ASPI | Afarand Scholarly Publishing Institute; Turkey
ISSN: 2538-4384; Geographical Researches. 2024;39(3):259-267 10.58209/geores.39.3.259

Preparation and Integration of Maps and Digital Data Related to Water Capacities

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Behrawan H.[1]* *PhD*
Sharifi F.[2] *PhD*

How to cite this article
Behrawan H, Sharifi F. Preparation and Integration of Maps and Digital Data Related to Water Capacities. Geographical Researches. 2024;39(3):259-267.

[1]Department of Soil Conservation and Watershed Management, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Tabriz, Iran
[2]Department of Hydrology and Water Resources Development, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran

Correspondence
Address: Department of Soil Conservation and Watershed Management, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, 2km after Police Road, Tabriz-Azershahr Road, Tabriz, Iran. Postal Code: 5153715898
Phone: +98 (41) 32443094
Fax: +98 (41) 35280942
h.behrawan@areeo.ac.ir

Article History
Received: March 13, 2024
Accepted: June 28, 2024
ePublished: July 15, 2024

ABSTRACT

Aims Knowledge of water capacities is one of the main components of decision-making for optimal use of resources, watersheds and prevention of damage from natural events such as flood and drought and simultaneous management of water supply and demand. In this study, extraction of physical parameters, conversion of rainfall point data into regional data, analysis of evaporation and transpiration data, and aggregation of data in a database in order to develop a spatial database, integration of water capacity maps were investigated.

Methodology The current research is a quantitative study in Hamedan Province and analyzes different spatial and temporal data. Therefore, the preparation and integration of the water capacity map and data in the grade seven watersheds located in Hamadan province, which was located in the humid and semi-humid climate zone, was done using geological, physiographic, rainfall, evaporation and discharge information.

Findings The maximum specific runoff in watershed No. 2235 is equal to 44.2 liters per second per square kilometer in May, and the lowest runoff in watershed No. 1327 is equal to 0.0 liters per second per square kilometer in August. The base flow index varies from 45.9 to 59.59, the maximum of which is related to watershed number 1327 and the minimum is related to watershed number 4122. The maximum snow line in April corresponds to watershed number 4122 at an altitude of 3954.7 meters and the minimum in February is 1363.2 meters in watershed number 1327.

Conclusion Permeability has medium to good status. The runoff threshold of the study area is located in humid and semi-humid climate. The maximum snow line is in April and the minimum is in February. The snow retention line in this month is at the lowest height compared to other cold months of the year.

Keywords Water Capacities; Humid and Semi-Humid Areas; Surface Flows

CITATION LINKS

[Akhavan *et al.*, 2018] Modeling spatial changes of blue water and green water (case study: Hamadan province); [Alizadeh & Keshavarz, 2005] Status of agricultural water use in Iran. In: Water conservation, reuse, and recycling: Proceedings of an Iranian-American workshop; [Arnold *et al.*, 2000] Regional estimation of base flow and groundwater recharge in the Upper Mississippi river basin; [Chiew & Mcmahon, 2003] El Niño/Southern Oscillation and Australian rainfall and streamflow; [Gleick, 2003] Global freshwater resources: Soft-path solutions for the 21st century; [Hao *et al.*, 2018] Comparison between the TOPMODEL and the Xin'anjiang model and their application to rainfall runoff simulation in semi-humid regions; [Helsel *et al.*, 2002] Statistical methods in water resources; [McMillan *et al.*, 2016] Panta Rhei 2013-2015: Global perspectives on hydrology, society and change; [Mishra & Singh, 2004] Long-term hydrological simulation based on the soil conservation service curve number; [Mohammadi & Dastoorani, 2017] Assessment of basin stability using watershed stability index method; [Pahl-Wostl, 2007] Transitions towards adaptive management of water facing climate and global change; [Rasooli & Tahmasbi Pour, 2014] Investigation and importance of water resources management in Hamadan province (main basins); [Sheikh Gudarzi *et al.*, 2018] Investigating performance of the conceptual models in river hydrologic simulation; [Shi *et al.*, 2019] Rainfall-runoff processes and modelling in regions characterized by deficiency in soil water storage; [Simmers, 2003] Understanding water in a dry environment: Hydrological processes in arid and semi-arid zones; [Smith *et al.*, 2002] Infiltration theory for hydrologic applications; [Tehrany *et al.*, 2013] Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS; [Vörösmarty *et al.*, 2010] Global threats to human water security and river biodiversity; [Wei *et al.*, 2014] Effects of surficial condition and rainfall intensity on runoff in a loess hilly area, China; [Wunderle *et al.*, 2002] Spatial and temporal analysis of the snow line in the Alps: Based on NOAA-AVHRR data; [Yari *et al.*, 2019] Underlying factors affecting death due to flood in Iran: A qualitative content analysis; [Yazdani *et al.*, 2015] Flood warning system established by the integrated management of hydrological and hydraulic modeling; [Zand & Samai, 2017] Investigation on amount and intensity of rainfalls in flood generation in Khorramabad basin; [Zhang *et al.*, 2014] Uncertainties in SWAT extreme flow simulation under climate change;

Copyright© 2024, the Authors | Publishing Rights, ASPI. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

تهیه و یکپارچه‌سازی نقشه‌ها و داده‌های رقومی مرتبط با ظرفیت‌های آبی

هوشنگ بهروان* PhD
بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، تبریز، ایران
فرود شریفی PhD
گروه تحقیقات مهندسی هیدرولوژی و توسعه منابع آب، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران

چکیده

اهداف: شناخت ظرفیت‌های آبی از مولفه‌های اصلی تصمیم‌گیری برای استفاده بهینه از منابع، حوضه‌های آبخیز و جلوگیری از خسارت وقایع طبیعی چون سیل و خشکسالی و مدیریت همزمان عرضه و تقاضای آب به شمار می‌رود. در این مطالعه استخراج پارامترهای فیزیکی، تبدیل اطلاعات نقطه‌ای بارندگی به اطلاعات منطقه‌ای، تحلیل اطلاعات تبخیر و تعرق و تجمیع اطلاعات در بانک اطلاعاتی به منظور توسعه پایگاه داده‌های مکانی، یکپارچه‌سازی نقشه‌های ظرفیت آبی انجام شد.

روش‌شناسی: پژوهش از نوع مطالعات کمّی بود و داده‌های مختلف مکانی و زمانی استان همدان را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. بنابراین تهیه و یکپارچه‌سازی نقشه و داده‌های ظرفیت آبی در حوضه‌های آبخیز درجه هفت واقع در استان همدان که در منطقه اقلیمی مرطوب و نیمه‌مرطوب واقع شده، با استفاده از اطلاعات زمین‌شناسی، فیزیوگرافی، بارندگی، تبخیر و دبی انجام شد.

یافته‌ها: حداکثر رواناب ویژه در حوضه شماره ۲۲۳۵ برابر با ۴۴/۲ لیتر بر ثانیه بر کیلومتر مربع و در ماه اردیبهشت بود و کمترین رواناب در حوضه شماره ۱۳۲۷ برابر با ۰/۰ لیتر بر ثانیه بر کیلومتر مربع در مرداد ماه بود. شاخص جریان پایه از ۴۵/۹ تا ۵۹/۵ متغیر بود که حداکثر مربوط به حوضه آبخیز شماره ۱۳۲۷ و حداقل آن مربوط به حوضه آبخیز شماره ۴۱۲۲ بود. حداکثر خط برف در فروردین ماه مربوط به حوضه آبخیز شماره ۴۱۲۲ در ارتفاع ۳۹۵۴/۷ متر و حداقل آن در ماه بهمن ۱۳۶۳/۲ متر در حوضه شماره ۱۳۲۷ بود.

