Journal of Natural Environment Hazards
University of Sistan and Baluchestan
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol 12, Issue 35, March 2023

Evaluating the Impact of climate change on the planning of optimal allocation of water resources in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad

Seyed Keramat Hashemi Ana[1*]

1. *Corresponding Author,* Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Yasouj University,Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 09 February 2022
Revised: 12 June 2022
Accepted: 24 June 2022

Keywords:
Climate change, optimal allocation, Dry Spells, Drought, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad.

ABSTRACT

In recent years, the reduction of precipitation following climate change had an undesirable impact on various sectors, especially water resources in the province. Managing these conditions requires recognizing two dimensions such as climate behavior and the optimal and efficient allocation of water resources in important and consumer sectors such as agriculture. This research investigates climatic behavior and climate change prediction with the Approach of evaluating Dry spells in the middle decade based on the emission scenarios RCP4.5 and HadGEM2-ES Model for the province. Identified High-risk areas under the influence of climate oscillation. Then, for the control and optimal allocation of water resources in the catchment area in the province, using the Compromise Programming method (CP). the first step extracted and weighted allocation criteria, and finally analyzed sensitivity to climate change. Ration each region of surface water availability allocated. The results showed that with considering the climatic state and sensitivity analysis of the model from an average of 12 billion m3 of surface storage, areas such as Yasuj and Sisakht with increasing the length of dry spells in the future and, have a larger share in the final optimal allocation values (33% and 19%). In contrast, in hot and dry areas such as Basht, Charam, and Gachsaran Because of lower sensitivity, received the lowest optimal allocation values with 6, 7, and 10% in all of the final allocations.

Cite this article: Hashemi ana, S. K. (2023). Evaluating the impact of climate change on the planning of optimal allocation of water resources in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad. Journal of Natural Environmental Hazards, 12(35), 157-172. DOI: 10.22111/jneh.2022.41593.1876

© Seyed Keramat Hashemi Ana
Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2022.41593.1876

* Corresponding Author Email: K.hahsemi@yu.ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۲۶۷۶-۴۳۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۳۸۵
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۲، شماره ۳۵، فروردین ۱۴۰۲

ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر برنامه‌ریزی تخصیص بهینه منابع آب در استان کهگیلویه و بویراحمد

سید کرامت هاشمی عنا[1*]

۱. استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه یاسوج (نویسنده مسئول)

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۰

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۲

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۱/۰۴/۰۳

واژه‌های کلیدی:
تغییر اقلیم، تخصیص بهینه، دوره‌های خشک، خشکسالی، کهگیلویه و بویراحمد.

چکیده

کاهش نزولات جوی در پی تغییر شرایط اقلیمی در سال‌های اخیر اثرات نامطلوبی بر بخش‌های مختلف به‌خصوص منابع آب استان گذاشته است. مدیریت این شرایط نیازمند شناخت دو بعد رفتار اقلیمی و تخصیص بهینه و کارآمد منابع آب در بخش‌های مهم و آب‌بر مانند کشاورزی است. در این پژوهش ابتدا به شناخت رفتار اقلیمی و پیش‌یابی تغییرات اقلیمی با نگرش ارزیابی دوره‌های خشک در دهه میانی بر اساس سناریوی انتشار (RCP4.5) و مدل (HadGEM2-ES) برای پهنه‌های استان پرداخته شد. پهنه‌های خطرپذیر در برابر نوسانات اقلیمی شناسایی شدند. در ادامه برای کنترل و تخصیص بهینه منابع آب حوضه آبریز در استان با استفاده از روش برنامه‌ریزی سازشی (CP) ابتدا معیارهای تخصیص استخراج و وزن‌دهی شدند و درنهایت تحلیل حساسیت به نوسانات اقلیمی انجام شد. سهم هر منطقه از موجودیت آب‌های سطحی تخصیص داده شد. نتایج نشان داد که با لحاظ نمودن وضعیت اقلیمی و تحلیل حساسیت‌پذیری مدل از متوسط ۱۲ میلیارد مترمکعب ذخیره سطحی، مناطقی مانند یاسوج و سی‌سخت با افزایش طول دوره‌های خشک در آینده حساسیت‌پذیری بیشتری از خود نشان می‌دهند و در مقادیر تخصیص بهینه نهایی سهم بیشتری را به خود اختصاص می دهند (به ترتیب ۳۳ و ۱۹ درصد). در مقابل مناطق گرم و خشک مانند باشت، چرام و گچساران به‌دلیل حساسیت‌پذیری کمتر به ترتیب با ۶، ۷ و ۱۰ درصد کمترین سهم اختصاصی را دریافت کردند.

استناد: هاشمی عنا، سید کرامت. (۱۴۰۲). ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر برنامه ریزی تخصیص بهینه منابع آب در استان کهگیلویه و بویراحمد. مخاطرات محیط طبیعی, ۱۲(۳۵), ۱۵۷-۱۷۲. DOI: 10.22111/jneh.2022.41593.1876

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© سید کرامت هاشمی عنا.

*- سید کرامت هاشمی عنا (نویسنده مسئول) Email: K.hahsemi@yu.ac.ir

مقدمه

شناخت و بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بخش‌های مختلف زیست‌محیطی از مهم‌ترین برنامه‌های عملی برای پیاده‌سازی ایده‌های مدیریتی در سال‌های اخیر است. با قبول این اصل که ارتباط متقابلی بین چرخه هیدرولوژی و سیستم اقلیم وجود دارد، تغییر اقلیم سبب تغییر در چرخه هیدرولوژی خواهد شد. بنابراین تغییرپذیری روان آب‌ها، تغییر دبی رودخانه‌ها، نوسان سطح دریاها و دریاچه‌ها، نوسان سطح سفره‌های آب زیرزمینی و شدت سیلاب‌ها به‌شدت متأثر از تغییر میانگین حدی عناصر اقلیمی مانند میزان بارشی است که به سطح یک حوضه آبریز وارد می‌شود.

در ایران بارش یکی از متغیرهای اساسی برای ارزیابی مهیایی بالقوه‌ی منابع است و اما توزیع زمانی و مکانی آن بسیار نایکنواخت است و به همین دلیل توزیع منابع آب کشور نیز یکنواخت نیست (مسعودیان، ۱۳۹۵). نگهداری و مدیریت منابع آب، وابسته به بارش دریافتی و تغییرپذیری مکانی و زمانی بارش است به‌طوری که هرچه این تغییرات کمتر باشد همگنی و یکدستی منابع آب بیشتر است (هاشمی‌عنا،۱۳۹۷).

از طرفی عناصر حدی اقلیم نظیر بارش می‌تواند رخداد پدیده تغییر اقلیم را تسریع نمایند (هاشمی عنا و همکاران، ۱۳۹۶). در دهه‌های اخیر پیش‌بینی‌هایی که توسط بسیاری از مدل‌های گردش عمومی جو- اقیانوس در زمینه تغییرات اقلیمی انجام شده است بیانگر این است که افزایش وقایع حدی آب‌وهوا و کاهش بارش، پایداری منابع آب را در آینده با چالش بزرگی روبرو می‌کند.

منابع آب بخشی است که بیشترین تأثیرات را از این نوسانات اقلیمی پذیرفته است. در مکان‌هایی مانند کشور ایران‌که دارای اقلیم فصلی هستند، شناسایی تغییرپذیری اقلیم (تغییر میانگین حالت‌های جوی) بسیار دشوار است. اگر هدف، بررسی این اثرات بر منابع آب باشد اهمیت موضوع دوچندان خواهد شد.

تخصیص منابع آب با اطمینان‌پذیری مطلوب به کمک شناخت دقیق رفتار اقلیمی و اثر آن بر منابع آب سطحی و زیر سطحی میسر است. تخصیص بهینه آب در بخش‌های مختلف مانند صنعت، کشاورزی و خدمات شهری و روستایی راهی برای سازگاری با تغییرات اقلیمی و کاهش اثرات نامطوب بر این بخش‌هاست (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۲). بنابرین استفاده از مؤلفه‌های عرضه و تقاضا همسو با تغییرات اقلیمی امری اجتناب‌ناپذیر است. بلسا و دوآرته[1](۲۰۱۸)، با استفاده از یک مدل اقتصادی کارا جهت تخصیص بهینه منابع آب در دو بخش تقاضایی (برقابی و آبیاری) را برای شمال اسپانیا با هدف سودآوری بهینه اقتصادی ارائه دادند. مطالعات مرتبط با این پژوهش در سه بخش قابل بررسی است.

