


GES	Journal of Geography and Environmental Studies, 11 (42), Summer 2022 https://ges.iaun.ac.ir ISSN: 2008-7845  20.1001.1.20087845.1401.11.42.9.8
-----	---

Research Article

Drought Evaluation and Climatic Impact Assessment in Guilan Province

Pejvak Rastgoo

PhD student in Climatology, Department of Geography, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

Bahman Ramezani (Corresponding Author)

Professor, Department of Geography, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

Bahman@iaurasht.ac.ir.

Parviz Rezaei

Associate Professor, Department of Geography, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

Abstract

Iran is affected by subtropical high pressure in the arid belt of the world and its annual rainfall is less than one third of the world average rainfall. Low rainfall with inappropriate temporal and spatial distribution has caused droughts. The aim of this study was to assess the vulnerability of Guilan province to drought with fuzzy GAMA, SUM and CVI models and to identify appropriate measures to reduce potential damage. The research method was spatial and applied in terms of purpose. First, the components of Guilan Province Climate Vulnerability Index in both FUZZY and CVI models, resource components (R), meteorological (W), access (A), capacity (C), economic use and productivity (U), maintaining environmental integrity (E), geographical features (G) were determined. The variables were matched with fuzzy membership functions. In the SUM model, the highest vulnerability was in the west, center and large areas of the east of the province, Rudsar city with an area of 78.23%. In the GAMA overlap model, large parts of the west of Talesh city and Rasht city with an area of 31.92% were observed in a very high vulnerability class. In the study of CVI components, the CVI index of the whole province was 44.5%. The CVI index had the highest rank in the resource component (R) 56.12% and the lowest rank in the 36.94% component. In the CVI model, the highest vulnerability is in the whole city of Talesh with an area of 15.57%. High vulnerability rate of 26.84% was observed in Rasht, Soomehsara, Rudsar and Shaft counties and Astara and Rezvanshahr counties with an area of 20.88% were observed in very low vulnerability class.

Keywords: Vulnerability, Drought, FUZZY, CVI.

Citation: Rastgoo, P., Ramezani, B., Rezaei, P., (2022) Drought Evaluation and Climatic Impact Assessment in Guilan Province, Journal of Geography and Environmental Studies, 11 (42), 136-150. Dor: 20.1001.1.20087845.1401.11.42.9.8

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



مقاله پژوهشی

ارزیابی خشکسالی و سنجش آسیب پذیری اقلیمی استان گیلان

پژواک راستگو

دانشجوی دکتری گروه جغرافیا آب و هواشناسی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

بهمن رمضانی*

استاد گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

پرویز رضایی

دانشیار گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

چکیده

کشور ایران در کمربند خشک کره زمین، تحت تأثیر پرفشار جنب حاره قرار دارد و بارش سالانه آن کم تر از یک سوم متوسط بارش جهان است. بارش اندک به همراه توزیع نامناسب زمانی و مکانی آن باعث بروز خشک سالی هایی گردیده است. در این پژوهش هدف، سنجش ابعاد آسیب پذیری استان گیلان نسبت به خشک سالی با مدل های GAMA و SUM فازی و CVI و شناسایی اقدامات مناسب به منظور کاهش آسیب های بالقوه بود. روش پژوهش تحلیلی مکانی و از نظر هدف کاربردی بود. ابتدا مؤلفه های شاخص آسیب پذیری اقلیمی استان گیلان در هر دو مدل FUZZY و CVI، مؤلفه های منابع (R)، هواشناختی (W)، دسترسی (A)، ظرفیت (C)، استفاده و بهره وری اقتصادی (U)، حفظ یکپارچگی زیست محیطی (E)، ویژگی های جغرافیایی (G) تعیین گردید. متغیرها با توابع عضویت فازی همسان شدند. در مدل SUM، بیشترین آسیب پذیری در غرب، مرکز و نواحی وسیعی از شرق استان، شهرستان رودسر با مساحت ۷۸,۲۳ درصد بود. در مدل همپوشانی GAMA، قسمت های وسیعی از غرب استان شهرستان تالش و شهرستان رشت با مساحت ۳۱,۹۲ درصد در کلاس آسیب پذیری خیلی زیاد مشاهده گردید. در بررسی مؤلفه های CVI، شاخص CVI کل استان ۴۴,۵٪ به دست آمد. شاخص CVI در مؤلفه منابع (R) ۵۶,۱۲٪ بالاترین رتبه و در مؤلفه ۳۶,۹۴٪ کمترین رتبه را به دست آورد. در مدل CVI، بیشترین آسیب پذیری در کل شهرستان تالش با مساحت ۱۵,۵۷ درصد می باشد. درصد آسیب پذیری زیاد ۲۶,۸۴ درصد در شهرستان های رشت، صومعه سرا، رودسر و شفت مشاهده شد و شهرستان های آستارا و رضوانشهر با مساحت ۲۰,۸۸ درصد در کلاس آسیب پذیری خیلی کم مشاهده گردید.

کلمات کلیدی: آسیب پذیری، خشک سالی، FUZZY، CVI.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۰۸/۰۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۹/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۰

مقدمه

خشک‌سالی ترجمه واژه Drought بوده و عبارت است از رخداد شرایطی که در آن بارندگی و آب باران قابل دسترس پائین‌تر از حد نرمال باشد، این پدیده بر اثر نوسانات اقلیمی پدید می‌آید (Arms, 1990). در بررسی تعریف معنای خشک‌سالی، به دلیل وجود متغیرهای مختلف مستقل و غیرمستقل که در این پدیده دخالت دارند، به این نتیجه منجر شد که نمی‌توان تعریف جامعی از این واژه یافت. زیرا زمانی می‌توان گفت که یک تعریف جامع هست که در تمامی شرایط صدق کند. از آنجایی که دیده خشک‌سالی با توجه به مناطق مختلف دارای شرایط مختلفی است، لذا نمی‌توان تعریفی را بیان داشت که همه شرایط و مناطق مختلف را در برگیرد. برای مثال در نظر گرفتن مقدار مطلقمانند میانگین بارندگی ۳۰۰ میلی‌متر به‌عنوان آستانه رخداد خشک‌سالی در همه مکان‌ها قابل اعمال نیست، زیرا مکان‌های بسیاری در قلمروهای آب و هوایی گوناگون یافت می‌شوند که میانگین بارندگی آن‌ها بیش از ۵۰۰ میلی‌متر در سال است، ولی در عین حال در بعضی سال‌ها خشک‌سالی را تجربه می‌کنند. در برخی مکان‌ها با در نظر گرفتن ارزش مذکور می‌بایست در همه سال‌ها وضعیت خشک‌سالی حکم فرما باشد، در حالی که چنین امری امکان‌پذیر نیست. پس، تعریف این واژه نمی‌تواند از ارزش مطلق برخوردار باشد؛ بلکه این آستانه بر اساس شرایط محلی و هدف مطالعه فرق می‌کند (فرج زاده اصل، ۱۳۷۴). تعاریف تقریباً متفاوتی توسط اهل فن برای خشک‌سالی با دیدگاه‌های متفاوت بر اساس متغیرهای گوناگون ارائه شده است که به چند نمونه در زیر اشاره می‌شود:

خشک‌سالی حالتی نرمال و مستمر از اقلیم است. گرچه بسیاری به اشتباه آن را واقعه‌ای تصادفی و نادر می‌پندارند. این پدیده تقریباً در تمامی مناطق اقلیمی رخ می‌دهد، گرچه مشخصات آن از یک منطقه به منطقه دیگر کاملاً تفاوت می‌کند. خشک‌سالی یک اختلال موقتی است و با خشکی تفاوت دارد چرا که خشکی صرفاً محدود به مناطقی با بارندگی اندک است و حالتی دائمی از اقلیم می‌باشد (فرج زاده اصل، ۱۳۷۴). طبق تعریف، کاویانی و علیجانی، خشک‌سالی به سالی گفته می‌شود که میزان بارش آن کمتر از میانگین درازمدت بارش در منطقه باشد (کاویانی و علیجانی، ۱۳۷۸). به نظر میلر کاهش میزان بارندگی و افزایش دما، هر یک به‌تهایی یا به همراه هم می‌توانند موجب خشک‌سالی شوند (Miller, 1991). در این میان یک تعریف تقریباً جامع و کامل را می‌توان یافت که بیان می‌کند خشک‌سالی عبارت است از کمبود رطوبت مستمر و غیرطبیعی. واژه‌ی مستمر حالت کمبود و واژه‌ی غیرطبیعی به انحراف شاخص موردنظر از شرایط طبیعی یا میانگین اطلاق می‌شود، به عبارت دیگر دوره‌ای که در آن مقدار رطوبت و یا هر شاخص دیگری نسبت به شرایط میانگین منطقه از ناهنجاری منفی برخوردار گردد، به‌عنوان خشک‌سالی تلقی می‌شود (Palmer, 1965). در زمینه خشک‌سالی و تبعات آن تحقیقاتی در ایران و جهان با روش‌های مختلف انجام پذیرفته است.