نتیجه‌گیری: نفوذپذیری در وضعیتی متوسط تا خوب است. آستانه شروع رواناب منطقه مورد مطالعه در اقلیم مرطوب و نیمه‌مرطوب قرار دارد. حداکثر خط برف در فروردین ماه حداقل آن در ماه بهمن است. خط ماندگاری برف در این ماه نسبت به سایر ماه‌های سرد سال در پایین‌ترین ارتفاع قرار دارد.

کلیدواژگان: ظرفیت‌های آبی، مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب، جریان‌های سطحی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۰۸

*نویسنده مسئول: h.behrawan@areeo.ac.ir

مقدمه

مدیریت منابع آب به‌ویژه در مناطق مستعد رویدادهای طبیعی مانند سیل و خشکسالی یک چالش حیاتی است. استان همدان که در منطقه اقلیمی مرطوب و نیمه‌مرطوب قرار دارد، در مدیریت موثر منابع آبی خود با چالش‌های مهمی مواجه است. حساسیت منطقه به رویدادهای شدید آب و هوایی، نیاز به دانش جامع از ظرفیت‌های آب، از جمله پارامترهای کلیدی مانند بارندگی، تبخیر، تعرق و رواناب را نشان می‌دهد [Zand & Samai, 2017]. این دانش برای استفاده بهینه از منابع، مدیریت موثر حوضه آبخیز و جلوگیری از خسارات ناشی از بلایای طبیعی ضروری است. با این حال، وضعیت کنونی داده‌های مربوط به ظرفیت‌های آبی استان همدان، پراکنده و فاقد یکپارچگی لازم است. این پراکندگی مانع از توانایی حمایت از تصمیم‌گیری و استراتژی‌های مدیریت موثر می‌شود که خود منجر به استفاده ناکارآمد از منابع آب و افزایش آسیب‌پذیری در برابر رویدادهای طبیعی می‌شود [Rasooli & Tahmasbi Pour, 2014].

اهمیت مدیریت یکپارچه منابع آب در مطالعات متعدد بیان شده است و بر نقش حیاتی آن در پرداختن به چالش‌های چندوجهی ناشی از تنوع آب و هوا و فعالیت‌های انسانی تاکید شده است. به گفته *پهل ووستل*، برای حصول اطمینان از اینکه تمام جنبه‌های چرخه آب در نظر گرفته شده و به طور موثر مدیریت می‌شوند، مدیریت یکپارچه منابع آب حیاتی است و یک رویکرد جامع را تسهیل می‌کند [Pahl-Wostl, 2007]. این اقدام به هماهنگ‌کردن فعالیت‌ها و سیاست‌های مختلف مرتبط با آب کمک می‌کند و در نهایت منجر به استفاده پایدارتر از آب و حفاظت از اکوسیستم‌های آبی می‌شود. به طور مشابه، *مک میلان* و همکاران بر نیاز به پایگاه‌های اطلاعاتی فضایی تاکید کرده‌اند که داده‌های هیدرولوژیکی مختلف را برای بهبود شیوه‌های مدیریت آب ادغام می‌کنند. این پایگاه‌های اطلاعاتی دید جامعی از منابع آب را ارایه می‌دهند و امکان ارزیابی دقیق‌تر و تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر را فراهم می‌سازند. آنها امکان ادغام مجموعه داده‌های متنوع از جمله داده‌های هیدرولوژیکی، هواشناسی و اجتماعی-اقتصادی را فراهم می‌کنند که برای توسعه استراتژی‌های مدیریت آب قوی ضروری هستند [McMillan *et al.*, 2016]. *گلیک* با حمایت بیشتر از اهمیت مدیریت یکپارچه منابع آب، نیاز به ترکیب ملاحظات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی را در شیوه‌های مدیریت آب برای دستیابی به توسعه پایدار برجسته می‌کند [Gleick, 2003]. *وورسمارتی* و همکاران با تاکید بر نیاز به استراتژی‌های مدیریت تطبیقی که به شرایط محیطی در حال تغییر پاسخ می‌دهند، در مورد اینکه چگونه رویکردهای یکپارچه می‌توانند اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب را کاهش دهند، بحث کردند [Vörösmarty *et al.*, 2010].

در ایران، تحقیقات *علیزاده* و *کشاورز* به اهمیت درک ظرفیت‌های آب منطقه‌ای برای کشاورزی و برنامه‌ریزی شهری پایدار اشاره می‌کند. با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران، مدیریت کارآمد آب برای حمایت از بهره‌وری کشاورزی و توسعه شهری حیاتی است [Alizadeh & Keshavarz, 2005]. چندین روش در سطح جهانی برای مقابله با چالش‌های مشابه به کار گرفته شده است. به عنوان مثال، استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فنّاوری‌های سنجش از دور در نقشه‌برداری و تحلیل منابع آب موثر بوده است [Tehrany *et al.*, 2013]. این فنّاوری‌ها امکان جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل مجموعه داده‌های بزرگ را فراهم

می‌کنند و بینش دقیقی را در مورد توزیع و پویایی منابع آب ارایه داده و تجسم روابط و الگوهای فضایی را امکان‌پذیر می‌کند، در حالی که سنجش از دور داده‌های زمان واقعی را در مورد پارامترهایی مانند رطوبت خاک، سلامت پوشش گیاهی و بدنه‌های آبی ارایه می‌دهد [Yazdani *et al.*, 2015].

علاوه بر این، نشان داده شده است که مدل‌سازی هیدرولوژیکی و ادغام پارامترهای فیزیکی مانند داده‌های بارش و تبخیر، دقت ارزیابی منابع آب را افزایش می‌دهد [Sheikh Gudarzi *et al.*, 2018]. مدل‌های هیدرولوژیکی حرکت و توزیع آب را در یک حوضه شبیه‌سازی می‌کنند و به پیش‌بینی اثرات سناریوهای مختلف مدیریتی و شرایط آب و هوایی کمک می‌کنند. با ترکیب منابع داده‌های متعدد و تکنیک‌های مدل‌سازی، محققان می‌توانند استراتژی‌های مدیریت آب دقیق‌تر و قابل اعتمادتری را توسعه دهند [Yari *et al.*, 2019].