در بخش اول مطالعاتی است که ماهیت اقلیم و سناریوهای انتشار برای حال و آینده ترسیم می‌شود. در واقع تعیین سناریوهای اقلیمی برپایه مدل‌های جهانی گردش عمومی جو (AOGCMS[2])، درک صحیحی از ماهیت اقلیم ایران است (هاشمی عنا و همکاران، ۲۰۱۵). در جدیدترین مطالعه هاشمی عنا (۱۳۹۹)، تغییرات اقلیم را به کمک مدل-های اقلیمی با تأکید بر دوره‌های خشک در گستره‌ی ایران برای بررسی ماهیت رفتاری بارش موردارزیابی قرار دادند. در پژوهشی دیگر مبانی مدل‌سازی آب‌وهوا توسط شمسی‌پور (۱۳۹۲) ارائه شد. بخش دوم تحقیقاتی است که اقلیم و اثرات آن را را بر منابع آبی بررسی می‌کنند. در واقع تغییرات اقلیمی چالش بزرگی برای منابع آبی در آینده خواهند

1. Bielsa J. and Duarte R, 2018
2. Atmospheric General Circulation Models

بود (کارلوس و همکاران[1]، ۲۰۱۹). هرچه تغییرپذیری مکانی و زمانی عناصر اقلیمی کمتر باشد همگنی و یکدستی منابع آب از ثبات بیشتر برخوردار است و عرضه دائمی منابع آب امکان پذیر می‌شود (مسعودیان،۱۳۹۰،۱۲۱). در واقع در این بخش بهره‌گیری از مدل‌های هیدرواقلیم اساس کار است. مهم‌ترین مدل‌های دینامیک و آماری هیدرواقلیم که می‌توان از آن‌ها استفاده کرد مدل MIROC-ECM[2] و SWAT[3] است. گوهری و همکاران[4] (۲۰۱۹)؛ اسچی و همکاران[5](۲۰۱۴)، اثر تغییر اقلیم را بر امنیت آبی با بهره‌گیری از مدل هیدرواقلیمی (GHMS[6]) بررسی کردند.گیار و حمد، ۲۰۱۸؛ یانگ،۲۰۰۷؛ یو و همکاران، ۲۰۱۷؛ ون، ۲۰۱۷؛ دارن و همکاران، ۲۰۱۸ و جئورگی و ویستون، ۲۰۰۱ ۱۲)[7] به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع مختلف آبی در مکان‌های مختلف پرداختند. بخش سوم شامل تحقیقاتی است که با بهره‌گیری از دو بخش قبلی به تخصیص بهینه‌ی آب می‌پردازد. با تحقق تعادل و تطابق عرضه و تقاضای آب می‌توان از تنش‌های ناشی از بحران خشکسالی تا حدودی کم کرد (قربانی، ۱۳۸۷). تعادل این دو بخش می‌تواند به تخصیص بهینه آب در بخش‌های مختلف کمک کند (حسن‌زاده و همکاران[8]، ۲۰۱۲). در این راستا (اکبری و همکاران، ۱۳۹۷؛ حبیبی، ۱۳۹۲؛ صفاری، ۱۳۹۲) با استفاده از الگوریتم مدل‌هایی مانند Gapso و روش تصمیم‌گیری فاصله محور به تخصیص بهینه منابع آب در بخش‌های مختلف پرداختند. عبدلی و مهاجر شجاعی (۱۳۹۹)، برای تخصیص بهینه منابع آب از روش و نظریه بازی در حوزه اقتصاد برای محدوده حوضه آبریز اترک استفاده نمودند. افضلی و همکاران (۱۳۹۷)، با بهره‌گیری از منطق فازی (FTOPSIS)، با رویکرد وضعیت خشکسالی به بررسی و تخصیص بهینه منابع آب در سد جیرفت پرداختند. تخصیص بهینه منابع آب در شبکه‌های زهکشی و آبیاری با استفاده از الگوریتم‌های ابداعی و آماری در بسیاری از پژوهش‌ها بررسی شده است. ازجمله می‌توان به پژوهش (امامی و همکاران،۱۳۹۷؛ خاشعی و کوچک‌زاده،۱۳۹۲؛ بابل و همکاران، ۲۰۰۵؛ مهرپرور و همکاران، ۲۰۱۶؛ نصیری و معروفی، ۱۳۹۸؛ دادمند و همکاران، ۱۴۰۰) اشاره کرد. بررسی تخصیص بهینه منابع آب به بخش‌های مختلف مانند خدمات، کشاورزی و صنعت با شناخت درستی از رفتار اقلیم یک منطقه و لحاظ نمودن عدم قطعیت‌های هیدرواقلیمی و مهم‌تر از همه استفاده از مدل‌های ترکیبی برای شناخت بهتر از وضعیت عرضه و تقاضا اساس کار در زمینه انجام پژوهش‌های این چنینی است (ژاپو و گان، ۲۰۲۰؛ شرما و همکاران[9]، ۲۰۱۶). بنابراین چارچوب این پژوهش در راستای تحقق یافته‌هایی است که در قالب ارائه پاسخ به این سؤالات محقق شده: آیا تغییر اقلیم به معنای واقعی که بتواند چالش جدی را در حوزه آب ایجاد کند رخداده است؟ شیوه‌های تعادل‌پذیری تخصیص آب در بخش‌های آبی در استان چگونه است؟ و درنهایت با درنظرگرفتن نتایج مدل‌های اقلیمی تخصیص بهینه در کدام منطقه از اولویت بیشتری برخوردار است و راه‌های سازگاری و پایش این اولویت‌بندی کدام است؟

1. Carlos et al, 2019
2. Earth System Model
3. Soil and Water Assessment Tool
4. Gohari et al, 2019
5. Schewe et al, 2014
6. Global Hydrological Models
7. Gayar and Hamed, 2018; Yang, 2007; Yu et al., 2017; Van, 2017; Daren et al., 2018; Georgi. and Hewitson, 2001
8. Hassanzadeh et al., 2012
9. Giupponi and Gain, 2021; Sharma et al, 2016

با وجود انجام پژوهش‌های متعدد در زمینه‌ی تغییر اقلیم و منابع آب در کشور ما، اما هنوز پژوهش‌های کاربردی که بتواند با استفاده از مدل‌های ترکیبی هیدرواقلیم به تخصیص بهینه منابع آب و عرضه و تقاضای آن کمک کند، انجام نگرفته و یا بسیار نادر است و اغلب پژوهش‌های انجام‌گرفته به توصیف وضع حال پرداخته است. اگر به این اصل که تغییرات اقلیمی به‌راحتی می‌تواند تعادل زیست‌محیطی، هیدرولوژیکی و مرز آبی اکوسیستم‌های طبیعی را بهم بریزد معتقد باشیم به اهمیت مطالعه ترکیبی تغییر اقلیم و منابع آبی نیز بیش از پیش پی خواهیم برد. تغییر اقلیم در دهه‌های اخیر اثرات زیان‌باری بر منابع آب و بخش‌های وابسته به آب برجای گذاشته است. درواقع مؤلفه‌های تغییر اقلیم عرضه و تقاضای آب را در تمام بخش‌ها از توازن متعادل خارج و تعادل بهینه آنرا بهم می‌ریزد. در حالت ایده‌ال تخصیص آب باید ازنظر اقتصادی کارآمد و ازنظر فنی و علمی و مهم‌تر از همه به لحاظ اجتماعی عادلانه باشد. تخصیص کارآمد ازنظر اقتصادی به توزیع آب برای به حداکثررساندن سود اقتصادی و ازنظر اجتماعی به تخصیص آب برای گروه‌های اجتماعی که ازنظر اقتصادی ضعیف هستند گرایش دارد. بنابراین نیاز به یک سیستم و مدل تخصیص مناسبی که بتواند آب را به‌عنوان یک کالای اقتصادی کارآمد درنظر بگیرد امری ضروری است. از طرفی باید مدلی ارائه شود که در یک چارچوب یکپارچه، تعامل عرضه و تقاضای آب را باتوجه به عوامل اقتصادی درنظر بگیرد. در فرآیند بهینه‌سازی تخصیص منابع آبی، عرضه کننده آب تحت تأثیر محدودیت و تنگناهای ناشی از دسترسی به منابع آب و تأمین حداکثر درآمد برای متقاضیان و مصرف کنندگان آب از طریق تخصیص منابع آبی در بخش‌های مختلف است. ارائه مدلی که بتواند تأثیر همه‌ی این عوامل را به‌صورت یکجا و منسجم لحاظ نماید در ارزیابی و سیاست‌گذاری تخصیص منابع آب برای ذینفعان در تمام سطوح و در هر مکانی از اهمیت خاصی برخوردار است. بررسی این مطالعه در سطح جهانی در بعد بهینه‌سازی و تخصیص منابع آبی برای به‌دست‌آوردن حداکثر سود اقتصادی در بخش‌های مختلف (کشاورزی، صنعت، خدمات و برقابی) توسط مدل‌های آماری و تحلیلی توسط پژوهشگران زیادی انجام شده است ازجمله می‌توان به (حبیبی و همکاران، ۲۰۱۲؛ بابل و همکاران، ۲۰۰۵؛ هوات و همکاران، ۲۰۱۲؛ شارما و همکاران، ۲۰۱۶؛ زسموکا، ۲۰۰۴؛ کارناوت، ۲۰۱۸)[1] اشاره کرد.