خشک‌سالی یکی از بلاهای فاجعه‌بار جهانی محسوب می‌شود که هر ساله بر زندگی بسیاری از مردم جهان اثرگذار است (2013، Xiao-Chen et al). خشک‌سالی طیف گسترده‌ای از اقلیم‌ها و اکوسیستم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌طوری که مناطق جغرافیایی تحت تأثیر خشک‌سالی در چهار دهه گذشته به شدت افزایش یافته‌اند (Molen et al, 2011). آسیب‌های ناشی از خشک‌سالی در بسیاری از کشورها خصوصاً در بخش کشاورزی تا حدی بوده که موجب شده این پدیده به‌عنوان مهم‌ترین مخاطره طبیعی به شمار آید (Song et al, 2003؛ Füßel, 2007). خشک‌سالی یکی از پرهزینه‌ترین بلاهای طبیعی در ایران نیز می‌باشد (Khoshnodifar et al, 2010). به‌طوری که طی ۴۰ سال گذشته، ایران ۲۷ خشک‌سالی را تجربه کرده است. از دهه‌ی ۸۰ به بعد اغلب وضعیت خشک‌سالی در کشور حاکم بوده است. ویژگی‌های اصلی خشک‌سالی اخیر تنها محدود به طبیعت گسترده و شدید آن نیست، بلکه اثرات آن به‌واسطه نزدیکی با خشک‌سالی قبلی (۱۳۷۷-۱۳۸۰) تشدید شده است (Keshavarz, 2013). بارش یکی از فاکتورهای مهم اقلیمی است که نقش بسزایی در کشاورزی دارد، اگرچه آب به‌دست آمده از بارش بنا به توانمندی جوامع و شرایط زمان و فصول مختلف مصارف متفاوتی دارد، ولی اغلب اوقات مازاد آن که به‌مراتب درصد بیشتری را نسبت به مصرف بهینه دربرمی‌گیرد، به‌صورت کنترل نشده موجب جاری شدن سیلاب‌ها و خسارت ناشی از آن می‌گردد. این

در حالی است که معضل خشک‌سالی و صدمات ناشی از آن همواره برای جوامع جانوری، گیاهی و انسانی مشکلات فراوانی به همراه آورده است. خشک‌سالی جزو بلایای طبیعی نامحسوس است که بر اثر کمبود بارش طی یک دوره زمانی، معمولاً یک فصل و یا بیشتر به وجود می‌آید. هدف از ارزیابی ریسک خشک‌سالی، شناسایی اقدامات مناسب به منظور کاهش آسیب‌های بالقوه است. در نتیجه ارزیابی ریسک خشک‌سالی، تصمیم‌سازان می‌توانند خطر را درک کرده و آسیب‌های وارده به بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی و منابع طبیعی را پیش‌بینی نمایند. ارزیابی ریسک خشک‌سالی، بررسی اثرات این پدیده بر روی فعالیت‌های انسانی، سیستم‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی است.

رضانی گورابی (۱۳۸۴)، پدیده خشک‌سالی را با استفاده از شاخص درصد نرمال بارندگی در نواحی مرکزی گیلان مورد پژوهش قرار داد. نتایج نشان داد با روش شاخص درصد نرمال بارندگی مناطق ساحلی و جلگه‌ای در شرایط خشک‌سالی و مناطق کوهپایه و کوهستانی در شرایط ترسالی می‌باشند. (رضانی گورابی و کاظم نژاد، ۱۳۹۰)، تاثیر نوسانات بارش بر میزان تولید محصولات کشاورزی در شهرستان رودبار و محصول زیتون را مورد پژوهش قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که این شهرستان از نظر فراوانی وقوع طی دوره آماری، در سال‌های ۸۶-۸۷ و ۷۲-۷۳ به ترتیب با خشک‌سالی و ترسالی مواجه بوده است. (رضایی، ۱۳۸۵)، به بررسی بحران آب در استان گیلان و راهکارهای مقابله با آن پرداخت. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که پتانسیل آبی موجود استان حدود ۴ برابر نیاز فعلی است بنابراین مشکل کم آبی و بحران آب در استان برخلاف سایر نقاط کشور به عوامل طبیعی ارتباطی نداشته و به ریشه در مدیریت منابع آب و شیوه‌های بهره‌برداری از آن برمی‌گردد. (قاسمی نژاد و همکاران، ۱۳۹۳)، در تحقیق خود به ارزیابی ریسک خشک‌سالی استان اصفهان پرداختند. نتایج نشان داد که مناطق مرکزی استان نسبت به وقوع خشک‌سالی بسیار شدید مستعدتر است و استعداد مناطق شمال و شمال شرق به خشک‌سالی شدید، زیاد است. (امین و ملکی نژاد، ۱۳۹۶)، در تحقیق خود بررسی و مقایسه دوره‌های خشک‌سالی را با استفاده از نمایه‌های مبتنی بر بارش در برخی مناطق مرکزی و غرب کشور انجام دادند. داده‌های بارش سالانه یک دوره آماری ۶۰ ساله (۱۹۵۱-۲۰۱۰) را برای استان‌های کرمانشاه، کردستان، کرمان و یزد مورد استفاده قرار دادند. نتایج نشان داد از نظر تعداد رخداد‌های خشک‌سالی و ترسالی استان‌های یزد، کرمانشاه، کرمان و کردستان به ترتیب دارای بیشترین فراوانی بودند. (جعفری و همکاران، ۱۳۹۷)، پیش‌بینی خشک‌سالی‌های استان خراسان شمالی را با مدل HADCM3 و شاخص‌های SPI و RDI بررسی کردند. (کاظم نژاد و همکاران، ۱۳۹۷)، مطالعه باهدف بررسی و برآورد آسیب‌پذیری کشاورزی در برابر تغییرات آب و هوایی، شاخص آسیب‌پذیری CVI برای ۱۶ شهرستان استان گیلان را مورد محاسبه قرار دادند. نتایج نشان داد برحسب شاخص CVI شهرستان‌های رشت (۶۱،۵۸) و تالش (۵۵،۲۱) بیشترین میزان آسیب‌پذیری و به تبعیت از آن کمترین قدرت سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی را نسبت به سایر شهرستان‌ها دارا بودند. (فیروزی و همکاران، ۱۳۹۸)، هدف از مطالعه خود را واکنش دو شاخص پوشش گیاهی NDVI و EVI به خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها در یکی از دشت‌های خشک ایران یعنی دشت سیستان در شمال استان سیستان و بلوچستان بیان کردند. نتایج نشان داد شاخص NDVI شاخص بسیار مناسب‌تری برای پویایی پوشش گیاهی در دشت‌هایی مانند دشت سیستان بود که حیات آن‌ها نه به بارش بلکه به آب جاری در رودخانه متکی بود.