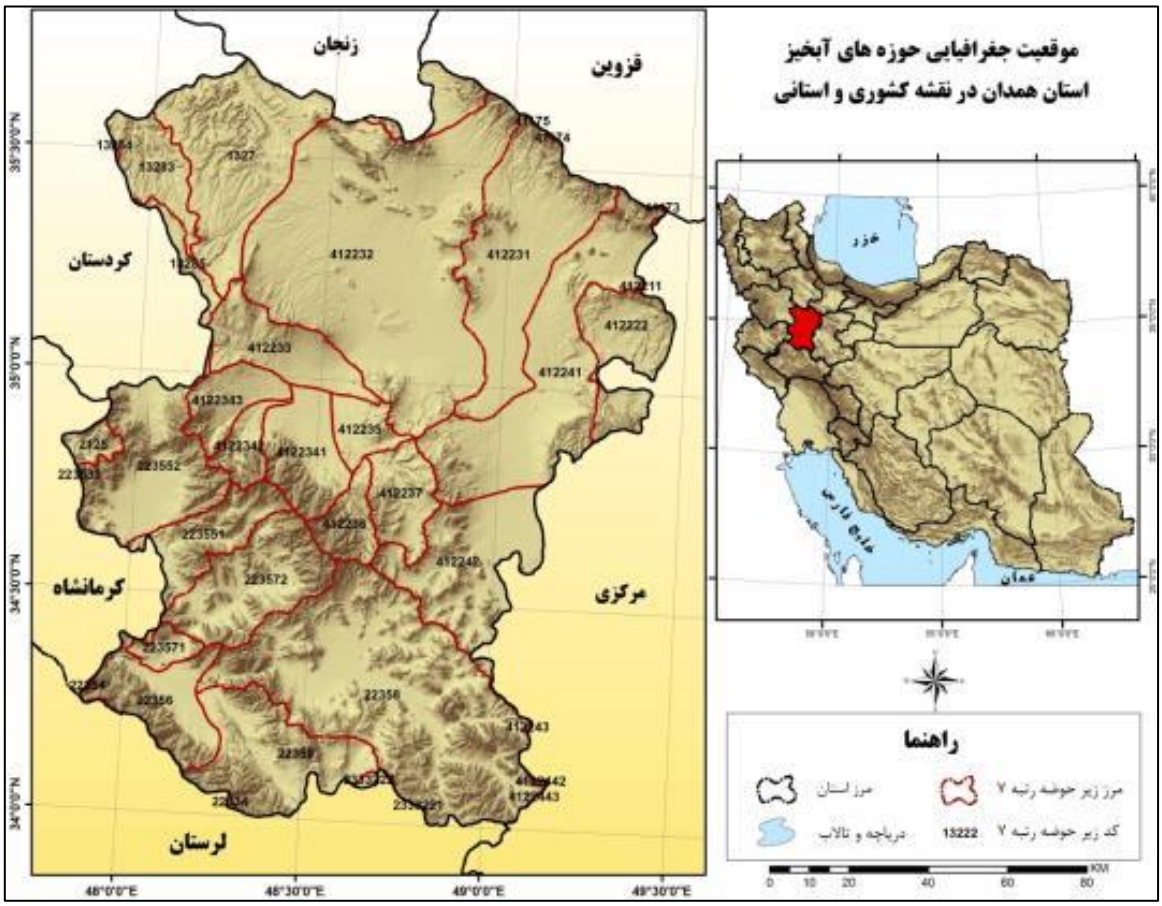
با وجود این پیشرفت‌ها، استان همدان فاقد رویکرد جامع و یکپارچه برای نقشه‌برداری و مدیریت منابع آبی است. این شکاف ضرورت مطالعه متمرکز بر تهیه و ادغام نقشه‌ها و داده‌های دیجیتال مربوط به ظرفیت‌های آبی منطقه را برجسته می‌کند. بدون چنین ادغامی، توسعه راهبردهای مدیریت آب موثر که بتواند چالش‌های منحصربه‌فرد استان را برطرف کند، دشوار است. یک پایگاه داده مکانی دقیق و یکپارچه امکان نظارت، ارزیابی و مدیریت بهتر منابع آب را فراهم می‌کند و در نهایت منجر به بهبود انعطاف‌پذیری در برابر اثرات آب و هوا و توسعه پایدار می‌شود [Akhavan *et al.*, 2018].

این مطالعه به چند دلیل حیاتی است. در مرحله اول، نیاز به یک پایگاه داده که پارامترهای مختلف هیدرولوژیکی را ادغام می‌کند، وجود دارد. چنین پایگاه داده‌ای برای تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد مدیریت منابع آب، مدیریت حوضه آبخیز و آمادگی در برابر بلایا حیاتی است. با ارایه یک دید جامع از منابع آب، پایگاه داده امکان ارزیابی دقیق‌تر و تصمیم‌گیری‌های آگاهانه‌تر را فراهم می‌کند. ثانیاً، ادغام نقشه‌ها و داده‌های دیجیتال، شناسایی مناطق بحرانی مستعد سیل یا خشکسالی را تسهیل می‌کند و در نتیجه اقدامات پیشگیرانه را برای کاهش خسارات احتمالی ممکن می‌سازد. درک توزیع فضایی منابع آب و شناسایی مناطق آسیب‌پذیر برای توسعه راهبردهای کاهش موثر ضروری است. در نهایت، این مطالعه با ارایه مدلی برای سایر مناطقی در حوزه وسیع‌تر هیدرولوژی و مدیریت زیست‌محیطی که با چالش‌های مشابه مواجه هستند، کمک خواهد کرد. روش‌شناسی و یافته‌های این مطالعه می‌تواند در سایر مناطق نیز اعمال شود و به بهبود شیوه‌های مدیریت آب در سطح جهانی کمک کند.

اهداف اولیه این پژوهش به شرح زیر است: استخراج و تجزیه و تحلیل پارامترهای فیزیکی مانند داده‌های بارندگی، تبخیر و تعرق در استان همدان که این تجزیه و تحلیل درک دقیقی از چرخه آب ارایه می‌دهد و به شناسایی عوامل کلیدی موثر بر در دسترس‌بودن آب کمک می‌کند. همچنین، تبدیل داده‌های بارش نقطه‌ای به داده‌های منطقه‌ای برای درک تغییرات مکانی، با هدف ارایه دید جامع‌تری از توزیع بارندگی و تاثیر آن بر منابع آب، از دیگر اهداف این پژوهش است. علاوه بر این، تجمیع و ادغام داده‌های مختلف هیدرولوژیکی در یک پایگاه داده فضایی جامع که به عنوان یک مخزن مرکزی برای تمام داده‌های مرتبط عمل می‌کند و دسترسی و تجزیه و تحلیل آسان را تسهیل می‌کند، در نظر گرفته شده است. تهیه نقشه تفصیلی ظرفیت آب حوضه‌های آبخیز درجه هفت استان همدان که بینش ارزشمندی را در مورد توزیع و پویایی منابع آب در حوضه‌های مختلف ارایه می‌دهد، از دیگر اهداف مهم این پژوهش است. همچنین، ارزیابی رواناب، شاخص جریان پایه و تغییرات خط برف در حوضه‌های آبخیز مختلف در منطقه که درک این تغییرات برای مدیریت موثر آب و آمادگی در برابر بلایا بسیار مهم است، نیز مد نظر قرار گرفته است. در نهایت، ارایه بینش در مورد آستانه نفوذپذیری و رواناب بر اساس مطالعات زمین‌شناسی، که این بینش‌ها به شناسایی مناطق با پتانسیل نفوذپذیری و رواناب بالا کمک می‌کند و به توسعه استراتژی‌های مدیریت آب موثر کمک میکند، از اهداف این پژوهش محسوب می‌شود. با دستیابی به این اهداف، این مطالعه با هدف ارتقای درک ظرفیت‌های آب در استان همدان و حمایت از مدیریت و برنامه‌ریزی موثر منابع آب انجام شد.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع کاربردی بوده و در سال ۱۳۹۰ در استان همدان انجام شد. این پژوهش با استفاده از رویکرد کمّی و تمرکز بر جمع‌آوری و تحلیل داده‌های مکانی و زمانی از منابع مختلف، به بررسی ظرفیت‌های آبی استان همدان پرداخت. داده‌های اولیه شامل اطلاعات زمین‌شناسی، فیزیوگرافی، بارندگی، تبخیر و دبی بودند. برای این منظور، از ۱۲ حوضه آبخیز معرف وزارت نیرو استفاده شد. استان همدان در غرب ایران و در منطقه‌ای کوهستانی با تفاوت ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر قرار دارد. بلندترین نقطه آن قله الوند با ارتفاع ۳۵۷۴ متر و پست‌ترین نقطه عمرآباد با ۱۵۵۵ متر ارتفاع است. آب و هوای استان تحت تاثیر توده‌های هوایی مدیترانه‌ای و ارتفاعات زیاد قرار دارد که منجر به بارش باران و برف فراوان می‌شود. زمستان‌ها سرد و پربرف و تابستان‌ها معتدل است. رودخانه‌های متعددی از جمله سیمینه رود، قره‌چای و گاماسیاب در استان جریان دارند که برخی از آنها در تابستان خشک می‌شوند. چشمه‌ها و تالاب‌های متعددی نیز منابع آب استان را تشکیل می‌دهند (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه به حوضه‌های آبخیز درجه هفت تقسیم شد که این سطح از طبقه‌بندی بینش دقیقی از دینامیک هیدرولوژیکی منطقه ارایه می‌دهد. در این پژوهش، برای شناخت چرخه هیدرولوژی و منابع آب، از شاخص بارش پیشین (Actual Precipitation Index: API) با استفاده از دو رابطه متفاوت استفاده شد. این شاخص‌ها برای دوره‌های مختلف (۱ تا ۳۰ روز) محاسبه و با رواناب حوضه‌ها همبستگی برقرار شد.