در پژوهش‌های کاربردی و نوآورانه جدید معمولاً آسیب‌پذیری منابع آب سطحی و زیرسطحی، استفاده بهینه از منابع آبی، تخصیص بهینه در بخش‌های مختلف تا حدود زیادی باید در ارتباط با تغییرپذیری اقلیم مورد بررسی قرار گیرد تا نقطه عطفی باشد بر برهمکنش و ارتباط دوسویه طبیعی و انسانی. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی وضعیت و تخصیص بهینه با رویکرد معیارهای مختلف در پهنه‌های استان کهگیلویه و بویراحمد تحت اثرات تغییر اقلیم و سناریوهای انتشار جهانی انجام شد که در نوع خود می‌تواند باب جدیدی از مطالعات را در حوزه کاربردی هیدرواقلیم نوین باز نماید.

با درنظرگرفتن نتایج مدل‌های اقلیمی و وزن معیارها و همچنین تحلیل حساسیت‌پذیری می‌توان گفت تخصیص بهینه در کدام پهنه از اولویت بیشتری برخوردار است و راه‌های سازگاری و پایش این اولویت‌بندی کدام است؟

1. Howitt et al, 2012; Sharma et al, 2016; Zmudzka, 2004; Kronaveter, 2018

داده‌ها

با استناد به هدف این پژوهش روش اجرای آن مبتنی بر چند گام اساسی است:

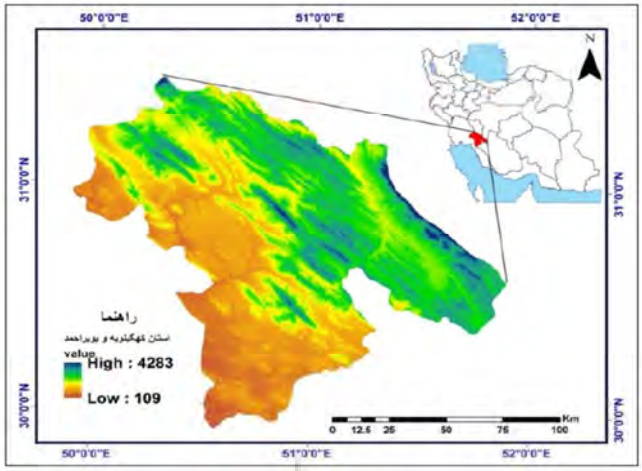
گام اول: **ارزیابی و تحلیل تغییرات اقلیمی**: برای شناخت و توصیف وضعیت آب‌وهوای استان ابتدا بانک اطلاعاتی از متغیرهای اقلیمی تشکیل شد و این پایگاه با استفاده از روش‌های آماری راستی‌آزمایی شدند. برای تشکیل پایگاه داده‌ای پایه، ایستگاه‌های که طول دوره آماری بیش از ۲۰ سال را دارا بودند و نقص آماری کمتری داشتند برای مطالعات پایه انتخاب شدند. این پایگاه داده شامل چهار متغییر اقلیمی (دما، بارش، رطوبت و ساعات آفتابی است) در مقیاس روزانه بود.

گام دوم: تولید نقشه‌های پهنه‌بندی از متغییرهای اقلیمی برای توصیف و ارزیابی وضعیت گذشته و حال اقلیم: داده‌های رستری و نقطه‌ای بعد از صحت‌سنجی با استفاده از نرم‌افزار Surfer و Arc GIS درون‌یابی و به نقشه و پهنه تبدیل شد.

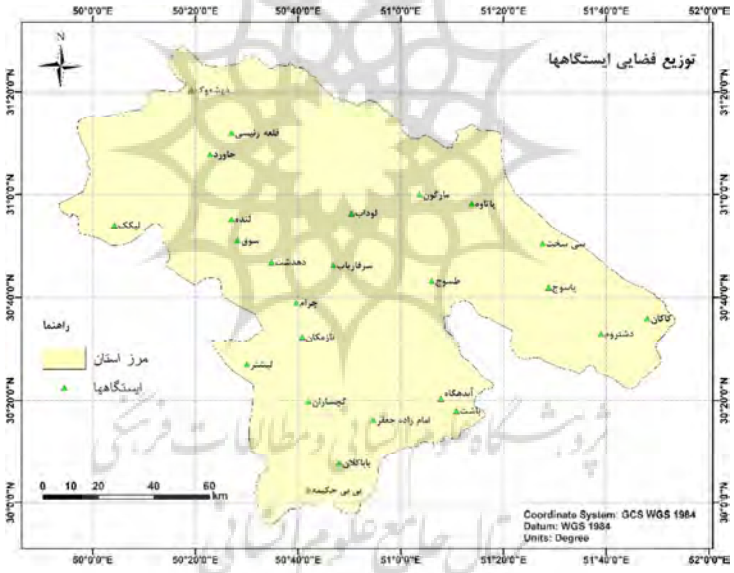
گام سوم: مدل‌سازی آب‌وهوایی برای بازتولید و شناخت اقلیم آینده استان: این مرحله خود دارای چندین بخش است. در بخش اول داده‌های پایه (۲۰۱۷-۱۹۸۷) بر اساس مبانی و فرمت مدل LARS-WG برای بازه زمانی ۳۰ ساله (۲۰۲۱-۲۰۵۰)، تنظیم و برای بازتولید آماده شدند. در بخش دوم این داده‌ها به‌دلیل بزرگ‌مقیاس بودن، بر اساس سناریوی انتشار نسبتاً متعادل واداشت تابشی و خط سیر غلظت (RCP4.5)[1] و مدل (HadGEM2-ES) مربوط به گزارش پنجم هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC-IR5)[2] تعبیه‌شده در جعبه مدل لارس برای تمامی ایستگاه‌ها و دهه میانی (۲۰۵۰)، ریزمقیاس و بازتولید شدند و درنهایت برای پی‌بردن به احتمالات وقوع و سیکل برگشتی دوره‌ها از مدل مرتبه دوم زنجیره مارکوف استفاده شد. در بخش آخر سناریوهای اقلیمی تدوین و با لحاظ نمودن عدم قطعیت‌ها در مدل‌سازی، نقشه‌ها تولید و به تحلیل وضعیت اقلیم آینده پرداخته شد.

گام چهار بررسی ویژگی‌های منابع آب استان: این مرحله شامل دو بخش است. بخش اول، بررسی وضعیت گذشته و موجود و بخش دوم تحلیل تخصیص بهینه منابع آب در پهنه‌های مختلف بر اساس مبانی روش برنامه‌ریزی سازشی (CP[3])، اجزای اصلی بخش آب را در این پژوهش تشکیل خواهند داد. تنوع توپوگرافی سبب تمایز دو نوع آب‌وهوای غالب در پهنه استان شده است. بنابراین تحلیل گذشته و وضعیت موجود منابع آب استان شامل میزان بارش‌های ورودی به استان، مدیریت منابع آبی و بیلان آب در سطح استان باتوجه وضعیت بارشی مناطق مختلف با استفاده از ابزارهای آماری و ارائه نقشه‌های مرتبط اساس کار می‌باشد.

1. Representative Concentration Pathways
2. Intergovernmental Panel on Climate change- Fifth Assessment Report
3. Compromise Programming



شکل۱ : موقعیت مکانی استان کهگیلویه و بویراحمد



شکل۲ : موقعیت فضایی ایستگاه‌های هواشناسی استان کهگیلویه و بویراحمد

روش‌شناسی پژوهش

پیش‌یابی و استخراج دوره‌های خشک

محاسبه احتمال شرطی انتقال دوره‌های تر و خشک است بر مبنای الگوریتم مارکوفی شناخت خوبی از رفتار دوره‌های خشک به‌دست می‌دهد. در واقع اثر برازش مرتبه دوم زنجیره مارکوف بر مبنای توزیع تجربی طـول دوره‌های خشک، معیار مناسبی برای تفکیک دوره‌ها و تداوم و دوره بازگشت آنها به‌حساب می‌آید.

$$f_{L^{(\ell)}} = \begin{cases} P(W \mid WD) & \ell = 1 \\ P(D \mid WD)P^{\ell-2}(D \mid DD)P(W \mid DD) & \ell \geq 2 \end{cases} \quad (۱)$$

$f_{L^{(\ell)}}$ تابع اا‌حتمال انتقال دوره‌ها W_ احتمال روزهای تر یا بارانی D_ احتمال رخداد روزهای خشک

برای استخراج حالت‌های گذار یا انتقال دوره‌ها، ضروری است که رابطه ۱ را به آرایش ماتریسی برای ایجاد رابطه ۲ تبدیل کرد (سلوارج و سالویج، ۲۰۱۰)[1].

$$\begin{matrix} D \\ W \end{matrix}\begin{pmatrix} D & W \\ n00 & n01 \\ n10 & n11 \end{pmatrix} \quad (۲)$$

در این ماتریس n_{00} فراوانی رخداد یک روز خشک به‌دنبال یک روز خشک دیگر، n_{01} فراوانی رخداد یک روز بارانی بعد از یک روز خشک، n_{10} فراوانی رخداد یک روز خشک بعد از یک روز بارانی و n_{11} تعداد روزهایی را نشان می‌دهد که یک روز بارانی به‌دنبال یک روز بارانی اتفاق افتاده است. در ماتریس محاسبات انجام‌شده چرخش و انتقال روزهای بارانی و خشک با درصد احتمال مشخصی بیان می‌شود.

