روستایی با کمترین فاصله از دریاچه با تهدید جدی ناشی از عواقب خشک شدن دریاچه روبه رو هستند. امنیت غذایی از بزرگترین دغدغه های هر کشوری می باشد. بخش کشاورزی رسالت ویژه تأمین و ارتقاء امنیت غذایی کشور را به عهده دارد. خوشبختانه، به علت ویژگی های اقلیمی و جغرافیایی استان گیلان، پتانسیل های زیادی جهت تولید انواع محصولات زراعی، باغی، دامی و شیلاتی در آن وجود دارد. علاوه بر تأمین امنیت غذایی، بخش کشاورزی نقش ویژه ای در ایجاد فرصت های شغلی و تأمین معیشت اقشار مختلف مردم دارد. از این رو، بررسی آسیب پذیری و سازوکارهای سازگاری این بخش نسبت به تغییر اقلیم جهانی بسیار حائز اهمیت می باشد. با تغییرات ایجاد شده در شرایط آب و هوایی استان گیلان طی دهه های اخیر، بخش کشاورزی یکی از بخش هایی است که در برابر تغییرات اقلیمی و محیطی حساس بوده و هرگونه تغییری در رژیم طبیعی حاکم بر منطقه، تولیدات و ساختار بخش کشاورزی را تحت تأثیر قرار می دهد. اما نکته قابل توجه در این شرایط، حساسیت بیشتر بخش کشاورزی در صورت تداوم روند تغییرات شرایط آب و هوایی کنونی است. بنابراین با توجه به نقش برنامه ریزی محیطی در زمینه مدیریت بهینه سرزمین و کاربری اراضی، این پژوهش در صدد سنجش وضعیت آسیب پذیری در بخش کشاورزی در برابر تغییرات آب و هوا در استان گیلان می باشد. هدف از این مطالعه بررسی و برآورد آسیب پذیری کشاورزی با استفاده از شاخص آسیب پذیری CVI برای ۱۶ شهرستان استان گیلان می باشد. بررسی های به عمل آمده از مطالعات صورت گرفته در حوزه سنجش آسیب پذیری بخش کشاورزی با رویکردهای مختلف چه در داخل کشور و در تحقیقات انجام یافته خارج از کشور نشان

دهنده نقش و نیروی تأثیر گذار تغییرات اقلیمی در ابعاد سیاستگذاری بخش کشاورزی بر آسیب پذیری این بخش است.

داده ها و روش کار

الف) قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

استان گیلان در ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی از نصف النهار قرار گرفته است. این استان با مساحتی حدود ۱۴۷۱۱ کیلومتر مربع در میان رشته کوه های البرز و تالش در شمال ایران جای گرفته و مساحت آن حدود ۰/۰۹ درصد از مساحت کل کشور است (دوات گر و همکاران، ۱۳۹۴). این استان از شمال با دریای خزر، از شرق با استان مازندران و از غرب و شمال غربی با استان اردبیل و از جنوب با عبور از رشته کوه های البرز با استان های زنجان و قزوین ارتباط دارد. استان گیلان از سه بخش ساحلی، جلگه ای و کوهپایه ای تشکیل شده است. پهنای جلگه ساحلی در استان گیلان کم می باشد و در بیشتر نقاط بلافاصله پس از خط ساحلی، ارتفاع زمین به ۹۰۰ متر افزایش می یابد. شکل جغرافیایی استان گیلان به صورت بدنه ای پر حجم شامل البرز غربی و جلگه گیلان در جنوب و گردنی استوار و افراشته شامل کوه های تالش و جلگه ساحلی به سمت شمال می باشد. با توجه به موقعیت جغرافیایی آن در جنوب غربی دریای خزر یکی از حاصلخیزترین استان های کشور می باشد (رمضان نژاد و همکاران، ۱۳۹۵). استان گیلان با دارا بودن آب و هوایی معتدل، زمین های مستعد کشاورزی، خاک های غنی برای کشت محصولات زراعی و باغی از ویژگی های منحصر به فردی در بخش کشاورزی برخوردار است (کشاورز و همکاران، ۱۳۸۹). استان گیلان شامل ۱۶ شهرستان بوده و با دارا بودن قابلیت و پتانسیل های متنوع در زمینه هایی همچون دشت های حاصلخیز یکی از مناطق مستعد کشاورزی در ایران محسوب می شود. شکل شماره ۲ موقعیت طبیعی محدوده همراه با پراکنش نقاط روستایی را نشان می دهد.



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

ب) روش کار

در این مطالعه به بررسی شاخص آسیب پذیری کشاورزی پرداخته شده است. این بررسی برای شهرستان های استان گیلان و آمار و اطلاعات بارش و دما در بازه زمانی سال های ۱۳۹۵-۱۳۷۵ از سازمان هواشناسی و سازمان آب منطقه ای دریافت شد. مشخصات جغرافیایی ایستگاه های مورد مطالعه در جدول (۱) آمده است.

جدول ۲: مشخصات جغرافیایی ایستگاه های مورد استفاده در استان گیلان

ردیف	ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)
۱	آستارا	۲۱ ۳۸	۵۱ ۴۹	۲۱/۱
۲	اسپیلی دیلمان	۵۴ ۳۶	۵۵ ۴۹	۱۸۲۰
۳	بندرآنزلی	۲۸ ۳۷	۲۷ ۴۹	-۲۳/۶
۴	بندرکیاشهر	۲۳ ۳۷	۵۳ ۴۹	-۲۲
۵	تالش	۵۰ ۳۷	۵۳ ۴۸	۷
۶	چوبرشفت	۱۰ ۳۸	۵۱ ۴۸	۴۰
۷	رشت	۱۲ ۳۷	۳۸ ۴۹	۲۴/۹
۸	رضوانشهر	۰۵ ۳۷	۰۱ ۴۹	۷۰
۹	رودبار	۴۸ ۳۶	۲۵ ۴۹	۲۰۰
۱۰	رودسر	۰۷ ۳۷	۱۹ ۵۰	-۲۲
۱۲	فومن	۱۳ ۳۷	۱۸ ۴۹	۴۰
۱۳	کسما	۰۳ ۳۷	۰۳ ۴۹	-۲
۱۴	لاهیجان	۱۱ ۳۷	۰۰ ۵۰	۳۴/۲
۱۵	لنگرود	۱۵ ۳۷	۰۶ ۵۰	۲۱
۱۶	ماسال	۰۴ ۳۷	۰۲ ۴۹	۶۰

• شاخص CVI

شاخص CVI برای مدیریت یکپارچه منابع آبی به کار می رود. این شاخص توسعه یافته شاخص WPI است و از هفت محور اصلی برای نشان دادن تأثیر تغییرات آب و هوایی بر منابع آب تشکیل شده است. این مؤلفه ها عبارتند از منابع (R^۱)، هواشناختی (M^۲) و ویژگی های جغرافیایی (G^۳)، استفاده و بهره وری اقتصادی (U^۴)، دسترسی (A^۵)، ظرفیت (C^۶)، حفظ یکپارچگی زیست محیطی (E^۷).

هر کدام از اجزای اصلی WPI یعنی منابع، دسترسی، ظرفیت، استفاده و محیط زیست به آسیب پذیری انسانی مربوط هستند و آن دسته از متغیرهایی که منحصراً به اثرات تغییرات اقلیمی مرتبط هستند برای محاسبه CVI در نظر گرفته شده اند. در این راستا مطالعات متعدد کشوری در مقیاس منطقه ای انجام شده است. انتخاب زیر شاخص ها باید

۱. Resource
۲. Meteorological
۳. Geographical
۴. Use and economic productivity
۵. Access
۶. Capacity
۷. Environmental maintain integrity

با در نظر داشتن رابطه آسیب پذیری و تغییرات اقلیمی صورت گیرد. بهترین راه برای انتخاب این زیر شاخص ها مشورت با متخصصین مربوطه است.

این شاخص متکی بر اجزاء منعکس کننده پیامدهای فیزیکی تغییرات آب وهوایی است که بر رفاه و فعالیت جامعه مؤثر می باشد. این شاخص عواملی را مورد مطالعه قرار می دهد که به طور ذاتی در ساختارهای استان وجود دارند و به دلیل بروز نوسانات اقلیمی، دچار آسیب می شوند (هاتف و همکاران، ۱۳۹۵). لازم به ذکر است که این مؤلفه ها از پژوهش هایی که در دنیا صورت گرفته و روی هر کدام از این شاخص ها کار شده، استخراج شده است. جدول (۲) داده های انتخابی مورد نظر برای این پژوهش را نشان می دهد که آمار هر کدام از داده ها با توجه به منبعی که در جدول آمده است، از سازمان مربوطه اخذ شد. پس از انتخاب داده های مربوطه، شاخص نهایی برای مناطق مختلف از میانگین گیری این هفت مؤلفه به دست خواهد آمد.

رابطه (۱)

$$CVI = \frac{r_r R + r_m M + r_a A + r_c C + r_u U + r_e E + r_g G}{r_r + r_m + r_a + r_c + r_u + r_e + r_g}$$

در رابطه فوق، r وزن مؤلفه هر فاکتور است که در اینجا برای هماهنگ بودن با تحقیقات جهانی انجام شده، یکسان در نظر گرفته شده است (Sullivan and Meigh, ۲۰۰۵). مؤلفه منابع R شامل مجموع متغیرهای ارزیابی آب های سطحی، میزان آب زیرزمینی و میزان تخلیه آب زیرزمینی می باشد، که واحد هر سه متغیر میلیون مترمکعب درسال است. مؤلفه هواشناختی M شامل مجموع متغیرهای بارندگی (میلیمتر در سال) و متوسط دمای سالانه (درجه سانتیگراد) می باشد. مؤلفه A شامل مجموع متغیرهای درصد زمین های کشاورزی، درصد اراضی کشاورزی دیم و درصد اراضی کشاورزی آبی می باشد. مؤلفه ظرفیت C شامل مجموع متغیرهای درصد سطح سواد جمعیت بالای شش سال، درصد سطح سواد زنان و تعداد میزان مرگ و میر زیر پنج سال می باشد. مؤلفه استفاده و بهره وری اقتصادی U شامل مجموع متغیرهای تعداد شاغلان کل در بخش کشاورزی، تعداد شاغلان روستایی در بخش کشاورزی، میزان عملکرد محصولات کشاورزی (به صورت موردی عملکرد محصول برنج منظور شده است) و میزان تولید محصولات عمده کشاورزی (برنج) می باشد. مؤلفه حفظ یکپارچگی زیست محیطی E شامل مجموع متغیرهای درصد تراکم دام، فراوانی درصد شدت خشکسالی و درصد فراوانی خشکسالی خیلی شدید می باشد. مؤلفه ویژگی های جغرافیایی G شامل مجموع متغیرهای تراکم جمعیت انسانی، درصد نسبت جنسی، درصد جمعیت روستایی و درصد نرخ رشد جمعیت می باشد.

بدیهی است که شاخص ها در واحدها و مقیاس های مختلفی هستند. بنابراین هر کدام از متغیرها باید در ابتدا نرمال شده تا قابل مقایسه شوند.

برای این منظور در این مطالعه با پیروی از مطالعات (Guillaumont and Simonet, ۲۰۱۱) وزن های یکسان برای شاخص ها انتخاب شد که دلیل آن هم تفاوت موجود در مناطق مورد مطالعه در استان و ویژگی های اقلیمی مختلف هریک از مناطق می باشد. در نهایت برای اینکه امکان مقایسه بخش های مختلف اجزا و محاسبه شاخص آسیب پذیری نسبت به نوسانات عوامل اقلیمی وجود داشته باشد با توجه به متفاوت بودن واحدهای متغیرهای شاخص هر یک از اجزا به کمک معادله (۲) نرمال شدند.

رابطه (۲)

$$CN = \frac{(C - \min_c)}{\max_c - \min_c} \times 100$$

که CN مؤلفه نرمال شده و C ارزش مؤلفه، \min_c کمترین مقدار مؤلفه و \max_c بیشترین مقدار مؤلفه را نشان می دهند.

بنابراین داده ها بدون واحد و با مقادیر خود بین اعداد ۰ و ۱۰۰ استاندارد شدند. در متغیرهای مشخص شده با علامت*، ارزش شاخص با استفاده از (ارزش شاخص - ۱۰۰) معکوس شده است. این عمل برای اطمینان حاصل کردن از اینکه ارزش شاخص ها با مقادیر بالا، حساسیت را در تمام موارد نشان می دهد، ضروری است. به طور مثال در مورد سطح باسوادی، هر جا که سطح سواد بالا باشد، سرمایه انسانی بیشتری موجود است و به عبارتی آسیب پذیری کمتر می شود. حال آنکه با معکوس کردن ارزش شاخص، هرچه شاخص مقدار بیشتری داشته باشد سطح سواد پایین تر و به تبع آن آسیب پذیری بیشتر خواهد بود.

برای درک بهتر فرمول فوق آن را در قالب مثال یک متغیر (بارندگی) تشریح می نمایم. مثلاً اگر متغیر بارندگی در استان گیلان در شهرستان انزلی بیشترین مقدار بوده است، آن عدد به عنوان عدد \max_c در نظر گرفته شد و شهرستان رودبار کمترین مقدار بارندگی را به خود اختصاص داد که به عنوان عدد \min_c در نظر گرفته شد. سپس مقدار واقعی هر ایستگاه که با عنوان C در نظر گرفته شد، از مقدار \min_c کم نمودم. سپس بر اختلاف میان \max_c و \min_c تقسیم نمودم، که ارزش هر متغیر بدست آمد. و چون این پارامتر باید معکوس گردد تا ارزش واقعی آن نشان داده شود، منهای عدد ۱۰۰ شد و ارزش واقعی شاخص بدست آمد. با توجه به این روش هر ایستگاهی که نسبت به بارندگی آسیب پذیر تر بود به شاخص بین ۰ تا ۱۰۰ تبدیل شد. و نتیجه برای زیربخش بارندگی به این صورت شد که شهرستان بندرانزلی با کمترین مقدار ارزش، کمترین آسیب پذیری و شهرستان رودبار با بیشترین مقدار ضریب ارزشی، بیشترین مقدار آسیب پذیری را خواهد داشت و بدین صورت برای تمام زیربخش ها (متغیرها) ضریب ارزشی بین ۰ تا ۱۰۰ بدست آمد.

متغیرهایی که برای این مؤلفه ها در نظر گرفته شده اند با توجه به مطالعاتی که در زمینه آسیب پذیری در دنیا صورت پذیرفته، انتخاب شده است. منابعی که از این متغیرها استفاده نموده اند در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول ۲: متغیرهای شاخص سنجش آسیب پذیری کشاورزی

منبع (Reference)	منبع آمار (Source)	رابطه عملکردی (Functional relationship)	واحد (Unit)	متغیر (Indicator)	مؤلفه CVI
محمدخانی و جمالی (۱۳۹۴)	طرح جامع آب کشور	-	میلیون مترمکعب درسال	ارزیابی آب های سطحی*	منابع (R)
Zhang et al (۲۰۱۵)	طرح جامع آب کشور	-	میلیون مترمکعب درسال	میزان آب زیرزمینی*	
محمدخانی و جمالی	مرکز آمار ایران	+	میلیون	میزان تخلیه آب	

(۱۳۹۴)			مترمکعب درسال	زیرزمینی	
محمدخانی و جمالی (۱۳۹۴)	سازمان هواشناسی و سازمان آب منطقه ای	-	میلیمتر در سال	بارندگی*	هواشناختی (M)
Guillaumont (۲۰۰۹)	سازمان هواشناسی و سازمان آب منطقه ای	+	درجه سانتیگراد	متوسط دمای سالانه	
Berry et al (۲۰۰۶)	وزارت جهاد کشاورزی	+	هکتار (باغی و زراعی)	درصد زمین های کشاورزی	
Berry et al (۲۰۰۶)	وزارت جهاد کشاورزی	+	هکتار (باغی و زراعی)	میزان اراضی کشاورزی دیم	دسترسی (A)
محمدخانی و جمالی (۱۳۹۴)	وزارت جهاد کشاورزی	+	هکتار (باغی و زراعی)	میزان اراضی کشاورزی آبی	
Kaushik et al (۲۰۱۵)	سازمان برنامه و بودجه	-	درصد	سطح سواد جمعیت بالای شش سال*	ظرفیت (C)
Kaushik et al (۲۰۱۵)	سازمان برنامه و بودجه	-	درصد	سطح سواد زنان*	
محمدخانی و جمالی (۱۳۹۴)	وزارت کشور	+	نفر	میزان مرگ و میر زیر پنج سال	
Berry et al (۲۰۰۶)	مرکز آمار ایران	-	نفر	تعداد شاغلان کل در بخش کشاورزی	استفاده و بهره
Berry et al (۲۰۰۶)	مرکز آمار ایران	-	نفر	تعداد شاغلان روستایی در بخش کشاورزی	وری اقتصادی (U)
Knox et al (۲۰۱۰)	وزارت جهاد کشاورزی	-	کیلوگرم در هکتار	میزان عملکرد محصولات کشاورزی (برنج)*	
Knox et al (۲۰۱۰)	وزارت جهاد کشاورزی	-	کیلوگرم در هکتار	میزان تولید محصولات عمده کشاورزی (برنج)*	
محمدخانی و جمالی (۱۳۹۴)	وزارت جهاد کشاورزی	+	درصد	تراکم دام	حفظ یکپارچگی
Guillaumont (۲۰۰۹)	سازمان هواشناسی	+	درصد	فراوانی شدت خشکسالی	زیست محیطی
Guillaumont (۲۰۰۹)	سازمان هواشناسی	+	درصد	فراوانی خشکسالی خیلی شدید	(E)
محمدخانی و جمالی (۱۳۹۴)	مرکز آمار ایران	+	تعداد نفرات برمساحت	تراکم جمعیت انسانی	ویژگی های
Kaushik et al (۲۰۱۵)	مرکز آمار ایران	+	درصد	نسبت جنسی	جغرافیایی (G)
Berry et al (۲۰۰۶)	مرکز آمار ایران	+	درصد	جمعیت روستایی	
Kaushik et al (۲۰۱۵)	مرکز آمار ایران	+	درصد	نرخ رشد جمعیت	

متغیرهای مشخص شده با علامت * می باید معکوس شوند تا منعکس کننده اثرات منفی باشند. به عنوان مثال، بارندگی های زیاد باعث افزایش منابع آب و در نتیجه کاهش آسیب پذیری کشاورزی می شود و یا تراکم بالای دام

آسیب پذیری را افزایش می دهد. این بدین معنی است که امتیاز باران برای بازتاب تأثیر آن بر نمره کلی CVI باید معکوس شود. و در نهایت، براساس نتایج حاصل از محاسبه شاخص، آسیب پذیرترین مناطق در استان گیلان شناسایی می شوند.

شرح و تفسیر نتایج

اشکال (۳) تا (۹) پهنه بندی هر یک از مؤلفه های شاخص آسیب پذیری را نشان می دهد. طبق این اشکال، شهرستان های تالش و رودسر بیشترین آسیب پذیری و شهرستان های لاهیجان و آستانه کمترین میزان آسیب پذیری را در محور منابع (R)؛ شهرستان های رودبار و رودسر بیشترین آسیب پذیری و شهرستان های تالش و رضوانشهر کمترین میزان آسیب پذیری را در محور هواشناختی (M)؛ شهرستان های رشت و صومعه سرا بیشترین و شهرستان های انزلی و آستارا کمترین میزان آسیب پذیری در محور دسترسی (A)؛ شهرستان های شفت و تالش بیشترین و بندرانزلی و آستارا کمترین میزان آسیب پذیری در محور ظرفیت (C)؛ شهرستان های رشت و رودسر بیشترین و شهرستان های آستارا و بندرانزلی کمترین میزان آسیب پذیری در محور استفاده و بهره وری اقتصادی (U)؛ شهرستان های تالش و شفت بیشترین و شهرستان های لاهیجان و رضوانشهر کمترین میزان آسیب پذیری در محور حفظ یکپارچگی زیست محیطی (E)؛ شهرستان های رشت و شفت بیشترین و شهرستان های سیاهکل و رودسر کمترین میزان آسیب پذیری در محور ویژگی های جغرافیایی (G) را به خود اختصاص داده اند.

وضعیت آسیب پذیری کشاورزی نسبت به تغییرات اقلیمی فعلی در شکل (۱۰) نشان داده شده است. براساس شکل فوق، شهرستان لنگرود کمترین و شهرستان رشت بیشترین میزان آسیب پذیری را دارا می باشند. برای ارائه تحلیل مناسب از دلایل این امر، بهتر است که نتایج عملکرد عناصر مهم تأثیرگذار مورد بررسی قرار گیرد تا از این طریق نقاط ضعف و قدرت هر شهرستان شناسایی و سپس با توجه به قابلیت های موجود، کمبودها و کاستی های آن ها جبران شوند (اشکال ۱۱ و ۱۲).

با توجه به جدول شماره ۳ به عنوان مثال در شهرستان رشت که مرکز استان گیلان می باشد، علی رغم تراکم جمعیتی بالا، دو مؤلفه دسترسی (A) و استفاده و بهره وری اقتصادی (U) مهم ترین مؤلفه هایی هستند که باعث آسیب پذیری شده اند. از دلایل مهم این امر می توان به بالا بودن میزان درصد زمین با کاربری کشاورزی (باغی و زراعی) نسبت به سایر شهرستان ها اشاره کرد که اراضی کشاورزی آبی (۶۴۵۹۱ هکتار) و دیم (۱۲۴۰۱) می باشند (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۵)، بیشترین تعداد شاغلان تعداد شاغلان کل در بخش کشاورزی با ۴۴۷۸۱ نفر (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵)، بیشترین تعداد شاغلان روستایی در بخش کشاورزی با ۳۵۸۰۲ نفر (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵) و میزان تولید محصول برنج با مقدار ۲۹۲۸۶۴ تن در سال و با میزان عملکرد محصول برنج در هکتار با ۴۶۴۱ کیلوگرم در هکتار (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۵) نسبت به سایر استان ها اشاره نمود.

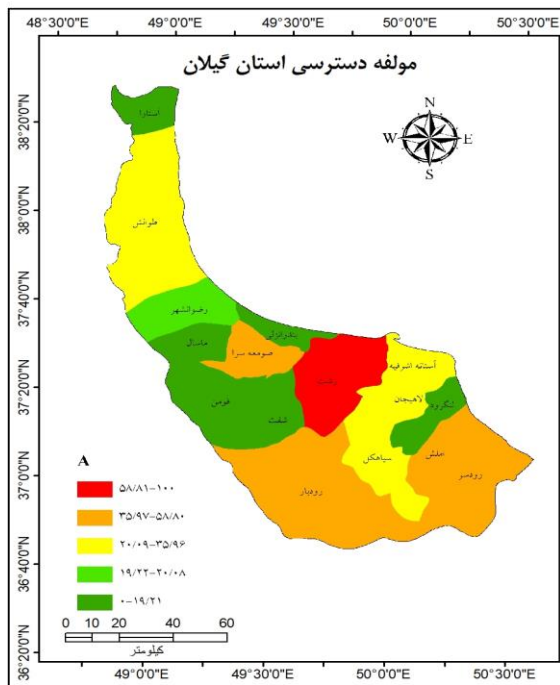
جدول ۳: متغیرهای شاخص سنجش آسیب پذیری اقلیم کشاورزی در شهرستان رشت

منبع	واحد	میزان	متغیر	مؤلفه CVI
طرح جامع آب کشور	میلیون متر مکعب در سال	۵۹۳۰	ارزیابی آب های سطحی	منابع (R)
طرح جامع آب کشور	میلیون متر مکعب در سال	۵۵۴/۴	میزان آب زیرزمینی	
مرکز آمار ایران	میلیون متر مکعب در سال	۹۶/۲۵	میزان تخلیه آب زیرزمینی	
سازمان هواشناسی و سازمان آب منطقه ای	میلیمتر در سال	۹۵۳/۵۱	بارندگی	هواشناختی (M)
سازمان هواشناسی و سازمان آب منطقه ای	درجه سانتیگراد	۱۵/۸	متوسط دمای سالانه	
وزارت جهاد کشاورزی	هکتار (باغی و زراعی)	۱۲۴۰۱	میزان اراضی کشاورزی دیم	دسترسی (A)
وزارت جهاد کشاورزی	هکتار (باغی و زراعی)	۶۴۵۹۱	میزان اراضی کشاورزی آبی	
سازمان برنامه و بودجه	درصد	۹۱/۳	سطح سواد جمعیت بالای شش سال*	ظرفیت (C)
سازمان برنامه و بودجه	درصد	۸۸/۷	سطح سواد زنان*	
وزارت کشور	نفر	۹۲	میزان مرگ و میر زیر پنج سال	
مرکز آمار ایران	نفر	۴۴۷۸۱	تعداد شاغلان کل در بخش کشاورزی	استفاده و بهره
مرکز آمار ایران	نفر	۳۵۸۰۲	تعداد شاغلان روستایی در بخش کشاورزی	وری اقتصادی (U)
وزارت جهاد کشاورزی	کیلوگرم در هکتار	۴۶۴۱	میزان عملکرد محصولات کشاورزی (برنج)*	
وزارت جهاد کشاورزی	کیلوگرم در هکتار	۲۹۲۸۶۴	میزان تولید محصولات عمده کشاورزی (برنج)*	
وزارت جهاد کشاورزی	درصد	۲۳/۷	تراکم دام	حفظ یکپارچگی
سازمان هواشناسی	درصد	۴۶/۷	فراوانی شدت خشکسالی	زیست محیطی
سازمان هواشناسی	درصد	۱۶/۷	فراوانی خشکسالی خیلی شدید	(E)
مرکز آمار ایران	تعداد نفرات برمساحت	۶۷۴/۱۱	تراکم جمعیت انسانی	ویژگی های
مرکز آمار ایران	درصد	۱۰۰/۰۸	نسبت جنسی	جغرافیایی (G)
مرکز آمار ایران	درصد	۳۲/۲	جمعیت روستایی	
مرکز آمار ایران	درصد	۰/۴	نرخ رشد جمعیت	

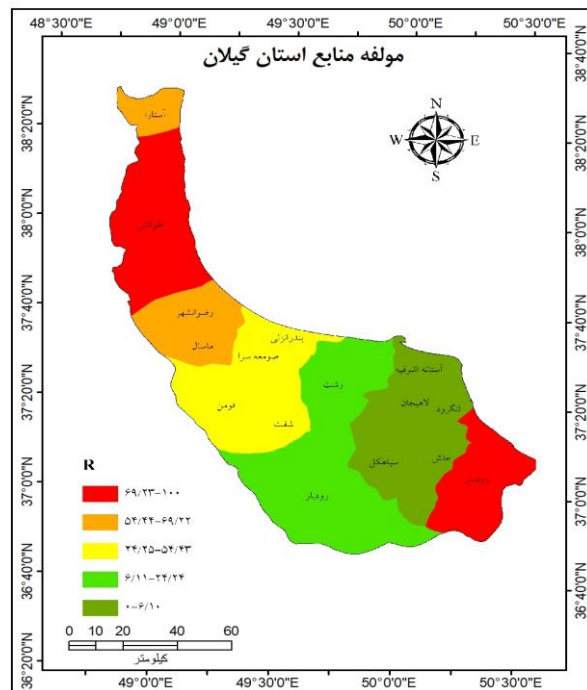
با بررسی نتایج بدست آمده متوجه خواهیم شد که دو مؤلفه استفاده و بهره وری اقتصادی (U) با $47/28\%$ و هواشناختی (M) با $46/99\%$ همراه با مؤلفه حفظ یکپارچگی زیست محیطی (R) با $45/59\%$ سه مؤلفه بسیار مهم در استان گیلان به حساب می آیند که باعث آسیب پذیری می شوند (جدول ۴). برطبق نتایج بدست آمده که نرمال شده مقادیر خام هستند، مقدار CVI در استان گیلان $42/40\%$ تخمین زده می شود که می توان آن را در سطح آسیب پذیری متوسط رو به پایین در نظر گرفت. قابل ذکر است که هرچقدر اعداد بدست آمده CVI به عدد 100 نزدیک تر باشد، آسیب پذیری بیشتر بوده و هرچه به عدد صفر نزدیک تر باشد، آسیب پذیری کمتر خواهد بود.

جدول ۴: شاخص آسیب پذیری اقلیم - کشاورزی در شهرستان های استان گیلان (درصد)

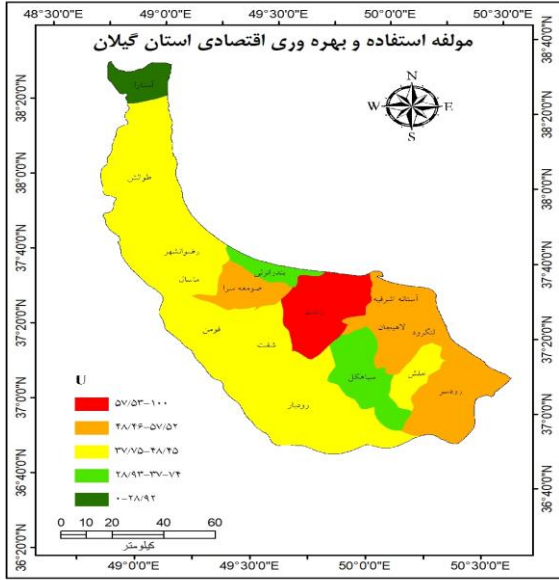
نام شهرستان	منابع	هواشناختی	دسترسی	ظرفیت	استفاده و بهره وری اقتصادی	حفظ یکپارچگی زیست محیطی	ویژگی های جغرافیایی	CVI (درصد)
کل استان	۴۱/۵۸	۴۶/۹۹	۳۳/۲۴	۳۶/۵۴	۴۷/۲۸	۴۵/۵۹	۴۰/۷۸	۷۰/۴۲
آستارا	۶۹/۲۲	۳۸/۹۳	۵/۲۳	۸/۶۰	۲۸/۹۲	۳۹/۶	۴۳/۹۳	۷۰/۳۳
بندرآستانه	۲/۷۸	۳۹/۲۶	۳۳/۵۱	۳۳/۸۱	۵۶/۹۶	۴۱/۹۳	۴۷/۲۸	۷۰/۳۶
املش	۴/۰۳	۴۳/۲۷	۴۷/۲۷	۴۶/۸۵	۴۳/۶۳	۳۳/۲۲	۳۹/۱۴	۷۰/۳۷
بندرآنزلی	۵۴/۴۳	۴۱/۲۸	۲/۲۱	۱/۸۹	۳۵/۸	۴۶/۷۰	۳۳/۷۲	۷۰/۳۱
تالش	۹۹/۶۶	۲۴/۳۰	۳۵/۲۷	۶۱/۸۰	۴۱/۲۰	۷۶/۴۹	۴۷/۷۷	۷۰/۵۵
رشت	۲۴/۲۴	۵۰/۸۷	۸۹/۹۹	۳۶/۸۶	۶۷/۵۵	۴۶/۹۶	۵۳/۰۵	۷۰/۶۲
رضوانشهر	۶۶/۹۵	۳۲/۳۰	۲۰/۰۸	۲۵/۱۲	۴۴/۴۵	۲۶/۰۷	۴۴/۶۱	۷۰/۳۷
رودبار	۱۶/۱۳	۹۷/۲۱	۴۵/۹۶	۴۱/۵۵	۴۸/۴۵	۳۲/۴۹	۴۲/۶۴	۷۰/۴۶
رودسر	۹۴/۲۸	۶۳/۰۶	۵۸/۲۸	۳۳/۴۳	۵۷/۵۲	۴۳/۸۷	۲۶/۵۵	۷۰/۵۴
سیاهکل	۶/۱۰	۴۶/۲۱	۳۵/۹۶	۴۴/۵۲	۳۷/۷۴	۷۴/۴۵	۲۳/۲۴	۷۰/۴۱
شفت	۵۳/۸۴	۴۳	۱۹/۲۱	۶۶/۶۶	۴۱/۵۶	۷۵/۲۸	۵۰/۰۴	۷۰/۵۰
صومعه سرا	۴۹/۴۴	۴۹/۶۲	۵۸/۸۰	۳۷/۴۹	۵۷	۵۱/۸۷	۳۷/۷۷	۷۰/۴۹
فومن	۵۱/۶۶	۵۲/۰۳	۱۷/۰۳	۴۷/۱۷	۴۴/۵۴	۴۳/۱۹	۳۹/۱۳	۷۰/۴۲
لاهیجان	۲/۲۷	۵۹/۴۸	۳۴/۷۰	۲۲/۹۴	۵۵/۳۰	۲۲/۶۹	۴۶/۵۸	۷۰/۳۵
لنگرود	۳/۰۳	۳۴/۴۲	۱۵/۰۷	۲۶/۷۴	۵۴/۶۳	۳۰/۴۴	۴۲/۲۴	۷۰/۳۰
ماسال	۶۷/۳۰	۳۶/۶۳	۱۳/۳۵	۴۹/۲۷	۴۱/۲۹	۴۴/۲۹	۳۲/۸۶	۷۰/۴۱



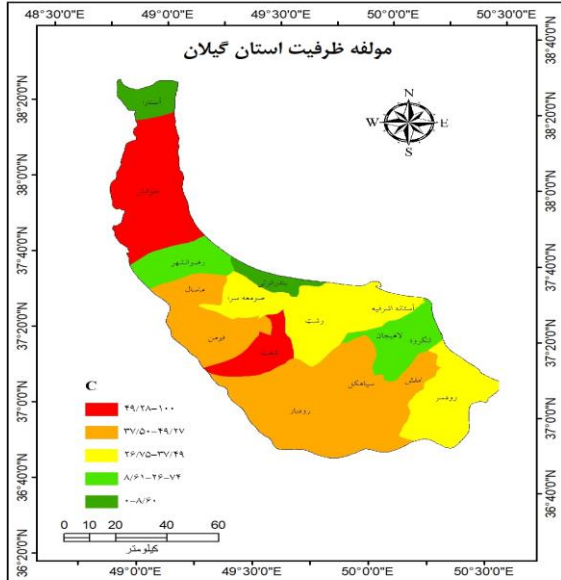
شکل ۴: مؤلفه دسترسی استان گیلان



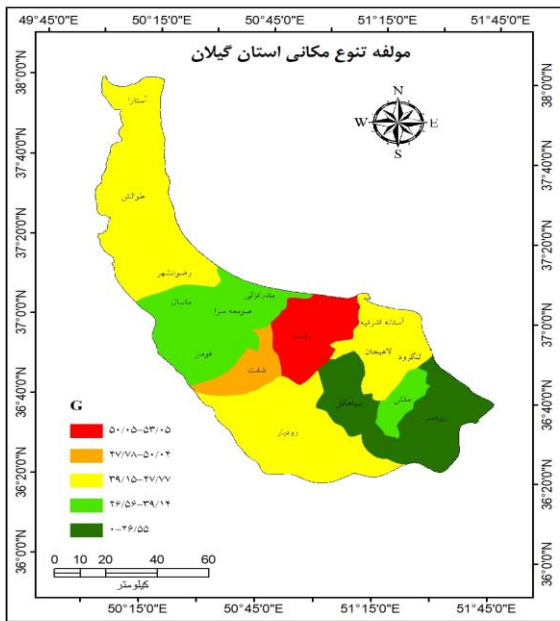
شکل ۳: مؤلفه منابع آب استان گیلان



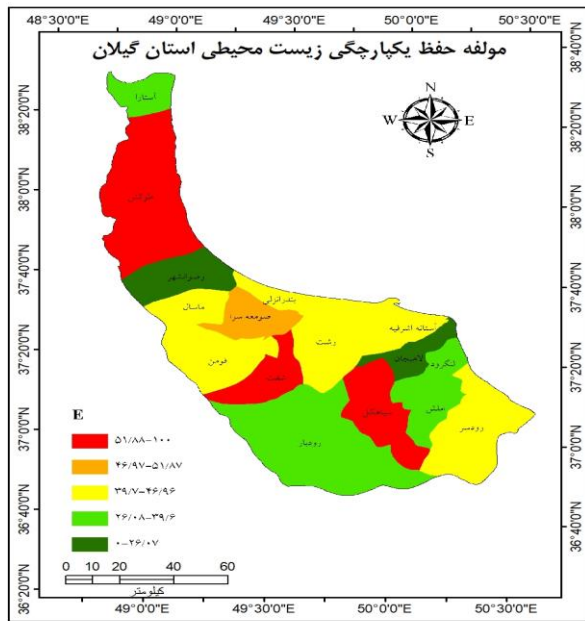
شکل ۶: مؤلفه استفاده و بهره وری اقتصادی استان گیلان



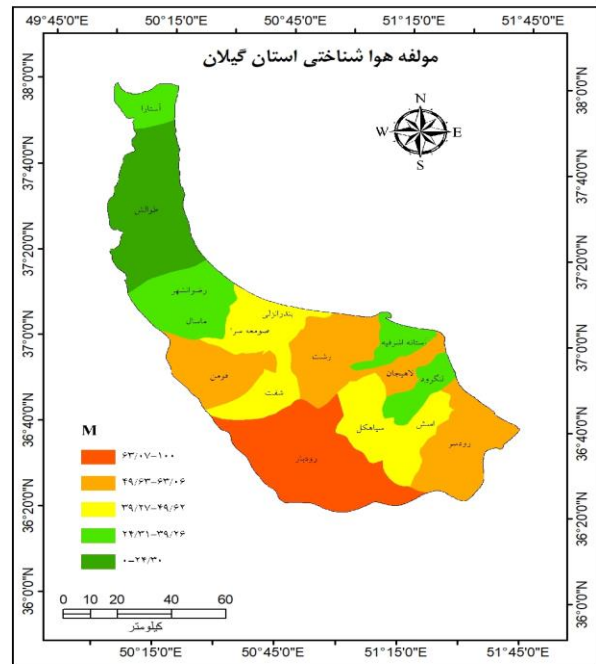
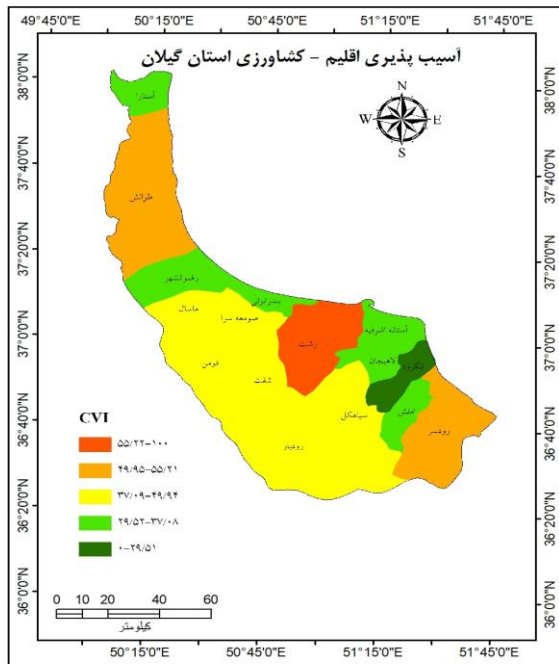
شکل ۵: مؤلفه ظرفیت استان گیلان



شکل ۸: مؤلفه تنوع مکانی استان گیلان

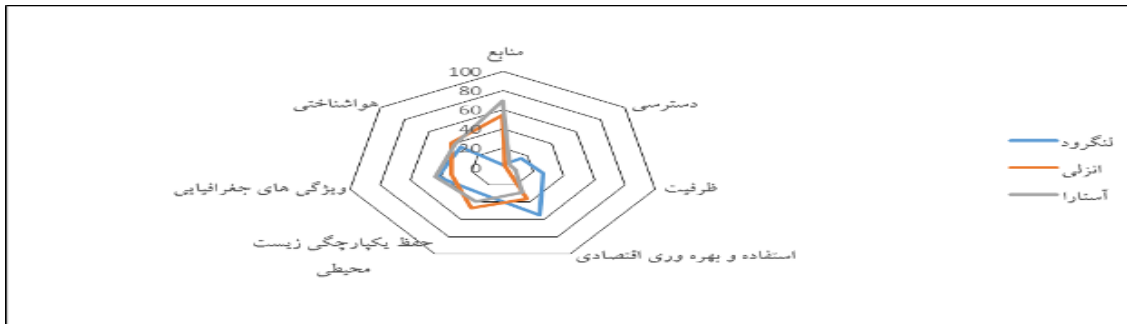


شکل ۷: مؤلفه حفظ یکپارچگی زیست محیطی استان گیلان

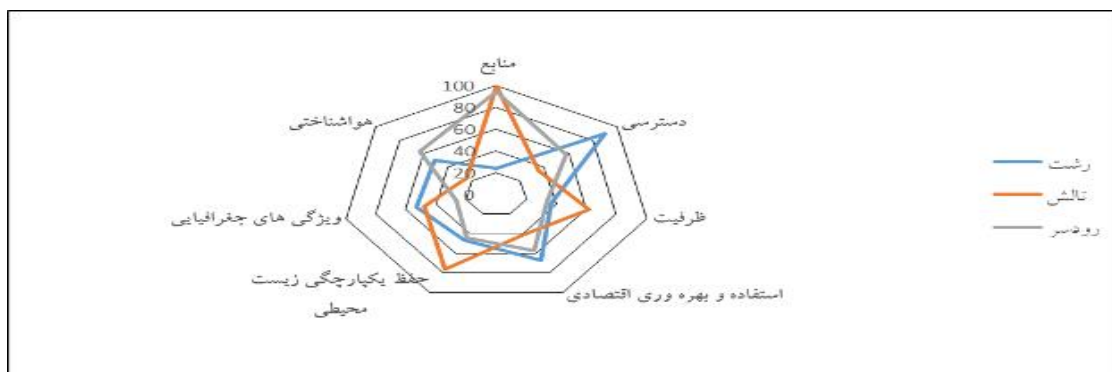


شکل ۱۰: پراکندگی نتایج حاصل از محاسبه شاخص آسیب پذیری اقلیم - کشاورزی CVI

شکل ۹: مؤلفه هواشناختی استان گیلان



شکل ۱۱: مقایسه مقادیر محورهای شاخص آسیب پذیری در شهرستان های کمتر آسیب پذیر



شکل ۱۲: مقایسه مقادیر محورهای شاخص آسیب پذیری در شهرستان های بیشتر آسیب پذیر

نتیجه گیری

پژوهش حاضر وضعیت آسیب پذیری کشاورزی استان را نسبت به تغییرات آب و هوایی با استفاده از شاخص آسیب پذیری CVI نشان می دهد. این شاخص بیانگر ویژگی های داخل منطقه می باشد که در اثر تغییر یا نوسانات عوامل اقلیمی دچار آسیب شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می دهد که شهرستان های رشت و تالش و رودسر بیشترین و شهرستان های لنگرود، انزلی و آستارا کمترین میزان آسیب پذیری به پدیده تغییر اقلیم را نسبت به سایر شهرستان های استان دارند. داشتن بیشترین درصد فراوانی خشکسالی، بیشترین درصد تخلیه منابع آب زیرزمینی، بالا بودن میزان درصد اراضی آبی، بالا بودن میزان درصد شاغلان در بخش کشاورزی از دلایل اصلی افزایش آسیب پذیری به حساب می آیند. از سویی دیگر، داشتن ظرفیت تطبیقی، سطح تحصیلات بالا از بهترین دلایل آسیب پذیری نسبی کم به حساب می آید. به طور کلی شاخص آسیب پذیری برای ارزیابی درجه آسیب پذیری مناطق مورد مطالعه مناسب است؛ بنابراین ویژگی های آسیب پذیری نسبت به تغییر آب و هوا در هر منطقه خاص باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و برنامه ریزی هایی در جهت مقابله با آثار سوء نوسانات اقلیمی صورت پذیرد و یا اینکه سیاست هایی در جهت تطابق با آثار و پیامدهای ناشی از آن اتخاذ گردد تا در نهایت کمترین آسیب به شرایط مناطق و همچنین تولیدات کشاورزی وارد شود.

شاخص آسیب پذیری می تواند به عنوان یک معیار تخصیص منابع داخلی کشور برای انطباق با پیامدهای ناشی از تغییرات آب و هوایی در مناطق استان و کشور و یا دریافت وام از سازمان ها و نهادهای بین المللی استفاده شود که منجر به تخصیص بیشتر بودجه و منابع به مناطقی که آسیب پذیری بیشتری از تغییرات آب و هوایی متحمل شده و یا خواهند شد، باشد.

منابع

- اسمعیل نژاد، مرتضی و محمدرضا پودینه. ۱۳۹۶. ارزیابی سازگاری با تغییرات اقلیمی در مناطق روستایی جنوب خراسان جنوبی. *فصلنامه مخاطرات محیط طبیعی*، ۱۱: ۸۵-۱۰۰.
- پاشانژاد، احسان؛ مجتبی رفیعیان و سیاوش شایان. ۱۳۹۵. سنجش آسیب پذیری بخش کشاورزی در برابر بحران دریاچه ارومیه و چالش های تاب آوری جامعه روستایی. *فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۲۰: ۳۹-۵۶.
- پاشانژاد، احسان؛ مجتبی رفیعیان و سیاوش شایان. ۱۳۹۵. شناسایی پهنه های آسیب پذیر ناشی از تغییرات اکوسیستمی در سازمان فضایی مورد پژوهی: منطقه کرانه شرقی دریاچه ارومیه. *فصلنامه برنامه ریزی و آمایش فضا*، ۳: ۳۵-۶۱.
- پورموسوی، سیدموسی؛ علی شماعتی؛ محسن احدنژاد؛ علی عشقی چهاربرج و سمیه خسروی. ۱۳۹۳. ارزیابی آسیب پذیری ساختمان های شهر با مدل Fuzzy AHP و GIS مطالعه موردی: منطقه سه شهرداری تهران. *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، ۳۴: ۱۲۱-۱۳۸.
- حجازی زاده، زهرا؛ بهلول علیجانی؛ محمد سلیقه؛ حسن دانایی فرد و اسماعیل احمدی. ۱۳۹۴. محاسبه شاخص آسیب پذیری اقلیمی مبتنی بر مدل ضربی - نمایی استان سیستان و بلوچستان. *فصلنامه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۳۶: ۷۳-۹۶.

دوات گر، ناصر و احمد زارع. ۱۳۹۴. بررسی وضعیت حاصلخیزی خاک های شالیزار استان گیلان. *فصلنامه مدیریت اراضی*، ۱: ۱-۱۳.

دهشور، طهورا؛ افشین دانه کار؛ منصور منوری؛ برهان ریاضی و مسعود خیرخواه زرکش. ۱۳۹۳. تحلیلی بر روش های سنجش آسیب پذیری در محیط زیست ساحلی. *فصلنامه انسان و محیط زیست*، ۲۸: ۴۱-۶۲.

رمضان نژاد، یاسر؛ عبدالرضا رکن الدین افتخاری و مهدی پورطاهری. ۱۳۹۳. سنجش نگرشی اثرات گردشگری ساحلی بر توسعه پایدار روستاهای ساحلی استان گیلان. *فصلنامه آمایش جغرافیایی فضا*، ۲۰: ۱۶۰-۱۴۵.

صفوی، حمیدرضا و محمدحسین گل محمدی. ۱۳۹۵. ارزیابی عملکرد سیستم های منابع آب با استفاده از معیارهای اطمینان پذیری، برگشت پذیری و آسیب پذیری فازی. *فصلنامه تحقیقات منابع آب ایران*، ۱: ۳۱-۱۸.

فرج زاده اصل، منوچهر؛ محسن احدنژاد و جمال امینی. ۱۳۹۰. ارزیابی آسیب پذیری مسکن شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: منطقه ۹ شهرداری تهران)، *فصلنامه مطالعات و پژوهش های شهری و منطقه ای*، ۹: ۱۹-۳۶.

کشاورز، فتح الله؛ محمدصادق الهیاری؛ ذکریا آذرمی سه ساری و مهدی خیاطی. ۱۳۸۹. عوامل موثر بر عدم پذیرش کشت ارقام برنج پرمحصول در میان کشاورزان استان گیلان. *فصلنامه پژوهش های ترویج و آموزش کشاورزی*، ۴: ۹۹-۱۱۲.

محمدخانی، مهسا و سعید جمالی. ۱۳۹۴. ارزیابی میزان آسیب پذیری ایران در مواجهه با تغییر اقلیم. *فصلنامه سد و نیروگاه برق آبی*، ۴: ۶۵-۵۴.

Berry, P.; M. M. D. A. Rounsevell. P. A. Harrison.; and E. Audsley. ۲۰۰۶. Assessing the vulnerability of agricultural land use and species to climate change and the role of policy in facilitating adaptation. *Environmental Science & Policy*, ۹: ۱۸۹-۲۰۴.

Fussel, HM. ۲۰۰۷. Vulnerability: a generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*. ۱۷: ۱۵۵-۱۶۷.

Guillaumont, P. ۲۰۰۹. An Economic Vulnerability Index: Its Design and Use for International Development Policy, *Oxford Devel Study*, ۳۷: ۱۹۳-۲۲۷.

Haghani, S.; S.A.G. Leroy.; F. Wesselingh. and N. Rose. ۲۰۱۶. Rapid evolution of coastal lagoons in response to human interference under rapid sea level change: A south Caspian Sea case study, *Quaternary International*, ۴۰۸: ۹۳-۱۱۲.

Hatfield, J. L.; K. J. Boote.; B. A. Kimball.; L. H. Ziska.; R. C. Izaurralde.; D. Ort.; A. M. Thomson.; and D. Wolfe. ۲۰۱۱. Climate Impacts on Agriculture: Implications for Crop Production. *Agronomy*, ۱۰۳: ۳۵۱-۳۷۰.

Kaushik, B.; and K. Sharama. ۲۰۱۵. Climate change and rural livelihoods-adaptation and vulnerability in Rajetan. *Global NEST*, ۱۷: ۴۱-۴۹.

Kelly, P.M.; and W.N. Adger. ۲۰۰۰. Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation. *Climate change*. ۴۷: ۳۲۵-۳۵۲.

Knox, J.W.; J. A. Rodriguez Diaz Nixon, and M. Mkhwanazi. ۲۰۱۰. Apreliminary assessment of climate change impacts on sugarcane in Swaziland. *Agricultural systems*, ۱۰۳: ۶۳-۷۲

Kosarev, A. ۲۰۰۵. Physico-Geographical Conditions of the Caspian Sea, *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, ۵: ۵-۳۱.

Lazarus, Naomi, W. ۲۰۱۱. Coping Capacities and Rural Livelihoods: Challenges to Community Risk Management in Southern Sri Lanka, *Applied Geography*, ۳۱: ۲۰-۳۴.

Li X., Takahashi. ; Suzuki; N., and Kaiser; H.M. ۲۰۱۱. The impact of climate change on maize yields in the United States and China. *Agricultural System*, ۱۰۴: ۳۴۸-۳۵۳.

- Nguyen, T. T.; X. J. Bonetti, K. Rogers, and C. D. Woodroffe. ۲۰۱۶. Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts: A review of concepts, methodological approaches and vulnerability indices. *Ocean & Coastal Management*, ۱۲۳: ۱۸-۴۳.
- IPCC. ۲۰۰۷. *Climate Change ۲۰۰۷*. Cambridge University Press, New York.
- Panin G.N. ۲۰۰۷. *Caspian Sea Level Fluctuations as a consequence of regional Climatic Change*, Humburg, ۲۱۶-۲۱۹.
- Pytric. R.; E. Frank. O.L. Alfons. and Rik; L. ۲۰۱۰. Adaptation to climate change and climate variability in European agriculture: The importance of farm level responses, *European Journal of Agronomy*, ۳۲: ۹۱-۱۰۲.
- Shengcai. T.; X., Yinlong; and G. Shiwei. ۲۰۱۲. Research progress in agricultural vulnerability to climate change. *Advances in Climate Change Research*, ۴: ۲۰۳-۲۱۰.
- Sullivan. C.; J. R. Meigh and A. M. Giacomello. ۲۰۰۳. The Water Poverty Index: development and application at the community scale. *Natural Resources Forum*, ۲۷: ۱۸۹-۱۹۹.
- Sullivan. C.; and J. Meigh. ۲۰۰۵. Targeting attention on local vulnerabilities using an integrated index approach: the example of the Climate Vulnerability Index. *Water Science and Technology*, ۵۱: ۶۹-۷۸.
- Traynham. L.; R., Palmer. and A. Polebitski. ۲۰۱۱. Impacts of future climate conditions and forecasted population growth on water supply systems in the Puget sound region. *Water resources planning and management*, ۱۳۷: ۳۱۸-۳۲۶.
- Wilson, G. A. ۲۰۱۲. Geoforum Community resilience, globalization, and transitional pathways of decision-making. *Geoforum*, ۴۳: ۱۲۱۸-۱۲۳۱.
- Zhang; H.L.; X. G. X. ZhaoYin. S.L. Liu; J.F. Xue; M. Wang; C. Pu and F. Chen. ۲۰۱۵. Challenges and adaptations of farming to climate change in the North China Plain. *Climatic Change*, ۱۲۹: ۲۱۳-۲۲۴.