شکل ۱) نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

روابط بسیار زیادی در رابطه با شاخص بارش پیشین وجود دارد. در این پژوهش دو رابطه کاربردی محاسبه شاخص بارش پیشین مورد استفاده قرار گرفت (روابط ۱ و ۲). با استفاده از دو رابطه متفاوت ۱ و ۲ برای کلیه حوضه‌های معرف، محاسبات انجام و سپس بین هر دو شاخص با روزهای پیشین ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ روزه با رواناب کلیه حوضه‌ها همبستگی برقرار و نتایج مقایسه شد.

$$API = a1P1 + a2P2 + \cdots + atPt$$ **رابطه ۱)**

که در آن:

Pt: ارتفاع بارش در t روز قبل از بارش به میلی‌متر

at: ضریب ثابت که به صورت زیر است.

$$at = kt$$

k: ضریب ثابت کاهش رطوبت خاک که مقدار آن بین ۰/۸۵ تا ۰/۹۸ است. مقدار API را برای ۲۰ تا ۶۰ روز و اغلب ۳۰ روز محاسبه می‌کنند.

$$API_i = KAPI_{i-1} + P$$ **رابطه ۲)**

که در آن:

API_i: مقدار API در روز i ام

API_{i-1}: مقدار API در روز قبل از روز i ام

P_{i-1}: ارتفاع بارش در روز قبل از روز i ام

K: ضریب کاهش رطوبت خاک

API: در گام زمانی روزانه محاسبه می‌شود.

شاخص API در گام زمانی روزانه محاسبه می‌شود.

در مطالعات هیدرولوژیکی با استفاده از مدل AWBM (Australian Water Balance Model)، اطلاعات اولیه مانند آمار هواشناسی، داده‌های هیدرومتری، نقشه‌ها و مشخصات ایستگاه‌ها جمع‌آوری و تحلیل شدند. برای این منظور داده‌های اولیه از ۱۰۹۸ ایستگاه هیدرومتری جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نقشه‌های تهیه شده از GIS حوضه‌ها و زیرحوضه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. مراحل بعدی حوضه شامل کنترل داده‌های ایستگاه و طبقه‌بندی بر اساس سال‌های آماری، تکمیل داده‌های رواناب، استفاده از ایستگاه‌های هیدرومتری با حوضه‌های کاری و انتخاب تابع هدف بود.

محاسبه عدد منحنی (CN) شامل جمع‌آوری داده‌های بارندگی و رواناب، تطبیق مختصات بارش و ایستگاه‌های هیدرومتری با زیرحوضه‌ها، تخمین میانگین ماهانه بارندگی و رواناب، و محاسبه CN و منحنی تطبیق بود.

برای حوضه آبخیز کرخه، منحنی‌های مدت جریان با استفاده از داده‌های میانگین جریان روزانه ایستگاه‌ها و با درنظرگرفتن سه نوع جریان حداکثر، نرمال و حداقل ایجاد شد. داده‌های میانگین جریان روزانه ایستگاه‌ها برای رسم منحنی‌های مدت جریان استفاده شد. برای این منحنی‌ها، سه نوع جریان در نظر گرفته شد؛ جریان حداکثر (جریان کمتر از ۲۵٪ سال)، جریان نرمال (جریان ۲۵٪ تا ۷۵٪ سال) و جریان حداقل (جریان بیش از ۷۵٪ سال). برای محاسبه احتمال وقوع برای هر جریان روزانه از فرمول Weibull استفاده شد که در نتیجه ۱۴ جریان با فرکانس‌های مختلف برای هر ایستگاه به‌دست آمد [Helsel *et al.*, 2002].

تحلیل عاملی برای ۱۶ متغیر اندازه‌گیری شده در ۲۸ حوضه منتخب با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۱۷ انجام شد. ماتریس وزن عامل با استفاده از تحلیل مولفه‌های اصلی و چرخش واریمکس به‌دست آمد. عوامل مهم محدود به محیط، ارتفاع حوضه، ضریب گراولیوس و ابعاد مستطیل معادل بود.

مدل ISDI (Iranian Soil Dryness Index) برای تخمین رواناب سطحی و پیش‌بینی رفتار حوضه در حال توسعه با استفاده از داده‌های بارش، دبی و تبخیر روزانه استفاده شد. مدل SFBM (Soil Storage Base Flow Modified Model) برای تخمین نرخ جریان شامل پارامترهای ذخیره‌سازی سطحی، نفوذ آب، و ضریب جریان پایه استفاده شد [Zhang *et al.*, 2014].

منطقه بارش به عنوان منطقه‌ای تعریف شد که می‌توان اندازه‌گیری نقطه باران‌سنج را به آن تعمیم داد. روش‌های مختلفی مانند میانگین حسابی، چندضلعی‌های تیسن و ایزوهیت‌ها برای اندازه‌گیری این مورد استفاده شد. یک دوره ۳۰ساله داده‌های بارندگی سراسری با استفاده از روش تیسن جمع‌آوری شد.

مدل SFBM، یک مدل تعادل آب ساده برگرفته از مدل بوتون، برای تخمین نرخ جریان استفاده شد. این شامل پارامترهای ذخیره‌سازی سطحی، نفوذ آب، و ضریب جریان پایه، ترکیب ذخیره‌سازی رطوبت سطحی و زیرزمینی برای تخمین نرخ جریان با استفاده از بارش روزانه و داده‌های تبخیر بالقوه بود.

برای شاخص خشکی خاک، بازسازی آماری ایستگاه‌هایی با داده‌های کمتر از ۱۵ سال انجام شد که با ایستگاه‌هایی که داده‌های بیش از ۳۰ سال داشتند، همبستگی داشت و داده‌های تا ۱۵ سال را برای محاسبات بیشتر استفاده کرد. تغییرات دما در دو دوره ۱۵ساله با استفاده از داده‌های ۴۴۱ ایستگاه، محاسبه تفاوت در میانگین دمای ماهانه، حداکثر و حداقل دمای ماهانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

پوشش گیاهی و کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور مطالعه شدند. همچنین، تجزیه و تحلیل خط برف با استفاده از داده‌های دما و تصاویر ماهواره‌ای انجام شد. در نهایت، میانگین‌های منطقه‌ای بارندگی استان بر اساس محدوده‌های مطالعاتی کشوری به تفکیک زیرحوضه‌ها محاسبه شد. تجزیه و تحلیل خط برف با استفاده از داده‌های دما و تصاویر ماهواره‌ای انجام شد و مناطق پوشیده از برف را تعریف کرد. روش اول از گرادیان‌های دما برای شناسایی مناطق برفی استفاده کرد، در حالی که روش دوم از تصاویر ماهواره‌ای NOAA-AVHRR استفاده کرد [Wunderle *et al.*, 2002]. در نهایت میانگین‌های منطقه‌ای بارندگی استان بر اساس محدوده‌های مطالعاتی کشوری به تفکیک زیرحوضه‌ها توسط سازمان تماب با درنظرگرفتن تقسیمات طبیعی، توپوگرافی، مورفولوژیکی، اقلیمی و اداری محاسبه شد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. معیارهایی مانند میانگین، میانه، انحراف‌معیار و ضرایب همبستگی به منظور جمع‌بندی و تفسیر داده‌ها به کار رفتند. تجزیه و تحلیل رگرسیون نیز برای شناسایی روابط بین پارامترهای فیزیکی و ظرفیت آب انجام شد. داده‌های این پژوهش از پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری اخذ شد که بعد از مکاتبه و اخذ مجوز از مجری مسئول ذی‌ربط قابل ارایه است.