تخصیص بهینه آب در حوضه آبریز استان با روش برنامه‌ریزی سازشی (CPI)

ابتدا با درنظرگرفتن تغییرات اقلیمی از روش برنامه‌ریزی سازشی جهت تخصیص بهینه منابع آب در سطح حوضه استفاده شد (زلنی، ۱۹۷۳)[2].

$$Fi = \left(\sum_{j=1}^{n} a_{ij \times} W_j^p\right) 1/\mathrm{p} \quad (۳)$$

در این رابطه a_{ij} مقادیر نرمال‌شده i ام بر معیار سنجش j ام، W_j^p، وزن معیار j ام و p، حساسیت هر کدام از معیارها را نسبت به یک نقطه نامطلوب را بیان می‌دارد. پارامتر i از ۱ تا ۳ و پارامتر j از ۱ تا ۵ متغیر می‌باشد. n، تعداد معیارهای استفاده‌شده در تخصیص است. اگر $P\in [0\ 1]$ باشد مقادیر ریسک‌پذیرتر و کوچک‌تر دارای اهمیت بیشتری خواهند بود و به عبارتی سناریوی بدبینانه انتخاب خواهد شد. در این مطالعه این فرض لحاظ شده است. برای مشخص نمودن سهم ذینفع i ام، از دید معیار j ام، از روابط ۲ و ۳ برای نرمال نمودن معیارهای مثبت و منفی استفاده شد.

$$\bar{a}_{ij} = \frac{aij - mj}{Mj - mj} \quad (۴)$$

$$\bar{a}_{ij} = \frac{Mj - aij}{Mj - mj} \quad (۵)$$

در این روابط M_j , m_j، بیشترین و کمترین امتیاز ذینفعان بر پایه معیار j ام است.

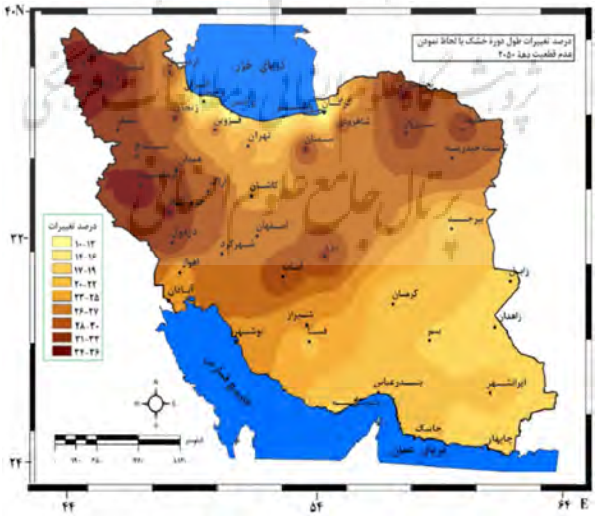
نتایج و بحث

نتایج وضعیت اقلیمی استان در حال و پیش‌بینی آن در آینده در گستره‌ی ایران

بر اساس آخرین و جدیدترین مطالعات اقلیمی که پیش‌تر توسط نگارنده و چندی از پژوهشگران دیگر انجام شده است وضعیت اقلیمی کشور به‌ویژه مکان‌های واقع در دامنه‌های غربی و جنوبی زاگرس با چالش‌هایی نظیر افزایش درجه حرارت و کاهش بارندگی روبرو هستند (هاشمی‌عنا، ۱۳۹۷-شکل ۳). استان کهگیلویه و بویراحمد با میانگین درازمدت ۴۸۸ میلی‌متر جز استان‌های کم‌بارش کشور محسوب می‌شود (شکل۴). میانگین طول دوره خشک با

1-Selvaraj and Selvis, 2010
2- Zeleny, 1973

آستانه بارشی ۵ میلی‌متر[1] و بالاتر نشان داد که پهنه‌های شرق و شمال شرق (یاسوج، سی‌سخت، دشتروم، پاتاوه و مارگون) با میانگین ۲۵ روز کمترین طول و پهنه‌های غرب و جنوب غرب (گچساران، باباکلان، بی‌بی حکیمه، لیشتر، دهدشت و سوق) با میانگین ۴۰ روز طولانی‌ترین دوره خشک را دارا هستند (شکل۵). خروجی مدل‌هایی که پیش‌بینی تغییرات اقلیمی را نشان می‌دهند حاکی از آن است که در فصول سرد سال همواره تغییرات طول دوره‌های خشک برای دهه (۲۰۵۰-۲۰۲۵)، روند افزایش محسوس‌تری نسبت به فصول و ماه‌های گرم سال دارد (شکل۶). این امر شاید به‌دلیل ویژگی خشکی ذاتی پهنه‌ی وسیعی از سرزمین ایران و به‌خصوص مناطق جنوبی استان در طول فصول گرم سال است که دامنه‌ی تغییرات بارش را تا حدودی پایین نگه می‌دارد. وجود رژیم بارشی زمستانه و توزیع نایکنواخت آن در گستره استان سبب انحراف و تغییرپذیری طول دوره‌های خشک شده است. با درنظرگرفتن عدم قطعیت مدل‌ها و شرایط محیطی استان کهگیلویه و بویراحمد در دهه ۲۰۵۰ با کاهش متوسط ۱۵ درصدی بارش مواجه خواهد شد (شکل۷). به تبعیت از این وضعیت خشکی بیش از ۵۵ درصد از مساحت استان در معرض خشکسالی بسیار شدید قرار دارند (جدول ۱). در این میان مناطق مرطوب شمال و شرق استان مانند شهرستان‌های مارگون، یاسوج، دشتروم، سی‌سخت بیشترین درصد تغییرات را در طول دوره‌های خشک دارا هستند (به طور میانگین۱۶درصد افزایش) و در مقابل مناطق گرم و خشک جنوب و غربی استان مانند گچساران، امامزاده جعفر، لیشتر و دهدشت و جاورد (با میانگین ۱۰درصد افزایش)، نسبت به دوره پایه کمترین تغییرات را در طول دوره‌های خشک دارا هستند (شکل۷). کاهش بارش و افزایش طول دوره‌های خشک در پهنه‌های شمالی و سردسیری استان که در دامنه دنا واقع شده‌اند بحرانی اساسی برای رودخانه‌هایی مانند کارون، زهره، جراحی و سدهای احداث شده‌ای که منبع تغذیه آنها از سرچشمه مناطق مرتفع دنا است به‌وجود می‌آورد.

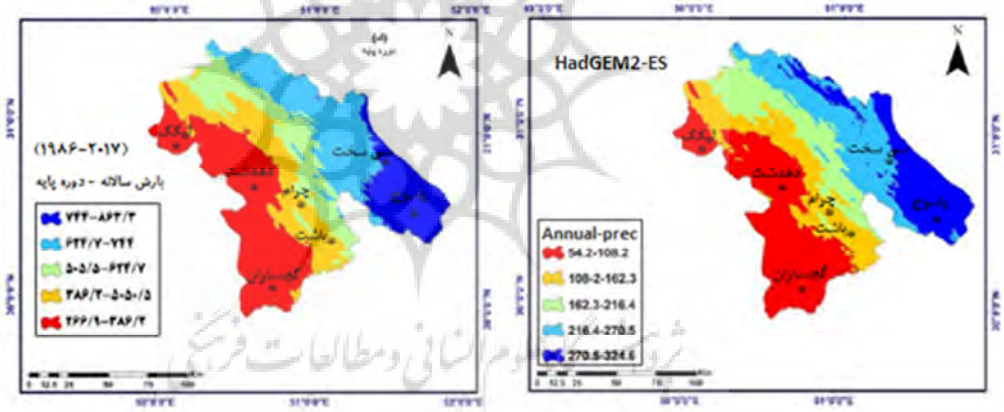


شکل۳: پهنه‌بندی نهایی درصد تغییرات طول دوره‌های خشک ایران با رویکرد عدم قطعیت (دهه ۲۰۵۰). *مأخذ: نویسنده*

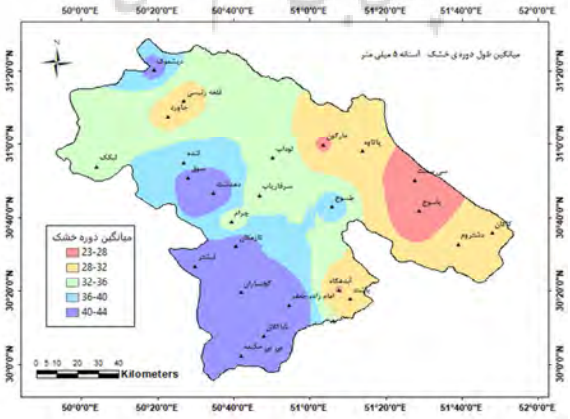
۱- آستانه ۵ میلی‌متر به این دلیل انتخاب شد که توزیع بارش و فراوانی رخداد در این آستانه بسیار بالا بود و بیش از ۶۵ درصد رخداد بارش با این این آستانه انطباق دارند.