معدنچی و همکاران (۱۳۹۸)، مطالعه‌ای در کرمان با عنوان پهنه‌بندی خشک‌سالی‌های اقلیمی و بزرگی خشک‌سالی با استفاده از شاخص SPI و زمین‌آمار کریجینگ انجام دادند. نتایج حاصل از تحقیق مشخص کرد که قسمت‌هایی از جنوب غربی و غرب استان در محدوده شهرستان‌های بافت، رابر و سیرجان از نظر احتمال وقوع خشک‌سالی از حساسیت بیشتری برخوردار بودند و هرچه مقیاس زمانی بالاتر رفت قدر مطلق مجموع دوره‌های خشک‌سالی بیشتر شد. (زارعی و همکاران، ۱۳۹۹)، پژوهش خود را باهدف ارزیابی آسیب‌پذیری اقلیمی آبخیز سامیان در استان اردبیل انجام دادند. نتایج حاصل از تلفیق همه شاخص‌ها نشان داد که زیر حوضه‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۷ واقع در غرب دارای آسیب‌پذیری خیلی زیاد و زیر حوضه‌های ۲۰، ۲۱ و ۲۴ واقع در بخش‌هایی از

شمال و مرکز دارای کمترین آسیب‌پذیری‌اند. (مرتضایی فریزهندی و همکاران، ۱۳۹۹)، فاصله زمانی بین وقوع خشک‌سالی هواشناسی و خشک‌سالی هیدرولوژیکی، در جهت تمهیدات لازم برای مقابله با خشک‌سالی ناشی از کمبود منابع آبی سطحی و زیرزمینی را تعیین کردند. (Rajsekhar et al^۱, 2015)، تأثیرات احتمالی تغییر در تنوع آب‌وهوا را بر خصوصیات انواع مختلف خشک‌سالی مرور کردند. از نظر آن‌ها به‌طور کلی، انتظار می‌رفت این یافته‌ها به دستیابی به یک استراتژی مؤثر در کاهش خشک‌سالی برای ایالت نگزاس کمک کند. (Yuan et al, 2017)، در مطالعه خود یک شاخص خشک‌سالی جدید، شاخص عرضه و تقاضای استاندارد آب (SSDI) را ارائه کردند. نتایج نشان داد میانگین سطح خشک‌سالی طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ به $۱۰۳ \times ۹/۹$ کیلومتر مربع رسید که $۳۵,۴\%$ از کل سطح زمین‌های کشاورزی در MLJRB را تشکیل می‌داد، که تقریباً دو برابر منطقه خشک‌سالی طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۰ بود. (Ayanlade et al^۱, 2018)، در مقاله خود ویژگی‌های خشک‌سالی را به‌عنوان شواهدی از تغییرات آب و هوایی در دو منطقه کشاورزی، آب و هوایی نتیجه بررسی کردند. نتایج نشان داد که میزان بارندگی مکانی و زمانی برای ایستگاه‌ها زیاد بود. (Chen et al^۱, 2019)، در پژوهشی با استفاده از نظریه سیستم فاجعه و با اشاره به مکانیزم‌های زمینه‌ساز خطر خشک‌سالی کشاورزی، سطح از دست دادن عملکرد محصول بر اساس خطرات و نهادهای زیست‌محیطی و آسیب‌پذیر (محصولات) را تعیین کردند. نتایج مطالعه زمینه علمی را برای پیشگیری و کاهش خشک‌سالی‌های کشاورزی در آینده و همچنین منطقی سازی بیمه‌های مرتبط فراهم کرد. (Adnan & Ullah, 2020)، مطالعه خود را با استفاده از داده‌های شبکه مشاهداتی ۶۰ ساله ($۵/۰ \times ۵/۰$ درجه) از بارش جهانی از مرکز آب‌وهوای جهانی بارش و رطوبت خاک از مرکز پیش‌بینی آب‌وهوا، اقلیم‌شناسی خشک‌سالی فضایی و زمانی بیش از پاکستان به انجام رساندند. یافته‌های آن‌ها ۱۹ منطقه را نشان داد که به‌شدت در معرض خشک‌سالی بودند، با مناطق شمالی در معرض خشک‌سالی خفیف، در حالی که مناطق مرکزی و جنوبی در معرض حوادث خشک‌سالی زیاد بودند.

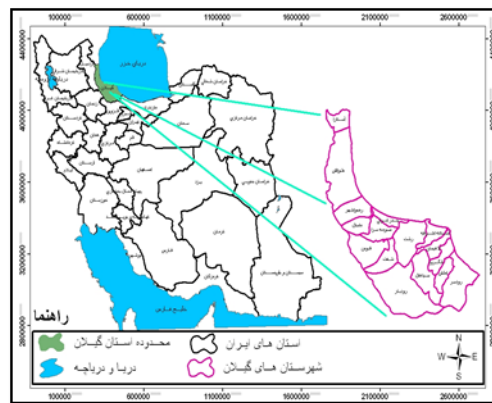
مواد و روش‌ها

• معرفی محدوده مطالعاتی

استان گیلان، یکی از استان‌های شمالی کشور بالغ بر ۱۴ هزار کیلومتر مربع مساحت دارد. در میان رشته‌کوه‌های البرز و تالش در شمال ایران جای گرفته و حدود $۰/۹\%$ از مساحت کل کشور را در بر گرفته است. این استان 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 نصف‌النهار قرار گرفته است. بر اساس آخرین تقسیمات کشوری، در زمان اجرای سرشماری نفوس و مسکن ۱۳۹۵ استان گیلان دارای ۱۶ شهرستان، ۵۲ شهر، ۴۳ بخش و ۱۰۹ دهستان است و ۲۹۴۲ آبادی بوده است (سالنامه آماری گیلان، ۱۳۹۵). در شکل شماره (۱) نمایی از استان گیلان و شهرستان‌های آن و در شکل شماره (۲) نمایی از استان گیلان بر روی تصاویر ماهواره‌ای و Google Earth مشاهده می‌شود.



شکل (۲): نمایی از استان گیلان در تصاویر Google Earth (منبع: نگارندگان)



شکل (۱): نمایی از استان گیلان در ایران

• داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در پژوهش، میزان آبهای سطحی، میزان تخلیه آب زیرزمینی، مجموع بارندگی، متوسط دمای سالانه، دسترسی به آب سالم و بهداشتی، جمعیت تحت پوشش تاسیسات فاضلاب، میزان اراضی کشاورزی، متوسط درآمد، سطح آموزش، میزان مرگ و میر، تولید محصولات بخش کشاورزی، تعداد شاغلان بخش کشاورزی، تنوع و کیفیت محصولات کشاورزی، فراوانی شدت خشکسالی، از دست دادن زیستگاه، تراکم دام، میزان فاصله از مراکز استان، تراکم جمعیت انسانی، میزان پوشش گیاهی از طرح جامع آب کشور، تصاویر ماهواره ای TRMM، سازمان هواشناسی، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، وزارت جهاد کشاورزی، مرکز آمار ایران، وزارت آموزش و پرورش، سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای دریافت و با اتصال اطلاعات توصیفی به نقشه شهرستان‌ها تبدیل به نقشه شد.

• روش تحقیق

روش تحقیق تحلیلی مکانی با نگرش سیستمی و از نظر هدف کاربردی است. برای جمع‌آوری اطلاعات از مطالعات کتابخانه‌ای و آماری و بررسی‌های میدانی استفاده شده است. در ابتدا مؤلفه‌های شاخص آسیب‌پذیری اقلیمی استان گیلان تعیین گردیده، سپس اطلاعات مورد نیاز در مورد مؤلفه‌های مورد نظر با استفاده از روش‌های لازم تهیه شد. شاخص‌های انتخابی، در جدول ۱ نشان داده شده است.

- اجرای روش فازی

منطق فازی، زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم می‌کند. بر اساس این منطق بین حالت قبول و غیرقابل قبول می‌توان درجات مختلف مقبولیت را تصور کرد که معمولاً دامنه‌ی تغییرات استانداردسازی بین اعداد ۰ و ۱ (مقیاس اعداد حقیقی) و یا ۰ و ۲۵۵ (مقیاس بایت) است (Eastman, 2006: 108). در این رابطه نیاز است که برای فازی نمودن نقشه‌های فاکتور، مقادیر آستانه معیارها (حداقل دو تا چهار نقطه: a, b, c, d)، نوع (کاهنده یکنواخت، افزایشنده یکنواخت، متقارن) و شکل تابع عضویت (خطی^۱، تابع تعریفی توسط کاربر^۲، S شکل^۳ و J شکل^۴) تعیین گردد. در نهایت با استفاده از عملگرهای فازی GAMA و SUM شاخص‌ها همپوشانی شدند. همپوشانی یکی از توابع مکانی است که می‌تواند لایه‌های مکانی که از منابع مجزا به دست آمده‌اند را به منظور کاربردهای پهنه‌بندی و مکان‌یابی با استفاده از مدل‌های ترکیبی با یکدیگر تلفیق کند. لایه جدید (خروجی) به صورت تابعی از دو یا چند لایه ورودی می‌باشد. در این تحقیق جهت همپوشانی لایه‌ها از عملگر فازی SUM و GAMA جهت همپوشانی استفاده شد.

$$\mu_{combination} = \text{MIN}(\mu_A, \mu_B, \dots) \quad (1)$$

عملگر فازی SUM مشابه مجموع در مجموعه‌های کلاسیک می‌باشد و زمانی استفاده می‌شود که دو یا چند معیار باهم می‌توانند به حل یک مسئله کمک کنند. (Jiang & Eastman, 2000: 175؛ Alsheikh, 2008: 457). عملگر گاما حالت کلی ضرب جبری عملگر ضربی و جمعی فازی می‌باشد که هر دو به توان گاما رسانده شده‌اند و زمانی به کار می‌رود که تأثیرات کاهش و افزایشی در تعامل معیارها وجود داشته باشد.