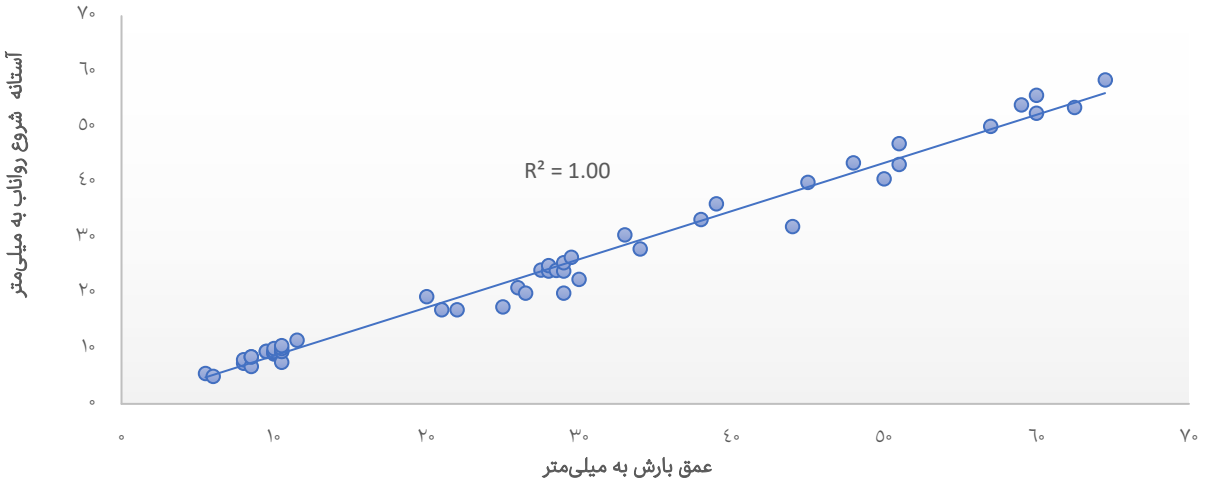
یافته‌ها

رواناب ماهانه و سطح پوشش حوضه‌های استان همدان

از آنجا که منطقه مورد مطالعه در اقلیم مرطوب و نیمه‌مرطوب قرار داشت، آستانه شروع و بیشینه رواناب نسبت به سایر مناطق کمتر شد. این بدان معنی است که مقدار تلفات بارش کمتر بوده و نفوذپذیری بیشتری داشتند و به همین دلیل اغلب حوضه‌های آبخیز، دارای آب پایه در همه روزهای سال بودند. رواناب ماهانه در غالب رودخانه‌ها در تمام ماه‌های سال آب جریان داشت (جدول ۱). آستانه شروع رواناب بیشترین همبستگی را با عمق بارش داشت (نمودار ۱). برای بررسی میزان تاثیر هر یک از متغیرهای عمق بارش، شدت بارش، عمق رواناب، درصد رس، درصد شن، درصد پوشش گیاهی و درصد شیب بر آستانه شروع رواناب از ضرایب همبستگی بین آستانه شروع رواناب و این متغیرها استفاده شد که با توجه به نتایج مشخص شد که متغیرهای موثر در آستانه شروع رواناب به‌ترتیب اهمیت عبارت از عمق بارش، عمق رواناب، شدت بارش، درصد پوشش، درصد شن، درصد رس و درصد شیب بودند.

جدول ۱) رواناب ماهانه و سطح پوشش حوضه‌های استان همدان (متر مکعب بر ثانیه و کیلومتر مربع)

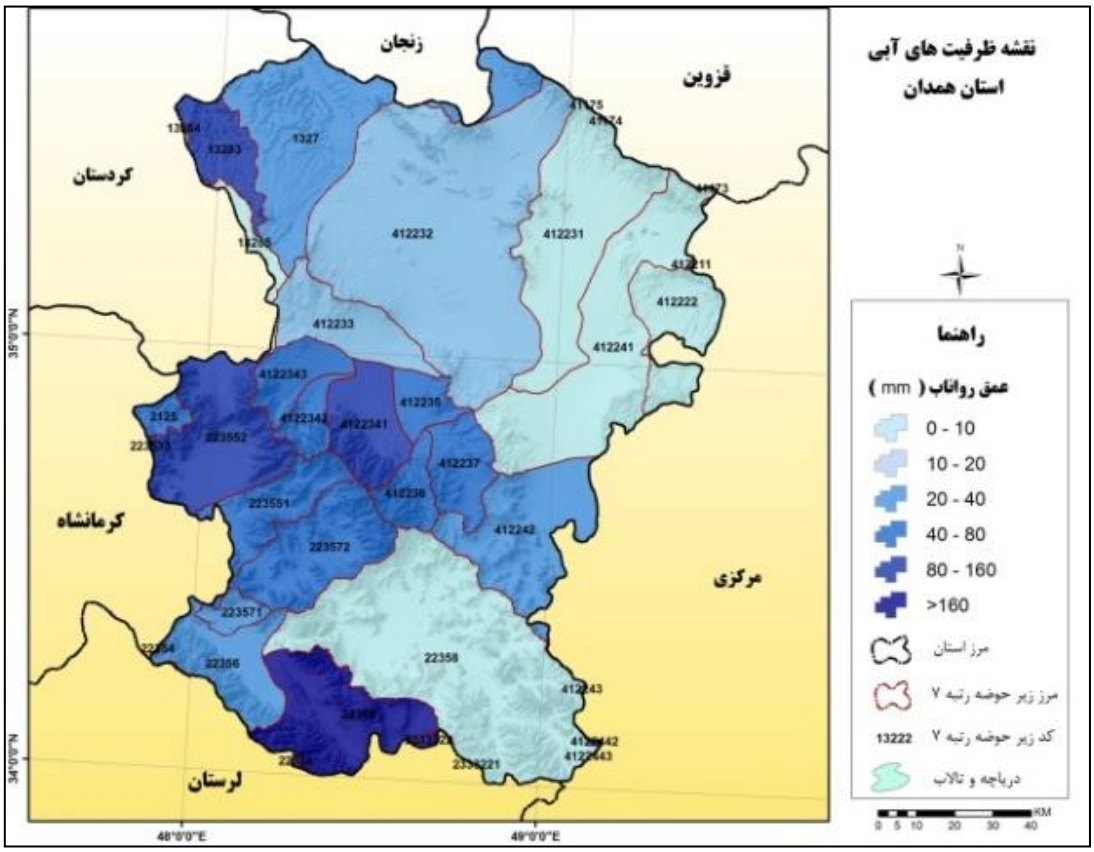
کد حوضه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	مساحت (کیلومتر مربع)
۱۳۲۷	۹/۵	۸/۱	۲/۱	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۴	۰/۲	۲/۱	۰/۳	۱۴۶۷/۹۰
۱۳۲۸	۷/۱	۵/۵	۲/۷	۱/۸	۱/۳	۱/۹	۳/۰	۳/۳	۲/۹	۳/۴	۵/۳	۳/۵	۵۱۱/۹
۲۱۲۵	۱۲/۷	۶/۹	۲/۱	۰/۸	۰/۶	۰/۴	۰/۷	۲/۹	¼	۵/۳	۹/۰	۵/۱	۱۰۷/۵۲
۲۲۳۵	۳۳/۵	۴۴/۲	۴۱/۳	۳۰	۲۰/۸	۱۷/۴	۲۰/۰	۲۰/۷	۱۸/۷	۲۲/۸	۲۴/۴	۱۹/۴	۶۶۷۴/۰۰
۴۱۲۲	۱۵/۴	۱۷/۴	۸/۷	۳/۲	۲/۰	۱/۵	۱/۶	۳/۳	۳/۵	۳/۹	۶/۲	۳/۸	۱۰۵۳۲/۳