جدول۱: درصد مساحت تحت تأثیر خشکسالی به تفکیک شهرستان‌ها (شاخص SPEI) -محاسبات نویسنده

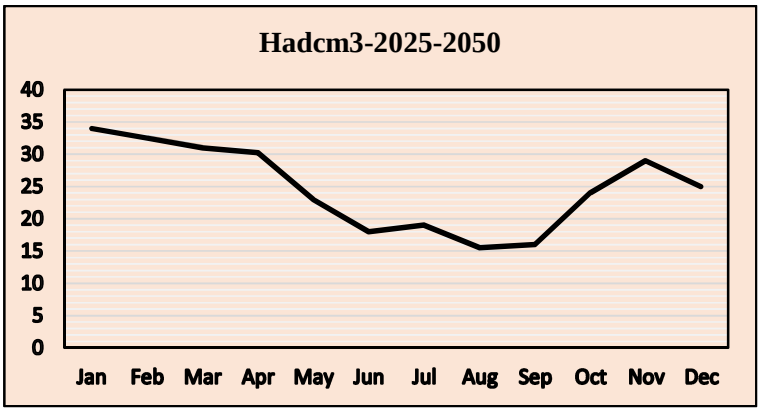
ردیف	شهرستان	ترسالی شدید	ترسالی متوسط	ترسالی ضعیف	نرمال	خشکسالی خفیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید	درصد مجوع خشکسالی
۱	گچساران	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۸۷/۴	۸۷/۴	۱۰۰
۲	دنا	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۷	۹۹/۳	۰,۰	۱۰۰
۳	کهگیلویه	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۱۸/۶	۸۱/۴	۱۰۰
۴	چرام	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۹۸/۳	۱/۷	۱۰۰
۵	بهمئی	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۱۰۰	۱۰۰
۶	بویراحمد	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۳/۶	۷۵/۱	۲۱/۳	۱۰۰
۷	باشت	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۲۷/۵	۷۲/۵	۱۰۰
استان کهگیلویه و بویراحمد		۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	۱,۰	۴۳/۸	۵۵/۲	۱۰۰



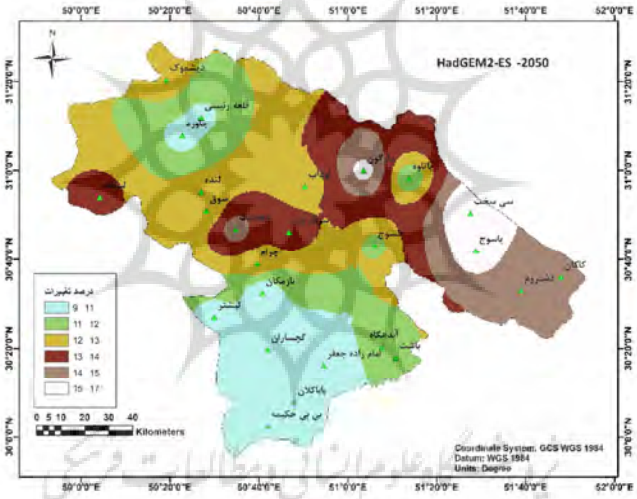
شکل۴: مقایسه وضعیت بارش در دوره پایه و پیش‌بینی‌شده



شکل۵: میانگین طول دوره خشک با آستانه۵ میلی‌متر



شکل۶: سناریوی درصد تغییرات ماهانه طول دوره‌های خشک استان نسبت به وضعیت گذشته



شکل۷: پیش‌یابی درصد افزایش طول دوره‌های خشک (HadGEM2 -ES-2050)

انتقال، تداوم و بازگشت دوره‌های خشک

اگر ماتریس توابع احتمال انتقال بین روزهای تر و خشک را در دو حالت (بارانی و خشک) در نظر بگیریم، حالت دوره‌ها در گستره‌ی استان نشان داد که در نواحی جنوبی و غربی استان احتمال وقوع یک دوره خشک بعد از روزهای بارانی بسیار محتمل‌تر است. این امر به‌دلیل خشکی ذاتی این نواحی و دوری از منابع رطوبتی است. احتمال رخداد روز بارانی پس از یک روز بارانی بسیار کم است (جدول ۲). نتایج تداوم و دوره بازگشت رخدادهای ماهانه تر و خشک نشان داد دوره‌های خشک با تداوم ۳۰ روزه و بیشتر، دارای بیشترین احتمال رخداد و کوتاه‌ترین دوره بازگشت هستند. ماه دی و خرداد با میانگین دوره بازگشت ۲۰۸ و ۲۶ روز بیشترین و کمترین دوره بازگشت را دارا می باشند (جدول۳). رفتار دوره‌های خشک در مناطق جنوب غرب و مرکز مانند (دهدشت، چرام، لیکک، گچساران، باباکلان، لیشتر) با الگوی این تداوم انطباق دارند.

می‌توان گفت که در مناطق گرمسیری و خشک دوره بازگشت تداوم‌های کوتاه‌مدت و در مناطق کوهستانی و سرد شمالی و خشک دوره بازگشت تداوم‌های بلندمدت حاکمیت بیشتری دارد.

جدول۲: نتایج ماتریس فراوانی و احتمال حالت‌های انتقال (۲۰۱۷-۱۹۸۵) (درصد- خداد)

روزهای قبل		روز جاری	
دو روز قبل	یک روز قبل	خشک	بارانی
خشک	خشک	۲۲۸۶	۱۶۰
		./۸۸	./۳۳
خشک	بارانی	۴۰۲	۱۵۹
		./۷۰	./۸
بارانی	خشک	۱۲۲۶	۸۰۶
		./۷۰	./۴۵
بارانی	بارانی	۴۸۹	۱۲۸
		./۵۹	./۲۲

جدول۳: برآورد دوره بازگشت تداوم‌های ۱۰ تا ۳۰ روزه ماه‌های سرد و بارانی در گستره‌ی ایران (۲۰۱۷-۱۹۸۵)

تداوم‌ها / ماه‌ها	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
تداوم ۱۰ روز	۲۷۱	۱۴۸	۱۱۷	۱۶۵	۱۳۰	۲۱۹	۳۸	۹۹	۷۳
تداوم ۲۰ روزه	۳۱۱	۲۶۸	۱۲۳	۲۰۳	۲۵۶	۱۲۶	۶۸	۱۰۷	۹۶
تداوم ۳۰ روز و بیشتر	۱۰۹	۱۶۵	۱۴۲	۲۰۸	۱۸۶	۱۲۲	۱۱۱	۴۹	۲۶

نتایج تخصیص منابع آب با رویکرد تغییرات اقلیمی(طول‌دوره‌های خشک منجر به خشکسالی)

برای استخراج نتایج تخصیص منابع آب در ابتدا بایستی به استخراج معیارهای تخصیص و سپس وزن‌دهی معیارها و در نهایت تحلیل حساسیت به سناریوی تغییرات اقلیمی پرداخت. معیارها باید مبتنی بر توسعه پایدار جهت استفاده درست از منابع و هدایت سرمایه باشد. از طرفی معیارها باید انعکاس‌دهنده شرایط زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی باشد. مبتنی بر رویکرد مدیریت جامع منابع آب و توسعه پایدار منطقه، معیارهای زیست‌محیطی و اجتماعی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. از معیار اقتصادی هم به‌دلیل اینکه اثرپذیری کمتری از شرایط اقلیمی دارد صرف‌نظر شد.