- اجرای روش CVI

شاخص CVI برای مدیریت یکپارچه منابع آبی به کار می‌رود. این شاخص توسعه یافته‌ی شاخص WPI است و از شش محور اصلی برای نشان دادن تأثیر تغییرات آب و هوایی بر منابع آب تشکیل شده است.

1. Linear
2. User define
3. Sigmoidal
4. J- Shape

این مؤلفه‌ها عبارتند از منابع (R)، هواشناختی (W)، دسترسی (A)، ظرفیت (C)، استفاده و بهره‌وری اقتصادی (U)، حفظ یکپارچگی زیست محیطی (E)، ویژگی‌های جغرافیایی (G) برای محاسبه CVI در نظر گرفته شده‌اند. در این راستا مطالعات متعدد کشوری در مقیاس منطقه‌ای انجام شده است. انتخاب زیر شاخص‌ها باید با در نظر داشتن رابطه آسیب‌پذیری و تغییرات اقلیمی صورت گیرد. بهترین راه برای انتخاب این زیر شاخص‌ها مشورت با متخصصین مربوطه است. پس از انتخاب داده‌های مربوطه، شاخص نهایی برای مناطق مختلف از میانگین‌گیری مؤلفه‌ها به دست خواهد آمد.

$$CVI = \frac{r_r R + r_w W + r_a A + r_c C + r_u U + r_e E + r_g G}{r_r + r_w + r_a + r_c + r_u + r_e + r_g} \quad (2)$$

در رابطه فوق، r وزن مؤلفه هر فاکتور است که در اینجا برای هماهنگی بودن با تحقیقات جهانی انجام شده، یکسان در نظر گرفته شده است (Sullivan & Meigh, 2005:18). بدیهی است که شاخص‌ها در واحدها و مقیاس‌های مختلفی هستند. بنابراین، هر کدام از این متغیرها باید در ابتدا نرمال شده تا قابل مقایسه شوند. جهت نرمال سازی از رابطه ۳، استفاده شد. در جدول ۱، مؤلفه‌ها و متغیرهای آن، مقدار و واحد و منبع دریافت نشان داده شده است.

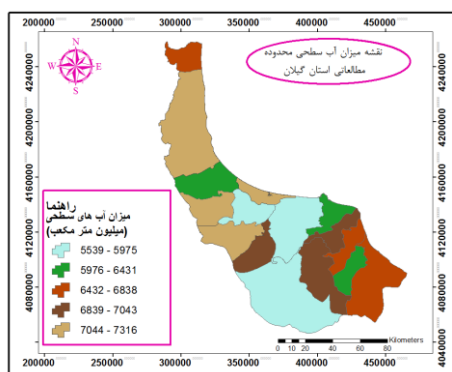
$$\text{ارزش شاخص} = \frac{(\text{مقدار حداقل} - \text{مقدار واقعی}) * 100}{\text{مقدار حداقل} - \text{مقدار حداکثر}} \quad (3)$$

جدول (۱): شاخص‌های CVI و مقدار آن‌ها

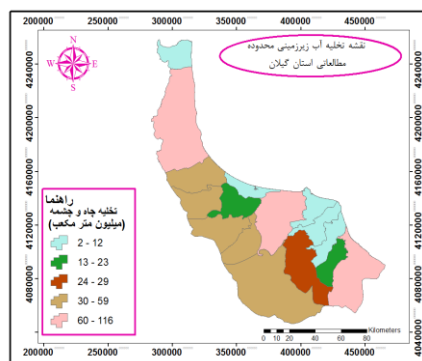
منبع	واحد	مقدار	متغیر	مؤلفه‌های CVI
طرح جامع آب کشور	میلیون متر مکعب در سال	۱۰۶۶۷۲	میزان آبهای سطحی	منابع (R)
طرح جامع آب کشور	میلیون متر مکعب در سال	۷۹۸	میزان تخلیه آب زیرزمینی	
تصاویر ماهواره ای TRMM	میلیمتر در سال	۱۰۴۴،۲۴۵	مجموع بارندگی	هواشناختی (W)
سازمان هواشناسی	درجه سانتیگراد	۱۵،۵۳۶	متوسط دمای سالانه	
شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	نفر	۵۰۴۳۵۶	دسترسی به آب سالم و بهداشتی	دسترسی (A)
شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	نفر	۲۸۷،۳۸	جمعیت تحت پوشش تاسیسات فاضلاب	
وزارت جهاد کشاورزی	هکتار	۳۱۱۵۹۲	میزان اراضی کشاورزی	
مرکز آمار ایران	ریال	۲۹۴۸۸۷	متوسط درآمد	ظرفیت (C)
وزارت آموزش و پرورش	نفر	۲۰۵۶۰۸۷	سطح آموزش	
مرکز آمار ایران	نفر	۱۸۳۶۴	میزان مرگ و میر	
وزارت جهاد کشاورزی	کیلوگرم در هکتار	۱۱۵۶۲۹۹	تولید محصولات بخش کشاورزی	استفاده و بهره‌وری اقتصادی (U)
مرکز آمار ایران	نفر	۶۰۷۵۲۳	تعداد شاغلان بخش کشاورزی	
وزارت جهاد کشاورزی	کیلوگرم در هکتار	۱۱۵۶۲۹۹	تنوع و کیفیت محصولات کشاورزی	
سازمان هواشناسی	درصد	۲۷،۹۱	فراوانی شدت خشکسالی	حفظ یکپارچگی زیست محیطی (E)
سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور	هکتار	۲۳۵۴	از دست دادن زیستگاه	
وزارت جهاد کشاورزی	تعداد احشام بر مساحت	۲۹۰۵۸۴	تراکم دام	
سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای	کیلومتر	۵۱،۸۱۴	میزان فاصله از مراکز استان	ویژگی‌های جغرافیایی (G)
مرکز آمار ایران	تعداد نفرات در بخش	۵۶۷۵۶	تراکم جمعیت انسانی	
سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور	هکتار	۱۰۱۹۴۶۳	میزان پوشش گیاهی	

یافته‌های تحقیق

در شکل‌های ۳ تا ۸، نمایی از تعدادی از پارامترهای اولیه پژوهش مشاهده می‌شود. پارامترهای میزان تخلیه چشمه‌ها و چاه‌ها و میزان آب‌های سطحی از آمار و اطلاعات آب منطقه‌ای در سال آبی ۱۳۹۷ - ۱۳۹۸ استفاده شد. برای شهرستان‌های استان گیلان نیز آمار و اطلاعات به تفکیک موجود بوده است که در شکل ۳ و ۴، نمایی از منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی استان مشاهده می‌شود. در نقشه تخلیه آب زیرزمینی، مناطق مرتفع‌تر استان، دارای استعداد بیشتری در تخلیه آب زیرزمینی می‌باشد. در نقشه آب‌های سطحی شهرستان‌های تالش، فومن و شفت و انزلی دارای استعداد بالاتری می‌باشد.

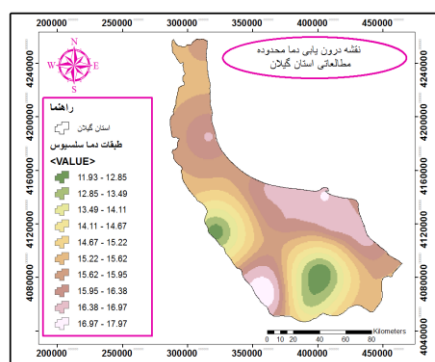


شکل (۴): میزان آب‌های سطحی استان گیلان

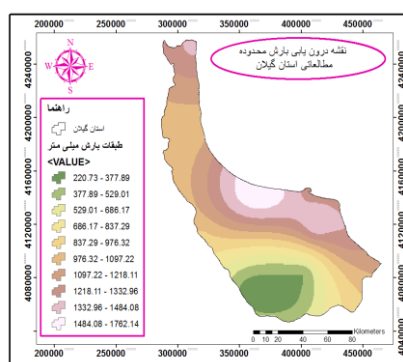


شکل (۳): نقشه تخلیه چشمه‌ها و چاه‌های استان گیلان

از آمار اطلاعات سازمان هواشناسی استان گیلان آمار بارندگی سالانه و دمای سالانه برآورد گردید که آمار ارائه‌شده مربوط به شهرهای استان می‌باشد که در عملیات درون‌یابی کریجینگ نقشه پهنه‌های آن‌ها به دست آمد و در شکل‌های ۵ و ۶، نشان داده شده است. در نقشه هم دمای استان میزان دما از شهرستان‌های جلگه‌ای به سمت ارتفاعات کاسته می‌شود و در نقشه هم بارش استان، میزان بارش در شهرستان تالش، ارتفاعات شهرستان فومن، رودسر، شفت بیشترین مقدار است.