نمودار ۱) رابطه بین عمق بارش-آستانه شروع رواناب

در این مطالعه، ضرایب همبستگی بین آستانه شروع رواناب و متغیرهای مختلف از جمله شدت بارندگی، عمق بارندگی، درصد رس، ماسه، پوشش گیاهی و درصد شیب در ۵۱ آزمایش نمونه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاکی از همبستگی مثبت بین آستانه شروع رواناب و شدت بارندگی (۰/۰۵۶) بود، در حالی که سایر متغیرها مانند عمق بارندگی (-۰/۰۸۵)، درصد رس (-۰/۱۲۷) و درصد شیب (-۰/۰۰۶) همبستگی منفی داشتند. مقادیر ضریب همبستگی برای درصد ماسه (۰/۱۱۹) و پوشش گیاهی (-۰/۱۲۷) نشان‌دهنده ارتباط ضعیف‌تر با آستانه شروع رواناب بود.

پارامترهای ثابت فروکش جریان پایه (K) و شاخص جریان پایه (BFI) برای چندین حوضه آبخیز استان همدان، محاسبه شد. مقادیر شاخص جریان پایه از ۴۵/۹ تا ۵۹/۵ در سراسر حوضه‌های مورد تجزیه و تحلیل متغیر بود. به طور خاص، حوضه ۱۳۲۷ BFI ۵۹/۵ را نشان داد، در حالی که حوضه ۱۳۲۸ دارای BFI کمی پایین‌تر از ۵۹/۰ بود. برای ثابت فروکش جریان پایه (K)، مقادیر از ۸۱/۱ تا ۹۴/۳ متغیر بود، که نشان‌دهنده تغییرپذیری در سرعت کاهش جریان پایه در این حوضه‌ها بود. حوضه ۲۱۲۵ کمترین مقدار K را با ۸۱/۱ نشان داد، در حالی که حوضه ۲۲۳۵ دارای بالاترین مقدار K با ۹۴/۳ بود (شکل ۲).



شکل ۲) نقشه ظرفیت‌های آبی استان همدان

نتایج بررسی همبستگی شاخص بارش پیشین با رواناب

نتایج روابط همبستگی بین شاخص بارش پیشین و رواناب حوضه کرند نشان داد تفاوت ضرایب تبیین از روز دهم به بعد محسوس (با مقدار بیش از ۴٪ تفاوت بین دو رابطه) و در روزهای قبل قابل اغماض بود (جدول ۲). بیشترین تفاوت ضرایب تبیین مربوط به شاخص بارش ۳۰ روز پیشین با مقدار ۲۱٪ بود. همچنین، بیشترین همبستگی شاخص بارش پیشین با رواناب نیز مربوط به همین شاخص با مقدار ۰/۶۱ در رابطه ۳ بود.

جدول ۲) رابطه همبستگی شاخص بارش پیشین با رواناب حوضه کرند

تعداد روزهای پیشین	رابطه API	معادله همبستگی	ضریب تبیین (R^2)
۱	۱	Q=0.0535API-0.2845	۰/۵۸
	۲	Q=0.0535API-0.2845	۰/۵۸
۲	۱	Q=0.0492API-0.24	۰/۶۱
	۲	Q=0.0483API-0.2305	*۰/۶۲
۳	۱	Q=0.0445API-0.1896	۰/۶۱
	۲	Q=0.0417API-0.1567	*۰/۶۲
۴	۱	Q=0.0445API-0.1969	۰/۶۰
	۲	Q=0.0417API-0.1637	۰/۶۱
۵	۱	Q=0.0428API-0.2	۰/۵۸
	۲	Q=0.0426API-0.2249	۰/۶۱
۶	۱	Q=0.0428API-0.2	۰/۵۸
	۲	Q=0.0426API-0.2249	۰/۶۱
۷	۱	Q=0.0418API-0.1977	۰/۵۵
	۲	Q=0.0414API-0.221	۰/۵۹
۱۰	۱	Q=0.0362API-0.1426	۰/۴۹
	۲	Q=0.0362API-0.22	۰/۵۶
۱۵	۱	Q=0.0308API-0.0757	۰/۴۴
	۲	Q=0.0197API+0.0563	۰/۴۶
۲۰	۱	Q=0.0257API-0.0441	۰/۴۳
	۲	Q=0.0203API-0.0702	۰/۵۲
۲۵	۱	Q=0.0086API+0.3607	۰/۱۹
	۲	Q=0.0114API+0.1342	۰/۳۷
۳۰	۱	Q=0.0057API+0.436	۰/۱۲
	۲	Q=0.013API+0.0003	۰/۴۲

* حداکثر ضریب تبیین حوضه کرند

جدول ۳) میانگین و انحراف معیار (مقادیر داخل پرانتز کمینه و بیشینه هستند) مناطق سه‌گانه در ماه های مختلف برای ۱۰۹۸ حوضه کشور

ماه	مرطوب و نیمه‌مرطوب	نیمه‌خشک	خشک
فروردین	۹/۱۹±۰/۱۷ (۱۰-۳۰)	۱۳/۰۰±۰/۲۴ (۳۰-۳۵)	۱۰/۰۰±۰/۱۸ (۴۰-۷۰)
آذر	۱۲/۰۰±۰/۲۰ (۱۰-۵۰)	۱۴/۰۰±۰/۲۴ (۱۰-۵۵)	۱۴/۰۰±۰/۲۳ (۴۵-۸۰)
دی	۹/۲۲±۰/۱۶ (۳۰-۵۵)	۱۲/۰۰±۰/۲۱ (۱۰-۴۵)	۱۴/۰۰±۰/۲۶ ۳۵-۷۰
بهمن	۱۰/۰۰±۰/۱۹ (۱۵-۵۰)	۰/۶۰±۰/۲۰ (۱۵-۴۰)	۱۲/۰۰±۰/۲۴ ۳۰-۷۰
اسفند	۹/۰۰±۰/۱۸ (۱۵-۴۰)	۱۱/۸۷±۰/۲۴ (۱۵-۳۵)	۸/۷۸±۰/۱۷ ۳۰-۶۰

محاسبه CN در حوضه‌های آبخیز استان همدان

در این بخش، مقادیر CN برای حوضه‌ها محاسبه شد. برای ایجاد سهولت در محاسبات و تحلیل‌ها با استفاده از روش میانگین وزنی مقادیر CN در حوضه‌های ۳۰گانه تماب محاسبه شد (جدول ۳). شماره منحنی مربوط به هر حوضه در مساحت همان حوضه ضرب و سپس مجموع این اعداد بر کل مساحت حوضه تقسیم شد.