جدول۴: مبنا و معیار تخصیص آب در استان کهگیلویه و بویراحمد

نوع معیار	توصیف معیار
اجتماعی	* سرانه مصرف (متر مکعب) * مصرف آب در بخش کشاورزی (میلیون مترمکعب) * جمعیت (هزارنفر)
زیست‌محیطی	پتانسیل آب سطحی (میلیون متر مکعب)

معیار سرانه مصرف آب (خاص بخش کشاورزی)

با استناد به اینکه بیش از ۸۵ درصد آب‌های سطحی استان در بخش کشاورزی مصرف می‌شود (گزارش آب منطقه‌ای استان، ۱۳۹۷- هدررفت آب در این بخش زیاد است)، معیار تخصیص در این بخش اهمیت ویژه‌ای دارد. این سرانه از تقسیم متوسط مصرف سالانه‌ی آب (در بخش‌های مختلف به‌خصوص بخش کشاورزی) بر جمعیت مناطق هدف محاسبه می‌شود. این معیار نشان‌دهنده میزان و درجه توسعه سیستم‌های آبی است که خود مشوقی برای کاهش مصرف است. گچساران بیشترین و چرام کمترین حجم مصرفی را دارا هستند (جدول۵).

جدول ۵: حجم کل آب مصرفی در بخش کشاورزی- (۱۰۰ درصد)- ۱۶۰ هزار هکتار زراعی

حجم کل آب مصرفی = ۷۲۳۰ میلیون متر مکعب							
گچساران	**یاسوج**	**سی سخت**	**دهدشت**	**چرام**	**باشت**	**خیرآباد**	**جاورد**
۱۲۸۰	۱۰۸۰	۶۸۰	۱۱۵۰	۷۲۰	۹۸۰	۹۴۰	۴۰۰

(میلیون متر مکعب)

معیار پتانسیل آب سطحی و تجدید شونده

این معیار، متوسط جریان آب سطحی تولید شده یا میزان آب ورودی به حوضه آبریز استان را نشان می‌دهد. این معیار انطباق کاملی با شرایط اقلیمی هر حوضه دارد.

حجم آب تجدیدپذیر استان هشت میلیون و ۵۱۳ هزار متر مکعب معادل ۸,۵ درصد کل آب ایران است (گزارش وزارت نیرو، ۱۳۹۷). سهم هر منطقه از آب ورودی معیار قابل اعتمادی برای درجه تخصیص به‌شمار می‌آید. یاسوج بیشترین حجم ورودی (به‌دلیل بالابودن متوسط بارندگی و جریان‌های سطحی) و دهدشت، چرام، باشت و جاورد به-دلیل وسعت کم حوضه و دوری از منابع آب سطحی کمترین حجم ورودی را دارند (جدول۶).

جدول ۶: حجم کل نزولات جوی به تفکیک حوضه‌ها (۱۰۰ درصد)- میلیون متر مکعب

حجم کل ورودی = ۱۱۳۸۰ میلیون متر مکعب							
سهم هر حوضه- (تمامی حجم آب‌های سطحی در حریم حوضه‌های زهره، جراجی و کارون برآورد شده است)							
گچساران	**یاسوج**	**سی‌سخت**	**دهدشت**	**چرام**	**باشت**	**خیرآباد**	**جاورد**
۲۰۴۰	۳۴۰۰	۱۳۰۰	۸۹۰	۹۳۰	۷۵۰	۱۵۹۰	۴۸۰

منبع: شرکت آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویراحمد (https://www.kbrw.ir)

وزن‌دهی معیارها و سهم درصدی هر منطقه

باتوجه به‌اینکه اهمیت معیارهای استفاده‌شده با وزن آنها مشخص می‌شود، به کمک روش‌های جمع وزنی ساده، روش برنامه‌ریزی سازشی (CPI- رابطه ۱)، محاسبات انجام گردید و وزن هر معیار مشخص و سپس به کمک این وزن‌دهی با استفاده از محاسبات در نرم‌افزار اکسل سهم درصدی هر مناطق ذینفع از حجم کل آب مشخص گردید و اختصاص داده شد. کمترین وزن مربوط به معیار سرانه مصرف و بیشترین وزن به معیار پتانسیل آب سطحی تعلق گرفت (جدول ۷). ازنظر سهم درصدی ذینفعان نیز مناطق خشکی مانند دهدشت و گچساران بیشترین سهم را به ترتیب با ۲۲ و ۱۹ درصد اختصاص یافت. مناطقی با اقلیم مرطوب مانند یاسوج، سی‌سخت و جاورد درصد کمتری تخصیص داده شد (جدول۸).

جدول۷: وزن‌دهی به معیارهای تخصیص

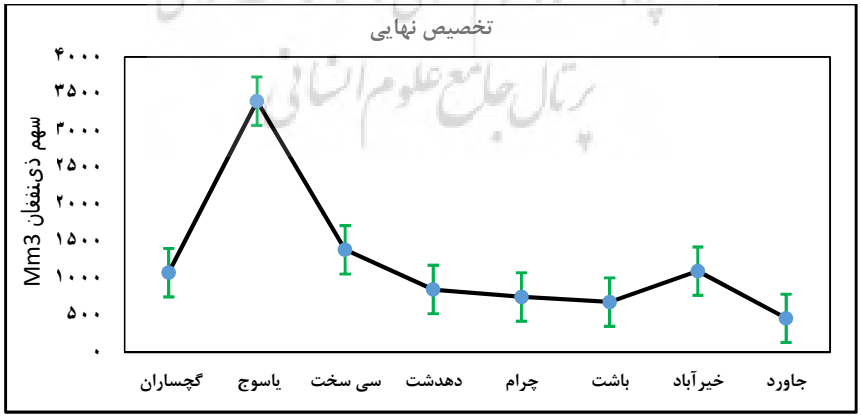
معیار	سرانه مصرف (متر مکعب)	مصرف آب در بخش کشاورزی (میلیون متر مکعب)	جمعیت (هزار نفر)	پتانسیل آب سطحی (میلیون متر مکعب)
وزن معیار	/۱۴	/۳۲	/۱۵	/۳۹

جدول۸: تخصیص سهم درصدی هر حوضه از منابع آب بر مبنای وزن معیارها در مرحله قبل

گچساران	یاسوج	سی‌سخت	دهدشت	چرام	باشت	خیرآباد	جاورد
%۱۹	۱۸%	۷%	۲۲%	۹%	۸%	۱۰%	۷%

تحلیل حساسیت‌پذیری نسبت به تغییر اقلیم

باتوجه به شرایط و تغییراتی که ممکن است در آینده در مقادیر معیارها به‌وجود آید، در مدل برنامه‌ریزی سازشی مقادیر p را در بدترین حالت سناریوی تغییرات اقلیمی یعنی (p=2) بررسی و سهم بهینه هر منطقه را بر اساس سهم درصدی از میانگین بلندمدت منابع آب سطحی بر حسب میلیون متر مکعب مبنای تخصیص نهایی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مناطق خشک حساسیت‌پذیری کمتری نسبت به تغییر اقلیم در مقایسه با مناطق مرطوب دارند و حداقل‌های نیاز اکولوژیکی در این مناطق مهیاست (باشت، چرام، دهدشت و گچساران). مناطقی مانند سی‌سخت و یاسوج با افزایش طول دوره‌های خشک در آینده حساسیت‌پذیری بیشتری از خود نشان می‌دهند و در مقادیر تخصیص بهینه نهایی سهم بیشتری را به خود اختصاص می‌دهند. به منطقه خیرآباد به‌دلیل وجود آب‌های سطحی و ذخیره سد کوثر سهم بیشتری نسبت به مناطق گرمسیری اختصاص داده شد، اگرچه حساسیت‌پذیری دوره خشک آن کمتر بود. در بدبینانه‌ترین سناریوی تغییر اقلیم حجم آب‌های سطحی از ۱۲ میلیارد مترمکعب به ۱۰ میلیارد مترمکعب کاهش پیدا خواهد کرد. شکل ۸ نتایج این تخصیص را نشان می‌دهد.