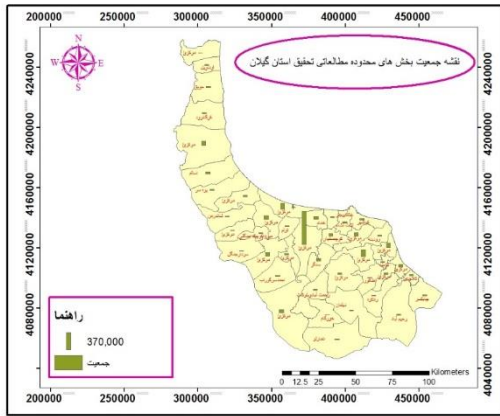


شکل (۶): نقشه درون‌یابی بارش شهرهای محدوده مطالعاتی استان گیلان

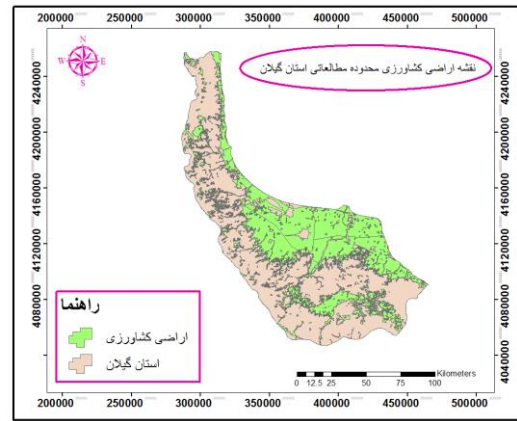


شکل (۵): نقشه درون‌یابی دمای شهرهای استان گیلان

با استفاده از آمار و اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، نقشه اراضی کشاورزی استان گیلان آماده شده که در شکل ۷، نشان داده شده است. در نقشه اراضی کشاورزی، همه شهرستان‌ها در بخش جلگه‌ای و نزدیک به دریا دارای کاربری کشاورزی می‌باشند که بخش اعظم مساحت استان را به خود اختصاص داده است. نقشه جمعیت بخش‌های استان نیز بر اساس آمار اطلاعات سرشماری سال ۱۳۹۵، در GIS آماده‌سازی شد که در شکل ۸، نشان داده شده است. در نقشه جمعیت بخش‌های استان گیلان، بخش مرکزی شهرستان رشت دارای بالاترین آمار جمعیتی و بخش خورگام دارای کمترین آمار جمعیتی بوده است.



شکل (۸): نقشه جمعیت بخش‌های مختلف محدوده مطالعاتی در سرشماری ۱۳۹۵



شکل (۷): نقشه اراضی کشاورزی استان گیلان

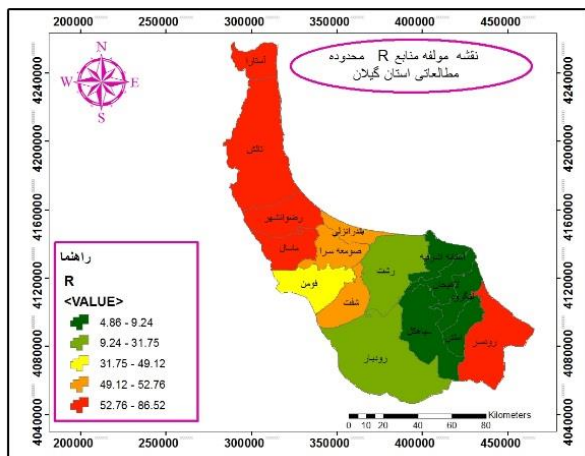
نتیجه گیری

با نرمال سازی مولفه‌های، منابع (R)، هواشناختی (W)، دسترسی (A)، ظرفیت (C)، استفاده و بهره وری اقتصادی (U)، حفظ یکپارچگی زیست محیطی (E)، ویژگی‌های جغرافیایی (G)، نتایج به صورت جدول ۲، به دست آمد.

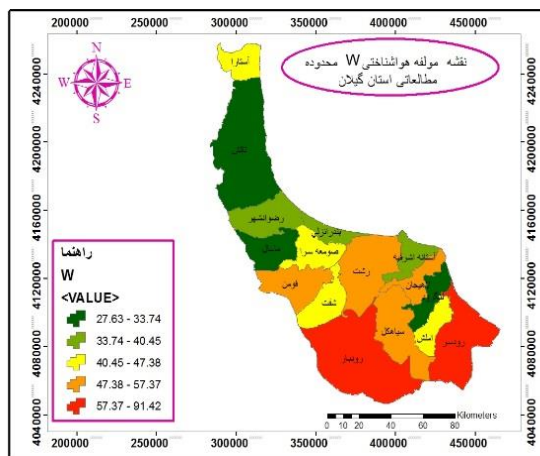
جدول (۲): نرمال سازی مولفه‌های آسیب پذیری در شهرستان‌های استان گیلان (درصد)

نام شهرستان	منابع (R)	هواشناختی (W)	دسترسی (A)	ظرفیت (C)	استفاده و بهره وری اقتصادی (U)	حفظ یکپارچگی زیست محیطی (E)	ویژگی‌های جغرافیایی (G)	مولفه CVI
کل استان	۵۶/۱۲	۴۸/۴۱	۳۶/۹۴	۳۸/۱۷	۴۱/۵۳	۴۸/۳۱	۴۲/۰۴	۴۴/۵٪
آستارا	۵۸/۵۳	۴۲/۱۶	۳۶/۸۲	۱۱/۰۲	۳۳/۹۱	۳۴/۶۲	۴۶/۲۲	۳۷/۶۱٪
آستانه اشرفیه	۶/۴۱	۳۶/۲۸	۸/۷۹	۴۹/۳۱	۶۱/۰۳	۳۹/۱۷	۴۹/۰۲	۳۵/۷۱٪
املش	۵/۹۳	۴۲/۹۰	۵۲/۶۷	۴۱/۷۴	۳۹/۵۷	۳۰/۷۱	۳۷/۲۵	۳۵/۸۲٪
بندر انزلی	۵۰/۷۴			۳/۴۹	۳۱/۹۷	۴۳/۵۳	۴۱/۱۲	۳۰/۸۸٪
تالش	۸۶/۵۲	۲۷/۶۳	۴۷/۲۰	۵۳/۱۹	۴۳/۱۰	۸۶/۱۷	۶۹/۶۲	۵۹/۰۶٪
رشت	۳۱/۷۴	۴۸/۸۲	۹۱/۸۰	۴۲/۸۴	۴۲/۰۴	۴۱/۰۳	۴۳/۵۸	۴۸/۸۳٪
رضوانشهر	۶۲/۵۹	۳۵/۱۶	۲۵/۰۳	۳۴/۱۹	۲۹/۱۵	۳۲/۱۸	۳۰/۲۱	۳۵/۵۰٪
رودبار	۱۹/۹۲	۹۱/۴۲	۵۲/۷۱	۴۴/۲۳	۳۹/۷۴	۲۷/۷۳	۴۰/۲۲	۴۵/۱۳٪
رودسر	۸۱/۴۹	۵۹/۳۶	۴۹/۳۹	۳۹/۱۷	۳۶/۸۰	۴۴/۱۹	۳۳/۰۱	۴۹/۰۵٪
سیاهکل	۹/۲۴	۵۴/۷۳	۴۱/۲۱	۵۱/۹۳	۳۲/۸۰	۸۵/۴۷	۲۵/۱۸	۴۲/۹۳٪
شفت	۵۲/۷۶	۴۱/۹۵	۵۹/۰۲	۵۹/۲۲	۳۸/۲۹	۶۳/۹۲	۴۳/۷۲	۵۱/۲۶٪
صومعه سرا	۵۰/۱۷	۴۷/۳۸	۵۶/۴۰	۳۹/۰۴	۵۱/۲۲	۵۸/۰۱	۳۰/۲۸	۴۷/۵٪
فومن	۴۹/۱۲	۵۰/۴۱	۱۹/۲۶	۴۸/۲۱	۴۱/۹۰	۴۹/۲۰	۴۰/۳۷	۴۲/۶۳٪
لاهیجان	۴/۸۶	۵۷/۳۷	۳۸/۵۴	۲۴/۸۱	۵۲/۷۴	۲۵/۸۱	۳۸/۴۵	۳۴/۶۵٪
لنگرود	۸/۹۵	۲۹/۴۰	۲۷/۶۸	۳۴/۰۹	۴۸/۰۱	۳۴/۱۹	۴۱/۹۰	۳۲/۰۳٪
ماسال	۶۵/۸۱	۳۳/۷۴	۱۵/۴۹	۴۶/۰۳	۳۹/۱۶	۴۸/۹۲	۲۸/۱۶	۳۹/۶۱٪

در نقشه مولفه‌های منابع R، شهرستان‌های رودبار و رودبار بیشترین آسیب‌پذیری و شهرستان‌های تالش، ماسال، کمترین آسیب‌پذیری را نشان داده است که در شکل ۹ مشاهده می‌شود. در نقشه مولفه‌های هواشناختی W، شهرستان‌های آستارا، تالش، رضوانشهر، ماسال بیشترین آسیب‌پذیری و شهرستان‌های آستانه اشرفیه، لاهیجان، لنگرود، املش، سیاهکل کمترین آسیب‌پذیری را داشته است.

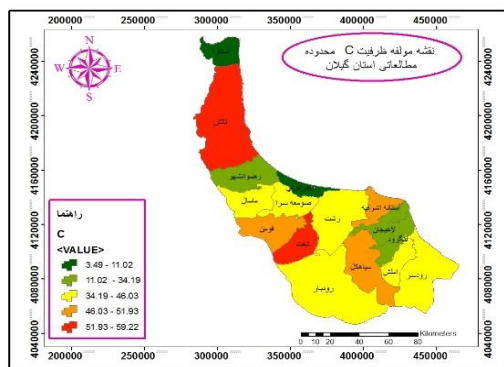


شکل (۹): نقشه مولفه‌های هواشناختی W

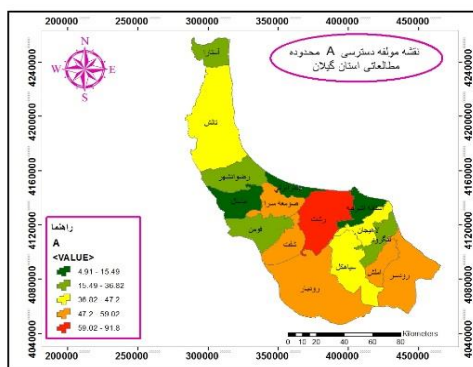


شکل (۱۰): نقشه مولفه‌های منابع R

در نقشه مولفه‌های دسترسی A، شهرستان رشت بیشترین آسیب‌پذیری و شهرستان‌های ماسال، بندرانزلی، آستانه اشرفیه کمترین آسیب‌پذیری را نشان داده است که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود. در نقشه مولفه‌های ظرفیت C، شهرستان‌های تالش و شفت بیشترین آسیب‌پذیری و شهرستان‌های آستارا و بندرانزلی کمترین آسیب‌پذیری را داشته است.

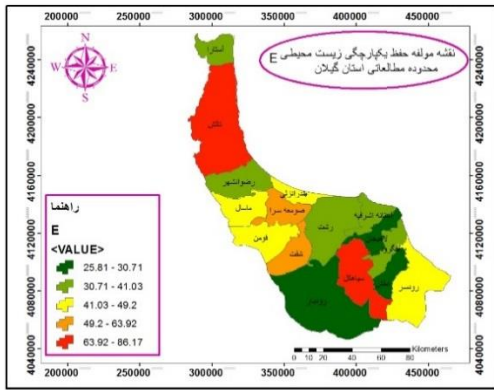


شکل (۱۱): نقشه مولفه‌های دسترسی A

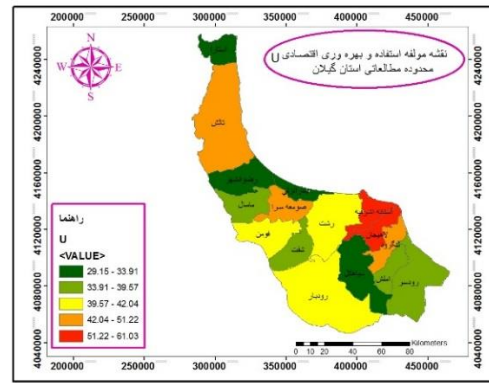


شکل (۱۲): نقشه مولفه‌های ظرفیت C

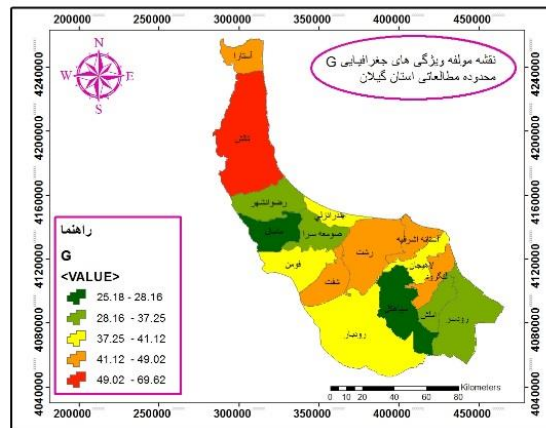
در نقشه مولفه‌های استفاده و بهره‌وری اقتصادی L، شهرستان‌های آستانه اشرفیه و لاهیجان بیشترین آسیب‌پذیری و شهرستان‌های آستارا، رضوانشهر، بندرانزلی، سیاهکل کمترین آسیب‌پذیری را نشان داده است که در شکل ۱۳ مشاهده می‌شود. در نقشه مولفه‌های حفظ یکپارچگی زیست محیطی E، شهرستان‌های تالش و سیاهکل بیشترین آسیب‌پذیری و شهرستان‌های رودبار، لاهیجان و املش کمترین آسیب‌پذیری را داشته است.



شکل (۱۴): نقشه مولفه‌های حفظ یکپارچگی زیست محیطی E

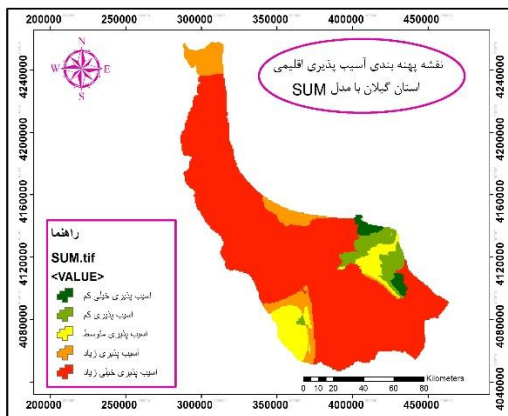


شکل (۱۳): نقشه مولفه‌های استفاده و بهره‌وری اقتصادی U

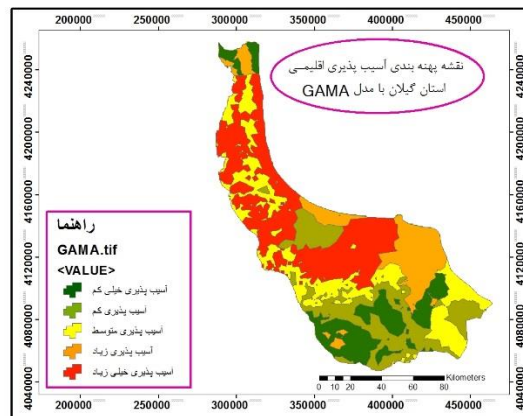


شکل (۱۵): نقشه مولفه‌های ویژگی‌های جغرافیایی G

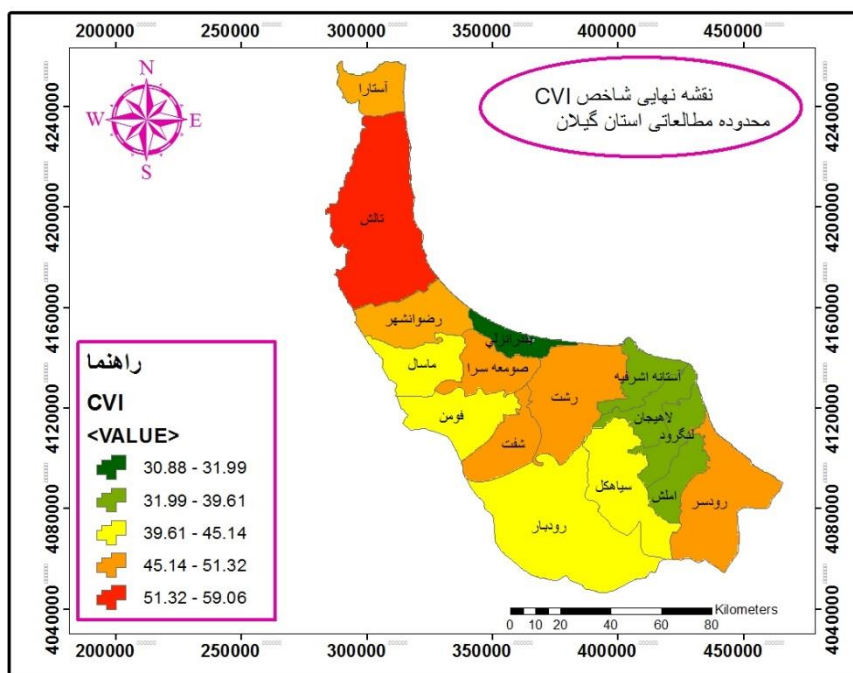
پس از تهیه نقشه‌های منابع (R)، هواشناختی (W)، دسترسی (A)، ظرفیت (C)، استفاده و بهره‌وری اقتصادی (U)، حفظ یکپارچگی زیست محیطی (E)، و ویژگی‌های جغرافیایی (G)، نقشه پهنه بندی نهایی مدل SUM و شاخص CVI به دست آمد که در شکل‌های ۱۶ تا ۱۸ نشان داده شده است.



شکل (۱۷): نقشه پهنه‌بندی نهایی مدل SUM



شکل (۱۶): نقشه پهنه‌بندی نهایی مدل GAMA



شکل (۱۸): نقشه نهایی شاخص CVI

در اپراتور SUM، متمم ضرب متمم مجموعه‌ها محاسبه می‌شود. به همین دلیل در نقشه خروجی برخلاف اپراتور ضرب جبری فازی ارزش پیکسل‌ها به سمت یک میل می‌کند. در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرد. به همین دلیل این اپراتور حساسیت کمتری در مکانیابی دارد. جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای اپراتور فازی ضرب و دقت خیلی کم اپراتور فازی جمع، اپراتور دیگری بنام فازی گاما معرفی شده است که حد فاصل عملگرهای ضرب و جمع فازی می‌باشد و نتایج منطقی‌تری نسبت به عملگر SUM و سایر عملگرهای فازی دارد. با بررسی‌های میدانی مدل CVI مشاهده شد این مدل تطبیق بیشتری با واقعیت‌های زمینی دارد.

جدول (۳): مساحت کلاس‌های آسیب پذیری در مدل‌های مورد استفاده در پژوهش بر حسب هکتار و درصد

مدل CVI (درصد)	مدل CVI (هکتار)	مدل GAMA (درصد)	مدل GAMA (هکتار)	مدل SUM (درصد)	مدل SUM (هکتار)	نام کلاس
۲۰/۸۸	۲۸۸۸۳۱/۸	۱۳/۶۴	۱۸۴۵۴۳/۲۳	۱/۶۵	۲۲۴۳۵/۰۹	آسیب پذیری خیلی کم
۳۴/۵۷	۴۷۸۱۷۱/۱۷	۱۴/۱۷	۱۹۱۷۳۷/۴۲	۴/۹۵	۶۷۱۴۵/۴۰	آسیب پذیری کم
۲۶/۸۴	۳۷۱۲۱۸/۱۴	۱۹/۳۷	۲۶۲۰۸۰/۲۲	۶/۹۶	۹۴۴۸۳/۱۷	آسیب پذیری متوسط
۱۵/۵۷	۲۱۵۴۵۱/۴۷	۲۰/۹	۲۸۲۶۵۰/۱۶	۸/۲۱	۱۱۱۳۲۲/۸۱	آسیب پذیری زیاد
۲/۱۲	۲۹۳۶۲/۷۹	۳۱/۹۲	۴۳۱۷۵۵/۵۸	۷۸/۲۳	۱۰۶۱۳۷۶/۹۳	آسیب پذیری خیلی زیاد

جدول (۴): مساحت کلاس های آسیب پذیری در مدل های مورد استفاده در پژوهش بر حسب ارتفاع و محدوده جغرافیایی

مدل CVI محدوده جغرافیایی	مدل AHP (متوسط ارتفاع متر)	مدل CVI محدوده جغرافیایی	مدل GAMA (متوسط ارتفاع متر)	مدل SUM محدوده جغرافیایی	مدل SUM (متوسط ارتفاع متر)	نام کلاس
آستارا و رضوانشهر	۳۵۶۴	آستارا، آستانه، لاهیجان، شمال رودبار	۱۶۲	شمال آستانه و جنوب لاهیجان	۱۲۹	آسیب پذیری خیلی کم
ارتفاعات رودسر و رضوانشهر	۳۲۴۵	املش، دیلمان	۵۰۶	مرکز آستانه، مرکز لاهیجان	۳۳۴	آسیب پذیری کم
ارتفاعات تالش، رودسر	۱۸۷۷٫۵	قسمت هایی از تالش، فومن، رودبار، رودسر	۱۸۵۶	جنوب لاهیجان	۳۳۴	آسیب پذیری متوسط
رشت، صومعه سرا، رودسر و شفت	۱۲۷۶	بخش هایی از رودسر، منجیل، تالش	۵۰۶	انزلی، آستارا، شمال منجیل	۱۵۰۰	آسیب پذیری زیاد
تالش	۳۴۹	مرکز استان	۱۲۹	تالش، رضوانشهر، مرکز استان، رودبار	۱۲۰۰	آسیب پذیری خیلی زیاد

بحث

به منظور ارزیابی آسیب پذیری نسبت به خشک سالی در استان گیلان، در مطالعه حاضر پس از جمع آوری داده های مربوطه، اهمیت هر یک از معیارها مشخص گردید. در بررسی مولفه های CVI، شاخص CVI کل استان ۴۴/۵٪ به دست آمد. شاخص CVI در مولفه منابع (R) ۵۶/۱۲٪ بالاترین رتبه و در مولفه ۳۶/۹۴٪ کمترین رتبه را به دست آورد. در این مدل بیشترین آسیب پذیری در کل شهرستان تالش با مساحت ۱۵/۵۷ درصد می باشد. درصد آسیب پذیری زیاد ۲۶/۸۴ درصد در شهرستان های رشت، صومعه سرا، رودسر و شفت مشاهده شد و شهرستان های آستارا و رضوانشهر با مساحت ۲۰٫۸۸ درصد در کلاس آسیب پذیری خیلی کم مشاهده گردید. در مدل SUM، بیشترین آسیب پذیری خشکسالی در غرب، مرکز استان و نواحی وسیعی از شرق استان کل شهرستان رودسر در مجموع با مساحت ۱۰۶۱۳۷۶/۹۳ هکتار مشاهده گردید. در مدل همپوشانی GAMA نیز، قسمت های وسیعی از غرب استان شهرستان تالش و کل شهرستان رشت با مساحت ۴۳۱۷۵۵/۵۸ هکتار در کلاس آسیب پذیری خیلی زیاد مشاهده گردید. ارتفاعات استان کمترین میزان خشکسالی را داشته است. نتایج پژوهش با نتایج تحقیقات (رمضانی گورابی و کاظم نژاد، ۱۳۹۰)، (معدنچی و همکاران، ۱۳۹۸)، (کاظم نژاد و همکاران، ۱۳۹۷)، (Chen et al., 2019) مطابقت داشت. به نظر می رسد که کاهش حجم آب ورودی سد سفیدرود که تأمین آب آشامیدنی ۸۰ درصد از استان گیلان و آب ۱۸۰ هزار هکتار از زمین های زراعی را به عهده دارد، به دلیل افزایش رسوبات و ساخت ۱۰ سد جدید بر روی سرشاخه های سفیدرود عامل اصلی بحران منابع آب در بخش میانی است. بررسی میزان بارش و تعیین خشک سالی ها از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است. به تبع آن نتایج حاصله می تواند برای تصمیم گیران و برنامه ریزان در زمینه های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. بررسی نقاطی که با خشک سالی بیشتر و شدیدتر مواجه اند و تمرکز بیشتر در آن نقاط، مدیریت مناسب مهندسی منابع آب، کم آبیاری، استفاده از هرز آب ها و اصلاح آبیاری کشاورزی و شهری، توسعه فضای سبز (جنگل) و تقویت خاک به جهت مواد معدنی و آلی (هوموس) برای حفظ و نگهداری آب موجود در خاک، همه و همه می تواند خسارات ناشی از خشک سالی را کاهش دهد.

منابع

- امین، پیمان، ملکی نژاد، حسین، (۱۳۹۶). بررسی و مقایسه دوره‌های خشکسالی با استفاده از نمایه‌های مبتنی بر بارش در برخی مناطق مرکزی و غرب کشور، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز سال هشتم، شماره ۱۶، پاییز و زمستان ۱۳۹۶، صص ۲۷۱-۲۸۰.
- جعفری، قربان، شاهکویی، اسمعیل، قانقرمه، عبدالعظیم، (۱۳۹۷). پیش بینی خشکسالی‌های استان خراسان شمالی با مدل HADCM3 و شاخص‌های RDI و SPI، مجله آمایش جغرافیایی فضا، فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان، سال هشتم، شماره مسلسل سی ام، صص ۱۵۹-۱۷۴.
- رضایی، پرویز، (۱۳۸۵)، بحران آب در استان گیلان و راهکارهای مقابله با آن، فصل نامه چشم انداز جغرافیایی، سال اول، شماره ۳، صص ۶۷-۷۵.
- رمضانی گورابی، بهمن، (۱۳۸۴)، بررسی پدیده خشکسالی با استفاده از شاخص درصد نرمال بارندگی در نواحی مرکزی گیلان، بیابان، جلد ۱۰، شماره ۲، صص ۲۴۹-۲۵۶.
- رمضانی گورابی، بهمن، کاظم نژاد، زهرا، (۱۳۹۰)، بررسی تاثیر نوسانات بارش بر میزان تولید محصولات کشاورزی در شهرستان رودبار (مورد مطالعاتی: محصول زیتون)، کنفرانس ملی هواشناسی و مدیریت آب کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- زارعی، شیرین، حزباوی، زینب، مصطفی زاده، رئوف، اسمعیل عوری، اباذر، (۱۳۹۹). مقایسه آسیب پذیری زیرحوضه‌های آبخیز سامیان بر اساس تغییرات مؤلفه‌های اقلیمی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۲۵، شماره ۵، تابستان ۱۳۹۹، صص ۲۱۷-۲۳۶.
- سرشماری نفوس و مسکن، (۱۳۹۵)، سازمان مدیریت و برنامه ریزی
- فرج زاده اصل، منوچهر، (۱۳۷۴)، خشکسالی در ایران، مجله دانش کشاورزی تبریز. جلد ۴. شماره ۲ و ۱. صفحه ۳۱-۵۳.
- فیروزی، فاطمه، محمودی، پیمان، طاوسی، تقی، (۱۳۹۸). بررسی حساسیت دو شاخص پوشش گیاهی NDVI و EVI به خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی: دشت سیستان ایران)، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ۲۸، شماره ۱۱۰، صص ۱۶۳ - ۱۷۹.
- قاسمی نژاد، سعیده، سلطانی، سعید، سفیانیان، علیرضا، (۱۳۹۳). ارزیابی ریسک خشکسالی استان اصفهان، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال هجدهم، شماره شصت و هشتم، صص ۲۱۳-۲۲۵.
- کاظم نژاد، زهرا، فرج زاده اصل، منوچهر، برنا، رضا، (۱۳۹۷). ارزیابی آسیب پذیری کشاورزی استان گیلان با استفاده از «شاخص آسیب پذیری اقلیمی»، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال پنجم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، صص ۸۹-۱۰۶.
- کاویانی، محمدرضا، علیجانی، بهلول، (۱۳۷۸)، مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت، چاپ ۱۴، ۵۹۰ص.
- مرتضایی فریزندی، قاسم، لطفی مغانجوقی، جعفر، خلیقی سیگارودی، شهرام، محسنی ساروی، محسن، نظری سامانی، علی اکبر، (۱۳۹۹). تحلیل و بررسی شاخص‌های خشکسالی هیدرولوژیکی استان کردستان، نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۱۲، شماره ۲، صص ۴۴۱-۴۵۳.
- معدنچی، پیمان، شاهدی، کاکا، حبیب نژاد، محمود، سلیمانی، کریم، فاتحی مرج، احمد، (۱۳۹۸). پهنه بندی خشکسالی‌های اقلیمی و بزرگی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI و زمین آمار کریجینگ (مطالعه موردی: استان کرمان). نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، سال دهم. شماره سی و هشتم، صص ۲۰۳-۲۲۶.
- Adnan, S., Ullah, K. Development of drought hazard index for vulnerability assessment in Pakistan. Nat Hazards 103, 2989-3010 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04116-3>.
- Alesheikh, A., Soltani, M., Nouri, N., Khalilzadeh, M., Land Assessment for Flood Spreading Site Selection Using Geospatial Information System, 2008, International Journal of Environmental Science and Technology, Vol .5, No .4, 455-462.
- Aylande, A., Radeny, M., Morton, J.f., Muchaba, T., 2018. Rainfall variability and drought characteristics in two agro-climatic zones: An assessment of climate change challenges in Africa. Science of The Total Environment.
- Chen, Fang, Jia, Huicong, Pan, Donghua, 2019. Risk Assessment of Maize Drought in China Based on Physical Vulnerability. Journal of Food Quality, vol. 2019, Article ID 9392769, 9 pages, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/9392769>.
- Eastman, J.R. 2006. Idrisi Andes guide to GIS and Image processing, Clark University. 328p.
- Füssel H. 2007. Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. Global Environmental Change, 17(2): 155-167.
- Jiang, H. and Eastman, R., "Application of fuzzy measure in multi-criteria evaluation in GIS." 2000, International Journal of Geographic Information System, vol. 14, No 2, pp. 173-184.
- Keshavarz M., Karami E., and Vanclay F. 2013. The social experience of drought in rural Iran. Land Use Policy, 30: 120-129.

Khoshnodifar Z., Sookhtanlo M. and Gholami H. 2012. Identification and measurement of indicators of drought vulnerability among wheat farmers in Mashhad County, Iran. Scholars Research Library. Annals of Biological Research, 3 (9):4593-4600 (available: <http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>).

Miller, G. T. (1991). Environmental Sciences, Wods worth, pub Belmont, California.

Palmer, W.C. (1965). "Meteorological Drought". US Weather Bureau Research Paper. Washington D.C .No.45.

Rajsekhar, D., Singh, V. P., and Mishra, A. K. (2015), Integrated drought causality, hazard, and vulnerability assessment for future socioeconomic scenarios: An information theory perspective. J. Geophys. Res. Atmos., 120, 6346– 6378. doi: 10.1002/2014JD022670.

Song L.C., Deng Z .Y., and Dong A .X. 2003. Drought. China Meteorological Press, Beijing. 22.

Sullivan, C. A. and Huntingford, C. (2009). "Water resources, climate change and human vulnerability." 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009.

Van der Molen, M. K., Dolman, A. J., Ciais, P., Eglin, T., Gobron, N., Law, B. E., ... & Wang, G. (2011). Drought and ecosystem carbon cycling. Agricultural and Forest Meteorology, 151(7), 765-773. doi:10.1016/j.agrformet.2011.01.018.

Xiao-Chen Y., Yu-Liang Z., Ju-Liang J., and Yi-Ming W. 2013. Risk analysis for drought hazard in China: a case study in Huaibei Plain. Nat Hazards, 67:879–900.

Yuan, Zhe, Jijun Xu, Jin Chen, Junjun Huo, Yangyue Yu, Peter Locher, Bin Xu, "Drought Assessment and Projection under Climate Change: A Case Study in the Middle and Lower Jinsha River Basin", Advances in Meteorology, vol. 2017, Article ID 5757238, 16 pages, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/5757238>.

نحوه ارجاع به مقاله:

راستگو، پژوهش؛ رضایی، پرویز؛ (۱۴۰۱) ارزیابی خشکسالی و سنجش آسیب پذیری اقلیمی استان گیلان، جغرافیا و مطالعات محیطی ۱۱ (۴۲)، ۱۳۶-

Dor: 20.1001.1.20087845.1401.11.42.9.8، ۱۵۰

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