$$\frac{CN_1\times a_j+CN_2\times a_i+\cdots}{A_{total}}=CN_{total}$$ **رابطه ۳)**

مقادیر بهینه‌شده پارامترها، واسنجی و اعتبارسنجی مدل

پارامترهای بهینه‌شده مدل در حوضه کرند شامل پارامترهای مختلفی بود که هر یک نشان‌دهنده جنبه‌های خاصی از دینامیک هیدرولوژیکی حوضه بودند. رفتار آب پایه و آب زیرقشری با استفاده از پارامترهای KG و KI کنترل شد. مقادیر این پارامترها (KI) برابر با ۰/۰۰۵۹ و KG برابر با ۰/۰۰۰۱ نشان دادند که پاسخ حوضه به بارش ورودی سریع بود. پارامترهای مرتبط با رواناب سطحی مانند WETS، WETH و WET برابر با صفر بودند، که این نشان‌دهنده وجود رابطه خطی بین این پارامترها و رواناب خروجی بود. مقدار پارامتر SMAX برابر با ۲۱ بود که نشان‌دهنده تبخیر و تعرق متوسط حوضه بود. همچنین، مقدار پارامتر DEEP که کنترل‌کننده آب پایه بود، برابر با صفر بود، که نشان‌دهنده وجود اختلاف زیاد بین بارش و رواناب حوضه بود.

در دوره واسنجی مدل در حوضه آبخیز کرند، نتایج نشان دادند که مدل با ضریب رگرسیونی ۵۰٪ مرحله کالیبراسیون را انجام داده است. مقدار کل رواناب مشاهده‌ای (∑Qa) برابر با ۲۸۹/۲۷ میلی‌متر و مقدار کل رواناب برآوردی (∑Qe) برابر با ۲۵۰/۶۲ میلی‌متر بود که تفاوت آنها برابر با ۱۳/۳۶- میلی‌متر بود. مقدار SSQ برابر با ۷۱۴۹، انحراف‌معیار رواناب مشاهده‌ای (SDQa) برابر با ۱۷/۷۹ و انحراف‌معیار رواناب برآوردی (SDQe) برابر با ۱۱/۰۱ بود. ضریب تعیین (R) برابر با ۴۴/۷٪ و کارآیی مدل (E) برابر با ۲۰٪ بود.

در مرحله اعتبارسنجی مدل در حوضه آبخیز کرند، نتایج نشان داد که مدل با ضریب همبستگی بالاتر و دقت بیشتری توانسته بود جریان را شبیه‌سازی کند. مقدار کل رواناب مشاهده‌ای (∑Qa) برابر با ۲۸۹ میلی‌متر و مقدار کل رواناب برآوردی (∑Qe) برابر با ۱۹۴/۰۱ میلی‌متر بود که تفاوت آنها برابر با ۳۲/۹۳ میلی‌متر بود. مقدار SSQ برابر با ۶۸۳۳، انحراف‌معیار رواناب مشاهده‌ای (SDQa) برابر با ۱۷/۰۷ و انحراف‌معیار رواناب برآوردی (SDQe) برابر با ۸/۱۷ بود. ضریب تعیین (R) برابر با ۷۱/۴٪ و کارآیی مدل (E) برابر با ۵۱٪ بود. این نتایج نشان‌دهنده عملکرد دقیق و موفق مدل در دوره اعتبارسنجی بود.

بحث

این مطالعه بر چندین بینش کلیدی در مورد فرآیندهای هیدرولوژیکی تاکید کرد که با تحقیقات موجود مطابقت دارد و در عین حال برخی از یافته‌های متمایز را نیز آشکار می‌کند. اولاً، در

مورد تاثیر عمق بارندگی بر شروع رواناب، نتایج ما منعکس‌کننده نتایج *اسمیت* و همکاران و *وی* و همکاران، با تاکید بر اینکه در مناطق نیمه‌مرطوب مانند همدان، عمق بارندگی عامل تعیین‌کننده اولیه شروع رواناب است، بود [Smith *et al.*, 2002; Wei *et al.*, 2014]. این در تضاد با یافته‌های *سیمرز* در سال ۲۰۰۳ بود که تاکید کرد که در مناطق خشک، عواملی مانند بافت خاک و پوشش گیاهی نسبت به عمق بارندگی به‌تنهایی تاثیر قابل توجهی بر دینامیک رواناب دارند [Simmers, 2003].

در بررسی سایر مطالعاتی که با این یافته‌ها همسو یا در تضاد هستند، مطالعه *وانگ* همکارانش از این ایده حمایت می‌کند که در مناطقی با کمبود ذخیره آب خاک، مانند مناطق نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب، تولید رواناب پیچیده است و تحت تاثیر ناهمگونی افقی خاک و ظرفیت‌های مختلف ذخیره آب خاک است. این مطالعه با یافته‌های ما که شرایط هیدرولوژیکی محلی به طور قابل توجهی الگوهای رواناب را شکل می‌دادند، همسو است [Shi *et al.*, 2019].

ثانیاً، تجزیه و تحلیل متغیرهای شاخص جریان پایه (BFI) در همدان با *آرنولد* و همکاران همسو است که نشان می‌دهد ویژگی‌های حوضه نقش مهمی در شکل‌دادن به الگوهای BFI دارند [Arnold *et al.*, 2000]. این یافته با مطالعات انجام‌شده در آب و هوای مرطوب، مانند *چیو* و *مک‌ماهون*، که مقادیر یکنواخت‌تر BFI را در حوضه‌های مختلف نشان می‌دهد، متفاوت است. این مقایسه‌ها بر اهمیت شرایط هیدرولوژیکی محلی در تاثیرگذاری بر تنوع BFI تاکید می‌کند [Chiew & Mcmahon, 2003].

هائو و همکاران مدل TOPMODEL و Xinanjiang را برای شبیه‌سازی بارش-رواناب در مناطق نیمه‌مرطوب مقایسه کرده‌اند و دریافته‌اند که ویژگی‌های حوضه محلی به طور قابل توجهی بر عملکرد مدل تاثیر می‌گذارد. این موضوع یافته‌های ما را در مورد نقش حیاتی ویژگی‌های حوضه در شکل‌دهی پاسخ‌های هیدرولوژیکی تقویت می‌کند [Hao *et al.*, 2018].

مطالعه حاضر بر یک همبستگی قوی بین شاخص بارش قبلی (API) و رواناب به‌ویژه API ۳۰روزه تاکید می‌کرد. این یافته توسط *سینگ* و *میشرا* که الگوهای مشابهی را در حوضه‌های آبخیز گرمسیری شناسایی کرده‌اند، تایید می‌شود [Mishra & Singh, 2004]. علاوه بر این، مطالعات ایرانی توسط *محمدی* و *دستورانی* همچنین همبستگی قابل توجه API رواناب را در مناطق مختلف ایران ثبت کرده‌اند که کاربردهای API بلندمدت را در درک دینامیک رواناب در محیط‌های نیمه‌خشک بیشتر تقویت می‌کند [Mohammadi & Dastoorani, 2017]. با این حال، این مطالعه همچنین تفاوت‌های ظریف را در روابط API رواناب نشان داد. در نتیجه، این مطالعه با تایید اصول تثبیت‌شده در حالی که تغییرات ظریف را آشکار می‌کرد، به درک گسترده‌تر دینامیک هیدرولوژیکی کمک می‌کند. این پژوهش بر ماهیت خاص بافت فرآیندهای هیدرولوژیکی تاکید می‌کند، جایی که عوامل آب و هوایی و زمین‌شناسی محلی نقش محوری در شکل‌دادن به پاسخ رواناب به بارش دارند. با ادغام این یافته‌ها با مطالعات جهانی و منطقه‌ای، این مطالعه توانایی ما را برای مدل‌سازی و پیش‌بینی رفتار هیدرولوژیکی در محیط‌های مختلف محیطی افزایش می‌دهد، در نتیجه از استراتژی‌های مدیریت منابع آب موثرتر متناسب با شرایط منطقه‌ای خاص پشتیبانی می‌کند.

بر اساس تجزیه و تحلیل دقیق پارامترهای هیدرولوژیکی در استان همدان، بدیهی است که یک رویکرد جامع و یکپارچه در نقشه‌برداری و مدیریت منابع آب ضروری است. ماهیت پراکنده داده‌های ظرفیت آب فعلی مانع از تصمیم‌گیری و استراتژی‌های مدیریت موثر می‌شود. ایجاد یک پایگاه داده فضایی یکپارچه نه‌تنها قابلیت‌های نظارت و ارزیابی را افزایش می‌دهد، بلکه انعطاف‌پذیری در برابر اثرات آب و هوا را بهبود می‌بخشد و از تلاش‌های توسعه پایدار حمایت می‌کند. این مطالعه بر اهمیت حیاتی چنین رویکردهای یکپارچه‌ای برای مدیریت موثر آب و آمادگی در برابر بلایا تاکید می‌کند و بینش‌های ارزشمندی را برای مناطق مشابه در سطح جهان ارایه می‌دهد.

نتیجه‌گیری

در مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب، عمق بارش نقش تعیین‌کننده‌ای در شروع رواناب دارد. همچنین، تجزیه و تحلیل شاخص جریان پایه و شاخص بارش قبلی نشان‌دهنده تأثیر ویژگی‌های محلی حوضه بر الگوهای هیدرولوژیکی است. همبستگی مثبت بین آستانه شروع رواناب و شدت بارندگی و همبستگی منفی با سایر متغیرها مانند عمق بارندگی، درصد رس و شیب تاییدکننده این نکته است که ویژگی‌های خاص منطقه‌ای نقش مهمی در شکل‌دهی به پاسخ‌های هیدرولوژیکی دارند.

تشکر و قدردانی: مقاله حاضر از "گزارش طرح ملی تهیه و یکپارچه‌سازی نقشه‌ها و داده‌های رقومی حوضه‌های رده هفت کشور و توسعه پایگاه داده‌های مکانی زمانی و موضوعی مرتبط با ظرفیت آبی" استخراج گردیده است. از پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و مجری مسئول طرح مذکور به جهت تمامی حمایت‌های مادی و معنوی سپاسگزاری و قدردانی می‌گردد.

تاییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

سهم نویسندگان: هوشنگ بهروان (نویسنده اول)، تحلیلگر آماری/پژوهشگر اصلی/نگارنده بحث (۶۰٪)؛ فرود شریفی (نویسنده دوم)، نگارنده مقدمه/روش‌شناس (۴۰٪)

منابع مالی: هیچ‌گونه حمایت مالی دریافت نشده است.

منابع

- Akhavan S, Shahverdi M, Zare Abianeh H (2018). Modeling spatial changes of blue water and green water (case study: Hamadan province). Proceedings of the 1st National Conference on Water Resource Management Strategies and Environmental Challenges, Sari. [Persian]

models in river hydrologic simulation. Journal of Natural Environment. 71(4):509-521. [Persian]
- Shi P, Yang T, Xu CY, Yong B, Huang CS, Li Z, et al (2019). Rainfall-runoff processes and modelling in regions characterized by deficiency in soil water storage. Water. 11(9):1858.
- Simmers I (2003). Understanding water in a dry environment: Hydrological processes in arid and semi-arid zones. Cape Town: A.A. Balkema.
- Smith RE, Smettem K, Broadbridge P, Woolhiser DA (2002). Infiltration theory for hydrologic applications. Washington, D.C.: American Geophysical Union.
- Tehrany M, Pradhan B, Jebur M (2013). Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS. Journal of Hydrology. 504:69-79.
- Vörösmarty CJ, McIntyre PB, Gessner MO, Dudgeon D, Proussevitch A, Green P, et al (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. Nature. 468:334.
- Wei W, Jia F, Yang L, Chen L, Zhang H, Yu Y (2014). Effects of surficial condition and rainfall intensity on runoff in a loess hilly area, China. Journal of Hydrology. 513:115-126.
- Wunderle S, Droz M, Kleindienst H (2002). Spatial and temporal analysis of the snow line in the Alps: Based on NOAA-AVHRR data. Geographica Helvetica. 57:170-183.
- Yari A, Ardalan A, Ostadtaghizadeh A, Zarezadeh Y, Boubakran MS, Bidarpoor F, et al (2019). Underlying factors affecting death due to flood in Iran: A qualitative content analysis. International Journal of Disaster Risk Reduction. 40:101258.
- Yazdani V, Behjati E, Arfa A (2015). Flood warning system established by the integrated management of hydrological and hydraulic modeling. Natural Ecosystems of Iran. 5(4):109-122. [Persian]
- Zand M, Samai R (2017). Investigation on amount and intensity of rainfalls in flood generation in Khorramabad basin. Nivar. 41(96):1-8. [Persian]
- Zhang X, Xu YP, Fu G (2014). Uncertainties in SWAT extreme flow simulation under climate change. Journal of Hydrology. 515:205-222.
- Alizadeh A, Keshavarz A (2005). Status of agricultural water use in Iran. In: Water conservation, reuse, and recycling: Proceedings of an Iranian-American workshop. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Arnold JG, Muttiah RS, Srinivasan R, Allen PM (2000). Regional estimation of base flow and groundwater recharge in the Upper Mississippi river basin. Journal of Hydrology. 227(1-4):21-40.
- Chiew FHS, Mcmahon TA (2003). El Niño/Southern Oscillation and Australian rainfall and streamflow. Australasian Journal of Water Resources. 6(2):115-129.
- Gleick P (2003). Global freshwater resources: Soft-path solutions for the 21st century. Science. 302(5650):1524-1528.
- Hao G, Li J, Song L, Li H, Li Z (2018). Comparison between the TOPMODEL and the Xin'anjiang model and their application to rainfall runoff simulation in semi-humid regions. Environmental Earth Sciences. 77:279.
- Helsel DR, Hirsch RM, Ryberg KR, Archfield SA, Gilroy EJ (2002). Statistical methods in water resources. Reston: U.S. Geological Survey.
- McMillan H, Montanari A, Cudennec C, Savenije H, Kreibich H, Krueger T, et al (2016). Panta Rhei 2013-2015: Global perspectives on hydrology, society and change. Hydrological Sciences Journal. 61(7):1174-1191.
- Mishra SK, Singh VP (2004). Long-term hydrological simulation based on the soil conservation service curve number. Hydrological Processes. 18(7):1291-1313.
- Mohammadi T, Dastoorani MT (2017). Assessment of basin stability using watershed stability index method. Hydrogeomorphology. 4(10):41-64. [Persian]
- Pahl-Wostl C (2007). Transitions towards adaptive management of water facing climate and global change. Water Resources Management. 21(1):49-62.
- Rasooli M, Tahmasbi Pour N (2014). Investigation and importance of water resources management in Hamadan province (main basins). Proceedings of the National Conference on Climate Change and Sustainable Agriculture, Hamedan. [Persian]
- Sheikh Gudarzi M, Jabarian Amiri B, Azarnivand H (2018). Investigating performance of the conceptual