شکل۸: تخصیص نهایی بهینه آب با لحاظ نمودن رفتار دوره‌های خشک منطبق بر سناریوی اقلیمی (HadGEM2-ES)

نتیجه‌گیری

باتوجه به افزایش طول دوره‌های خشک و به‌طبع آن تداوم وضعیت خشکسالی، بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب و تخصیص آن از اهمیت زیادی برخوردار است. تقسیم عادلانه آب باتوجه به تنوع معیارهای تخصیص از اساس کار است. از طرفی دقت در انتخاب روش‌ها و مدل‌های تخصیص بهینه نیز در اولویت اول است. استان کهگیلویه و بویراحمد با دارا بودن ۸ درصد ذخایر آب‌های سطحی کشور به‌دلیل تنوع اقلیمی و توپوگرافی از یک طرف و افزایش طول دوره‌های خشک در اقلیم میانی (۲۰۵۰)، از سوی دیگر شرایط را برای تخصیص بهینه آب به گستره‌ی جغرافیایی استان دشوار نموده است. با استناد به سناریوهای اقلیمی و افزایش طول دوره‌های خشک در نیمه شمالی و شرقی استان در دورنمای آینده، پرواضح است که اگر میزان مصرف و برداشت از ذخایر سطحی به شکل کنونی ادامه پیدا کند و مدیریت در بخش‌های مختلف اعمال نشود، کمبود آب در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت در استان در وضعیت بحرانی‌تری قرار خواهد گرفت. تنها راه نجات سازگاری با تغییرات و نوسانات اقلیمی جهت تاب‌آوری اجتماعی است. تخصیص بهینه در شرایط موجود و بر اساس تغییرات بلندمدت در راستای این سازگاری انجام می‌شود. در مناطق حساسیت‌پذیر استان مانند نواحی مرطوب سردسیری تخصیص بهینه بایستی بر اساس معیارهای اقلیمی، جمعیت، اقتصادی و اکولوژیکی انجام شود. نظام‌مندی مصرف آب در بخش کشاورزی، تخصیص حقابه‌های سطحی، مدیریت منابع آب سطحی، استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری، اصلاح و پایش الگوی کشت از ملزومات رعایت عدالت در بحث تخصیص است. داشتن مرز مشترک آبی و منابع آب سطحی مشترک استان کهگیلویه و بویراحمد با استان‌های همجوار و احداث سدهای ذخیره آب، لزوم تخصیص بهینه‌ای که بتواند میزان حقابه‌های ذینفعان استان را مرتفع سازد از ضروریات است. امید است این نوشتار بتواند مقدمات لازم را برای عملی نمودن رهیافت تخصیص بهینه آب در گستره‌ی استان برای سازمان‌های متولی فراهم نماید.

منابع

افضلی، زینب؛ زارع مهرجردی، محمدرضا؛ نبی بیان، صدیقه (۱۳۹۷). اولویت‌بندی تخصیص منابع آب سد جیرفت تحت رویکرد خشکسالی با کاربرد تکنیک شباهت به گزینه ایده‌آل فازی (FTOPSIS)، نشریه مهندسی آبیاری و آب ایران، ۳۳(۹)، ۱۱۲-۱۲۴.

اکبری فرد، سعید؛ قادری، کوروش؛ بختیاری، بهرام(۱۳۹۷). تخصیص بهینه منابع آب با استفاده از الگوریتم چرخه آب (مطالعه موردی: حوضه آبریز گرگان‌رود). فصلنامه علمی-پژوهشی مهندسی منابع آب، ۱۱(۳۶)، ۳۳-۴۶.

امامی، چوپان؛ خیری قوجه بیگلو، میلاد (۱۳۹۹). تخصیص بهینه و اقتصادی آب در شبکه آبیاری و زهکشی با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری (ICA)، مطالعه موردی: شبکه صوفی‌چای، نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۰(۳)، ۲۵-۳۹.

حبیبی داویجانی، مصطفی؛ بنی حبیب، محمدابراهیم؛ هاشمی، سیدرضا (۱۳۹۲). مدل بهینه‌سازی تخصیص منابع آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات با استفاده از الگوریتم پیشرفته GAPSO، نشریه آب و خاک علوم و صنایع کشاورزی، شماره ۲۷(۴)، ۶۹۱-۶۸۰

خاشعی سیوکی، عباس؛ کوچک زاده، قهرمان (۱۳۹۲). کاربرد تخصیص و مدیریت آب کشاورزی با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی (PSO) مطالعه موردی: دشت نیشابور، آب و خاک، ۲۷(۲)، ۲۹۲-۳۰۳.

دادمند، فاطمه؛ ناجی عظیمی، زهرا؛ مطهری فریمانی، ناصر؛ داوری، کامران، (۱۴۰۰). تخصیص بهینه منابع آب در شرایط بحرانی تحت عدم قطعیت پارامترها با تأکید بر حفظ پایداری منابع آبی با استفاده از روش دستیابی به آرمان (مطالعه موردی: شهرستان مشهد)، مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۱۵(۲) ، ۳۸۸-۴۰۱.

شرکت آب منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویراحمد (https://www.kbrw.ir).

شمسی پور، علی اکبر(۱۳۹۲). مدل‌سازی آب‌وهوایی نظریه و روش، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.

صفاری، نسیم؛ ضرغامی، مهدی (۱۳۹۲). تخصیص بهینه منابع آب سطحی حوضه دریاچه ارومیه به استان‌های ذینفع با روش‌های تصمیم-گیری، دانش آب و خاک (دانش کشاورزی)، ۲۳(۱)، ۱۳۵-۱۴۹.

عبدلی، قهرمان؛ مهاجرشجاعی، تیام. (۲۰۱۹). نظریه بازی و کاربرد آن در تخصیص بهینه منابع آب. پژوهش‌های برنامه و توسعه ۱(۳)، ۱۲۳-۱۶۶.

قربانی، بهزاد (۱۳۸۷). عرضه و تقاضای آب و چالش‌های پیش‌رو در ایران، اولین کنفرانس بین‌المللی بحران آب، دانشگاه زابل، اسفند ۱۳۷۸.

مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۰). آب‌وهوای ایران، انتشارات شریعه توس، چاپ اول.

نصیری قیداری، امید و معروفی، صفر (۱۳۹۸). تصمیم‌گیری تخصیص آب در شرایط عدم‌قطعیت با استفاده از بهینه‌سازی چندهدفه همتای استوار، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۵(۲)، ۷۱۴-۸۹.

هاشمی عنا، سید کرامت (۱۳۹۷). دورنمای اقلیم ایران با تأکید بر دوره‌های خشک، چاپ اول، انتشارات مینوفر، مشهد.

هاشمی عنا، سید کرامت (۱۴۰۰). طبقه‌بندی تغییرات طول دوره‌های خشک وابسته به بارش در ایران. مجله جغرافیای طبیعی, ۱۴(۵۳), ۳۹-۵۵.

Babel, M. S., Das Gupta. A. Nayak D. K. (2005). A model for optimal allocation of water to competing demands. Water resources management, 19 (6): 693-712.

Bielsa J. and Duarte R. (2018). 'An economic model for water allocation in north eastern Spain', Water Res. Dev. 17(3), 397–410.

Carlos, M. Nagesh Kumar, D.Sorez, F. (2019). Optimal reservoir operation for irrigation of multiple crops using elitist-mutated particle swarm optimization. Hydrology Science Journal, 52(4): 686-701.

Chen, Y. N., Li, W. H., Xu, C. C., and Hao, X. M. (2007). Effects of climate change on water resources in Tarim River Basin, Northwest China. Journal of Environmental Sciences, 19(4), 488-493.

Ficklin, Darren L., Yuzhou Luo, Eike Luedeling, and Minghua Zhang (2009). "Climate change sensitivity assessment of a highly agricultural watershed using SWAT." Journal of Hydrology 374, no. 1-2 (2009): 16-29. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.05.016.

Gaitan, Carlos F., William W. Hsieh, and Alex J. Cannon. (2019). Comparison of statistically downscaled precipitation in terms of future climate indices and daily variability for southern Ontario and Quebec, Canada." Climate Dynamics. 43:3201-3227.

Gayar, A. E., and Hamed, Y. (2018). Climate change and water resources management in Arab countries. In Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration (pp. 89-91). Springer, Cham.

Georgi, F. and B. Hewitson. (2001). Regional Climate Information Evaluation and Projections, in Climate Change, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 121: 1413-1449. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.07.037.

Giupponi, C., and Gain, A. K. (2020). Integrated water resources management (IWRM) for climate change adaptation. Regional Environmental Change, 17(7), 1865-1867.

Gohari, A., Mirchi, A., and Madani, K. (2019). System dynamics evaluation of climate change adaptation strategies for water resources management in central Iran. Water Resources Management, 31(5), 1413-1434.

Hashemi-Ana, S. K., Khosravi, M., and Tavousi, T. (2015). Validation of AOGCMs Capabilities for Simulation Length of Dry Spells under the Climate Change in the Southwestern Area of Iran. Open Journal of Air Pollution, 4(02), 76-85.

Hassanzadeh E, Zarghami M and Hassanzadeh Y, 2012. Determining the main factors in declining the Urmia Lake level by using system dynamics modeling, Water Resources Management 26(1): 129-145.

Howitt, R.E., J. Medellin-Azuara, D. MacEwan, and R. Lund. (2012). Calibrating Disaggregate Economic Models of Agricultural Production and Water Management. Science of the Environmental Modeling and Software, 38: 244-258.

Kronaveter L and Shamir U, (2018). Negotiation support for cooperative allocation of a shared water resource: Methodology. Journal of Water Resources Planning and Management 135(2): 60-69.

Mehrparvar, M., Ahmadi, A., and Safavi, H. R. (2016). Social resolution of conflicts over water resources allocation in a river basin using cooperative game theory approaches a case study. International Journal of River Basin Management, 14(1), 33-45.

Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N. W., Clark, D. B., and Gosling, S. N. (2014). Multimodel assessment of water scarcity under climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(9), 3245-3250. http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1222460110.

Selvaraj RS, Selvis T .(2010). Stochastic modeling of daily precipitation at Aduthurai in India. International journal of climatology, 11(3), pp, 20-29.

Sharma, P. J., Patel, P. L., and Jothiprakash, V. (2016). Efficient discretization of state variables in stochastic dynamic programming model of Ukai reservoir, India. ISH Journal of Hydraulic Engineering, 22(3), 293-304.

Van der Zaag P, (2017). Integrated water resources management: relevant concept or irrelevant buzzword? A capacity building and research agenda for Southern Africa. Physics and Chemistry of the Earth 30: 867–871.

Yu.pao-shan, Y.Tao-Chang and W.chih-Kang (2017)."Impact of climate change on water resources in southern Taiwan ".J.Hidro.260:161-175. https://doi.org/ soo22-1694(01)00614-x.

Zeleny, M. (2012). Multiple criteria decision making Kyoto (1975), Springer Science and Business Media. University of South Carolina Press, Columbia, USA. (Vol. 2).

Zmudzka, E. (2004). The Climatic Background of Agricultural Production in Poland 1951-2000, Miscellanea Geographic, 11: 127-137.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

University of Sistan and Baluchestan
Journal of Natural Environment Hazards
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

References

References (in Persian)

Afzali, Z., Zare Mehrjerdi., Nabi, S .(2018). Prioritization of Jiroft Dam water resources allocation under drought approach using fuzzy ideal option similarity technique (FTOPSIS), Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering, 33 (9), pp 112-124. [In Persian].

Akbarifard, S., Ghaderi, C., Bakhtiari, B. (2018). Optimal allocation of water resources using water cycle algorithm (Case study: Gorganrood Basin). Journal of Water Resources Engineering, 11 (36), pp 33-46. [In Persian].

Emami, SH., Kheiri Ghojeh Biglou, M. (2021). Optimal and economic allocation of water in irrigation and drainage network using a meta-innovative algorithm (ICA), Case study: Sufi-Chai network, Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering, 10 (3), pp 25-39. [In Persian].

Habibi Davijani, M., Bani Habib, M., Hashemi, S .R. (2013). Optimization model of water resources allocation in agriculture, industry, and services using advanced GAPSO algorithm, Journal of Water and Soil, Agricultural Sciences and Industries, No. 27 (4), pp 691-680. [In Persian].

Khashei Siouki, A., Kouchakzadeh, G. (2014). Application of agricultural water allocation and management using optimization technique (PSO) Case study: Neishabour plain, water, and soil, 27 (2), pp 292-303. [In Persian].

Dadmand, F., Naji Azimi, Z., Motahari Farimani, N., Davari, K. (2021). Optimal allocation of water resources in critical conditions under the uncertainty of parameters with emphasis on maintaining the stability of water resources using the method of achieving the ideal (Case study: Mashhad), Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 15 (2), pp 388-401. [In Persian].

Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Regional Water Company (https://www.kbrw.ir). [In Persian].

Shamsipoor, A. (2013). Climatic Modeling Theory and Method, University of Tehran Press, First Edition. [In Persian].

Safari, N., Zarghami, M. (2014). Optimal allocation of surface water resources of Urmia Lake basin to beneficiary provinces by decision-making methods, water and soil knowledge (agricultural knowledge), 23 (1), pp 135-149. [In Persian].

Abdoli, H., Mahajer, Tiam. (2019). Game theory and its application in the optimal allocation of water resources. Program and Development Research 1 (3), pp 123-166. [In Persian].

Ghorbani, Behzad. (2009). Water supply and demand and the challenges ahead in Iran, the first international conference on water crisis, Zabol University, March 1999. [In Persian].

Masoudian, S. A. (2012). Iran Climate, Sharia Toos Publications, First Edition. [In Persian].

Nasiri Gheidari, O., Maroufi, S. (2020). Decision Making Water Allocation in Uncertainty Conditions Using Stable Peer Multipurpose Optimization, Journal of Water and Soil Conservation Research, 25 (2), pp 714-89. [In Persian].

Hashemi Ana, S. K. (2020) Iran Climate Future (with Emphasis on Dry spells), First Edition, Minofar Publications, Mashhad. [In Persian].

Hashemi Ana, S. K. (2021). Classification of changes in the length of rainfall-dependent dry spells in Iran. Natural Geography, 14 (53), pp 39-55. [In Persian].

References (in English)

Babel, M. S., Das Gupta. A. Nayak D. K. (2005). A model for optimal allocation of water to competing demands. Water resources management, 19 (6): 693-712.

Bielsa J. and Duarte R. (2018). 'An economic model for water allocation in north eastern Spain', Water Res. Dev. 17(3), 397–410.

Carlos, M. Nagesh Kumar, D.Sorez, F. (2019). Optimal reservoir operation for irrigation of multiple crops using elitist-mutated particle swarm optimization. Hydrology Science Journal, 52(4): 686-701.

Chen, Y. N., Li, W. H., Xu, C. C., and Hao, X. M. (2007). Effects of climate change on water resources in Tarim River Basin, Northwest China. Journal of Environmental Sciences, 19(4), 488-493.

Ficklin, Darren L., Yuzhou Luo, Eike Luedeling, and Minghua Zhang (2009). "Climate change sensitivity assessment of a highly agricultural watershed using SWAT." Journal of Hydrology 374, no. 1-2 (2009): 16-29. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.05.016.

Gaitan, Carlos F., William W. Hsieh, and Alex J. Cannon. (2019). Comparison of statistically downscaled precipitation in terms of future climate indices and daily variability for southern Ontario and Quebec, Canada." Climate Dynamics. 43:3201-3227.

Gayar, A. E., and Hamed, Y. (2018). Climate change and water resources management in Arab countries. In Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration (pp. 89-91). Springer, Cham.

Georgi, F. and B. Hewitson. (2001). Regional Climate Information Evaluation and Projections, in Climate Change, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 121: 1413-1449. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.07.037.

Giupponi, C., and Gain, A. K. (2020). Integrated water resources management (IWRM) for climate change adaptation. Regional Environmental Change, 17(7), 1865-1867.

Gohari, A., Mirchi, A., and Madani, K. (2019). System dynamics evaluation of climate change adaptation strategies for water resources management in central Iran. Water Resources Management, 31(5), 1413-1434.

Hashemi-Ana, S. K., Khosravi, M., and Tavousi, T. (2015). Validation of AOGCMs Capabilities for Simulation Length of Dry Spells under the Climate Change in the Southwestern Area of Iran. Open Journal of Air Pollution, 4(02), 76-85.

Hassanzadeh E, Zarghami M and Hassanzadeh Y, 2012. Determining the main factors in declining the Urmia Lake level by using system dynamics modeling, Water Resources Management 26(1): 129-145.

Howitt, R.E., J. Medellin-Azuara, D. MacEwan, and R. Lund. (2012). Calibrating Disaggregate Economic Models of Agricultural Production and Water Management. Science of the Environmental Modeling and Software, 38: 244-258.

Kronaveter L and Shamir U, (2018). Negotiation support for cooperative allocation of a shared water resource: Methodology. Journal of Water Resources Planning and Management 135(2): 60-69.

Mehrparvar, M., Ahmadi, A., and Safavi, H. R. (2016). Social resolution of conflicts over water resources allocation in a river basin using cooperative game theory approaches a case study. International Journal of River Basin Management, 14(1), 33-45.

Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N. W., Clark, D. B., and Gosling, S. N. (2014). Multimodel assessment of water scarcity under climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(9), 3245-3250. http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1222460110.

Selvaraj RS, Selvis T .(2010). Stochastic modeling of daily precipitation at Aduthurai in India. International journal of climatology, 11(3), pp, 20-29.

Sharma, P. J., Patel, P. L., and Jothiprakash, V. (2016). Efficient discretization of state variables in stochastic dynamic programming model of Ukai reservoir, India. ISH Journal of Hydraulic Engineering, 22(3), 293-304.

Van der Zaag P, (2017). Integrated water resources management: relevant concept or irrelevant buzzword? A capacity building and research agenda for Southern Africa. Physics and Chemistry of the Earth 30: 867–871.

Yu.pao-shan, Y.Tao-Chang and W.chih-Kang (2017)."Impact of climate change on water resources in southern Taiwan ".J.Hidro.260:161-175. https://doi.org/ soo22-1694(01)00614-x.

Zeleny, M. (2012). Multiple criteria decision making Kyoto (1975), Springer Science and Business Media. University of South Carolina Press, Columbia, USA. (Vol. 2).

Zmudzka, E. (2004). The Climatic Background of Agricultural Production in Poland 1951-2000, Miscellanea Geographic, 11: 127-137.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی