Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Assessment of factors influencing water harvesting based on input to dam reservoirs

Naser Farzi [1], **Ali Mohammad Akhoondali*** [2], **Mohammad Reza Sharifi** [3]

1. Ph.D. Candidate, Department of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, Email: nfarzi6@gmail.com
2. Professor, Department of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, Email: aliakh@scu.ac.ir
3. Associated Professor, Department of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz. Email: msharifi@scu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history
Received: 01 January 2023
Revised: 10 February 2023
Accepted: 15 February 2023
Published online: 20 April 2023

Keywords:
Dams, Inflow forecasting, MCDM, Water allocation, Water harvesting

ABSTRACT

Reservoir dams are important structures for surface water harvesting and flood control. Before construction, various studies are carried out in multiple phases to calculate the input to their reservoirs and the volume of stored water. The non-optimal operation of a reservoir dam occurs when the volume of the inflow during operation does not match the volume of the calculated inflow. The water intake systems of dams and their volumes can be measured with different criteria and options. Using the opinions of expert experts and the realism of different technical, economic, and social conditions with different multi-criteria decision-making models in identifying factors affecting the correct inflow forecasting of water harvesting by dams is a common method in water resources management research. In this study, using different multi-criteria decision-making methods including ElectreIII, Entropy, Topsis, SAW, VIKOR, PROMETEE and Fuzzy TOPSIS, the inflow to the reservoirs of 17 dams in Kermanshah province has been investigated. This research is the first research work in the field of evaluating the inflow forecasting to the reservoirs of the dams of Kermanshah province, which, with a comprehensive approach, expresses and examines the most important factors influencing the failure to estimate the optimal inflows to the dam. According to the findings of the research, the option that has more frequency than other options is the proportionality of water allocation in each dam reservoir, in fact, the inadequacy of the amount of water allocation with the objectives of the dam reservoir studies, the time-consuming studies and implementation of the dam cause deviation from the right path. Water harvesting is done in reservoir dams, and the trustees inevitably change the goals of the plan by making interim decisions and even during implementation. Such a process without economic analysis leads to a loss of opportunities and a waste of investments.

Citation: Farzi, N., Akhoondali, A.M., Sharifi, M.R. (2023): Assessment of factors influencing water harvesting based on input to dam reservoirs. Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems, 11(1), 40-52.
DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association
© Author(s)

***Corresponding author:** Ali Mohammad Akhoondali
Address: Department of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
Tel: +989161184896
Email: aliakh@scu.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Assessment of factors influencing water harvesting based on input to dam reservoirs

Naser Farzi [1], Ali Mohammad Akhoondali [2*], Mohammad Reza Sharifi [3]

1. Ph.D. Candidate, Department of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, Email: nfarzi6@gmail.com
2. Professor, Department of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, Email: aliakh@scu.ac.ir
   Associated Professor, Department of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz. Email: msharifi@scu.ac.ir

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Water harvesting as one of the effective methods in water scarcity management and soil protection can improve agricultural conditions and watershed protection by controlling and directing surface water. In the field of watershed management, soil erosion can be prevented by reducing runoff by building appropriate structures. Small dams help to extract water from runoff by storing monsoon rains and small floods and can be suitable for water extraction in small river watersheds. However, large dams are structures that are built for different purposes, the main nature of which is to harvest water from large floods and river flows, and as one of the large engineering structures, it has been of interest to humans for a long time. The non-optimal use of a reservoir dam occurs when the result of the dam's operation does not match with the estimates of the flow volume entering into the dam reservoir, or when factors such as climate changes and consecutive droughts cause the reservoir volume to not reach the desired level.

Methodology: Methodology: Kermanshah province in the middle west of Iran, with an area of 24,998 km^2, is one of the regions where agriculture is the main source of employment and economic activity in this province. Agriculture is highly dependent on surface and groundwater resources. So far, 17 dams with different drinking, agricultural, and electricity purposes have been built or are being implemented in this province. With all the efforts made to conduct engineering and hydrology studies, some calculation errors have caused some of these dams to not reach the optimal designed function in the design studies. In this research, eight decision-making methods including ElectreIII, Entropy, TOPSIS, SAW, VIKOR, PROMETEE, and Fuzzy TOPSIS were used for weighting and prioritization of effective factors in estimating the water input to the reservoir of dams. In this study, using a panel of experts, referring to the reports of consulting engineering companies in connection with the studies of reservoir dams (Kermanshah Regional Water Company, different dates) and several questionnaires, 21 indicators or criteria were determined as factors that can be effective in the evaluations of dam reservoirs inflow. For this purpose, at the beginning and before applying different Multi-criteria decision-making (MCDM) methods, the Friedman test was used to check the priority of one criterion over another, and also the Principal Components Analysis (PCA) method was applied to categorize and check the reduction of criteria, and independence and extraction of important criteria.

Results and Discussion: The results of 17 dams examined in this research with eight different multi-criteria decision-making models indicate the physiographic parameters, hydrometric stations, measurement, meteorological stations, experimental methods, and watershed operations are the most important factors. The two factors of physiographic parameters and measurement are placed in the group of quantity and quality of water and meteorological data. The criteria of meteorological stations and the construction of temporary stations are included in the allocation and management group, and experimental methods are included in the limitation group of methods for determining the flow of incoming flow to reservoirs. The evaluation results of these 21 criteria with eight different methods showed that there were no events related to hydrological factors such as climate change or drought in any of the studied dams, which have been repeatedly mentioned as failure factors in the inflow forecasting evaluations. These results showed that the application of drought and climate changes for not estimating the flow to the reservoirs of dams is unscientific and just an excuse for negligence in engineering errors or lack of quality data or lack of data. Two groups of hydrological events with natural and human origin do not have much effect on the non-compliance of the flow input to reservoirs of reservoir dams.
After determining the ranks of the 17 studied dams with eight selected methods in multi-criteria decision-making, by applying the results in the average, Breda and Copeland strategic methods, the best options for each option were determined and finally the main option was determined based on the aggregation of higher ratings. According to the findings of the research, the option that has more frequency than other options is the option of proportionality of water allocation in each reservoir dam, in fact, the inadequacy of the amount of water allocation with the objectives of the reservoir dam studies and the time-consuming studies and implementation

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

of the dam cause deviation from the right path. Pre-planned plans are stored in dams, and the trustees inevitably change the goals of the plan with interim decisions, even during implementation, and if this work is done without economic analysis and taking into account the exploitation goals, the result is the loss of opportunities and waste. Investments are made. A clear example of such a trend can be mentioned in the Gilan-e Gharb Dam. This dam was implemented solely on the basis of a management decision and for the purpose of development in the border area, and after the water extraction and exploitation operations, it faced a severe reservoir volume deficit. To fix this defect, the trustees have implemented the Gilan-e Gharb dike at a high cost despite technical limitations.

Conclusion: Revising the description of reservoir dam studies services, taking into account the exploitation aspects from the beginning of design studies to the end of implementation, and then forming exploitation companies and empowering them from the beginning of design studies and attracting their cooperation from the time of studies to the implementation and exploitation of projects are among the issues. It is important that the management and allocation of water in the design of reservoir dams should be seriously considered. Organizing expert meetings in order to review and analyze the studied damage with the presence of companies studying the design of reservoir dams and conducting similar research in connection with the pathology of evaluating and estimating the flow to reservoir dams from technical perspectives in order to formulate national standards and operationalize the contents of the water allocation system, especially in Communication with reallocation can be very vital in achieving the desired and reducing costs and value engineering of large water supply or extraction structures.

Ethical Considerations

Data Availability Statement: The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.
Funding: his study was conducted as part of the Ph.D. Thesis at Shahid Chamran University.
Authors' contribution: Conceptualization, methodology, Writing - original draft preparation; Ali Mohammad Akhoondali: Resources, Software, Manuscript editing; Mohammad Reza Sharifi: Formal analysis, investigation, and visualization, Supervision.
Conflicts of interest: The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.
Acknowledgment: We would like to express our sincere gratitude to Shahid Chamran University for the financial and logistical support that significantly contributed to the research project.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

ارزیابی عوامل مؤثر بر استحصال آب مبتنی بر ورودی به مخازن سد

ناصر فرضی[۱]، علی‌محمد آخوندعلی[*۲]، محمدرضا شریفی[۳]

۱. دانشجوی دکتری منابع آب، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، nfarzi6@gmail.com
۲. استاد، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، aliakh@scu.ac.ir
۳. دانشیار، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، msharifi@scu.ac.ir

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۱ دی ۱۴۰۱
بازنگری: ۲۱ بهمن ۱۴۰۱
پذیرش: ۲۶ بهمن ۱۴۰۱
انتشار برخط: ۳۱ فروردین ۱۴۰۲

واژه‌های کلیدی:
استحصال آب، تخمین آورد، تخصیص آب، سدهای مخزنی، سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

چکیده

سدهای مخزنی از سازه‌های مهم استحصال آب‌های سطحی و هدایت سیلاب‌ها هستند که قبل از احداث، مطالعات مختلفی در فازهای متعدد برای محاسبه آورد آب ورودی به مخازن آن‌ها و حجم آب ذخیره شده انجام می‌شود. عدم بهره‌برداری مطلوب از یک سد مخزنی زمانی حادث می‌شود که حجم جریان ورودی در زمان بهره‌برداری با حجم جریان ورودی محاسباتی هم‌خوانی نداشته باشد. سامانه‌های آبگیری سدها و حجم‌های آن با معیارها و گزینه‌های مختلف قابل سنجش است. استفاده از نظرات کارشناسان خبره و واقع‌بینی شرایط مختلف اعم از فنی، اقتصادی و اجتماعی با مدل‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره در شناسایی عوامل مؤثر بر برآورد درست استحصال آب توسط سدها، روشی مرسوم در تحقیقات مدیریت منابع آب است. در این بررسی با استفاده از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل SAW, AHP, FAHP, VIKOR, TOPSIS, FTOPSIS, PROMETEE, ElectreIII آورد جریان ورودی به مخازن ۱۷ سد مخزنی در استان کرمانشاه بررسی شد. این پژوهش نخستین کار پژوهشی در زمینه ارزیابی برآورد جریان‌های ورودی به مخازن سدهای استان کرمانشاه است که با نگرشی جامع به بیان و بررسی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در عدم توفیق در تخمین بهینه جریان‌های ورودی به سد می‌پردازد. بر اساس یافته‌های پژوهش گزینه‌ای که دارای فراوانی بیش‌تری نسبت به سایر گزینه‌هاست، گزینه تناسب تخصیص آب در هر سد مخزنی است، در واقع عدم تناسب میزان تخصیص آب با اهداف مطالعات سد مخزنی و زمان‌بر شدن مطالعات و اجرای سد، باعث انحراف از مسیر درست ذخیره آب در سدهای مخزنی می‌شود و متولیان به ناچار با تصمیم‌گیری‌های مقطعی و حتی در زمان اجرا، اهداف طرح را تغییر می‌دهند. چنین روندی بدون تحلیل‌های اقتصادی موجب از دست دادن فرصت‌ها و هدررفت سرمایه‌گذاری‌ها می‌شود.

استناد: فرضی، ن.، آخوندعلی، ع.م.، شریفی، م.ر. (۱۴۰۲). ارزیابی عوامل مؤثر بر استحصال آب مبتنی بر ورودی به مخازن سد، سامانه‌های سطوح آبگیر باران، ۱۱(۱): ۴۰- ۵۲.

DOI: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9

CC BY NC
© نویسندگان

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

* **نویسنده مسئول:** علی‌محمد آخوندعلی
نشانی: دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
تلفن: ۰۹۱۶۱۱۸۴۸۹۶
پست الکترونیکی: aliakh@scu.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]

مقدمه

استحصال آب به‌عنوان یکی از روش‌های مؤثر در مدیریت کم‌آبی و حفاظت خاک می‌تواند با کنترل و هدایت آب‌های سطحی باعث بهبود شرایط کشاورزی و حفاظت از حوضه‌آبخیز گردد. در مدیریت یک حوضه با کاهش رواناب‌ها توسط احداث سازه‌های مناسب می‌توان از فرسایش خاک جلوگیری کرد (Singh et al., 2008). بسته به شرایط اقلیمی و سرزمینی و نیز ویژگی‌های ساختاری محلی مانند جنس خاک، شدت روان‌آب، پوشش سطحی، شیب و سایر ویژگی‌های زمین، سازه‌هایی مانند چاله‌های تغذیه‌ای، سدهای تأخیری، سدهای کوچک و حتی سدهای بزرگ نیز برای کنترل فرسایش ساخته می‌شوند. سدهای تأخیری در عرض جریان‌های فصلی برای ذخیره آب و استفاده بهینه از آن ساخته می‌شوند (Khan, 1992). سدهای کوچک با ذخیره آب باران‌های موسمی و سیلاب‌های کوچک به استحصال آب از رواناب‌ها کمک کرده و می‌توانند در حوضه‌های رودخانه‌ای کوچک برای استحصال آب مناسب باشند. با این حال سدهای بزرگ سازه‌هایی هستند که با اهداف مختلفی که ماهیت اصلی آن استحصال آب از سیلاب‌های بزرگ و آوردهای رودخانه‌ای است، ساخته شده و به‌عنوان یکی از سازه‌های بزرگ مهندسی از دیرباز مورد توجه انسان بوده است (Beach & Dunning, 1997). اهمیت این سازه‌ها در استحصال و تأمین آب شرب، آب کشاورزی و تولید نیروی برقابی به حدی است که در بسیاری از نقاط جهان تمایل به طراحی و ساخت این گونه سدها افزایش یافته است. بر اساس داده‌های کمیسیون سدهای بزرگ در جهان تاکنون ۵۷۹۸۵ سد ساخته شده است (ICOLD, 2021)، که هرکدام علاوه بر منافعی که برای استحصال آب داشته‌اند با مسایل خاص خود نیز همراه بوده‌اند؛ از چالش‌های زیست محیطی گرفته (Asthana & Khare, 2022) تا تنش‌های سیاسی (Scudder, 2012) و حتی شکست سدهای بزرگ (Peng et al., 2016) که ناشی از عدم توجه کافی به طراحی‌ها و ارزیابی شرایط طبیعی یا آورد جریان رودخانه‌ها بوده است.

عدم بهره‌برداری مطلوب از یک سد مخزنی زمانی حادث می‌شود که نتیجه آبگیری سد هم‌خوانی درستی با برآوردهای حجم جریان ورودی به سد نداشته‌باشد (برهانی‌داریان و افتخارجوادی، ۱۳۸۴) یا این‌که عواملی مانند تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌های پی‌درپی موجب شود که حجم مخزن به تراز مطلوب نرسد. علاوه‌بر این، عدم شناخت درست آورد رودخانه‌ها می‌تواند با ایجاد سیلاب‌های لحظه‌ای ریسک بالایی به سازه‌ها و بدنه سدهای مخزنی وارد سازد. ضمن این‌که عدم کفایت شرح خدمات مطالعات و سهل‌انگاری در اندازه‌گیری‌های دقیق یا نبود یک شبکه طراحی شده برای ارزیابی‌های هیدرولوژیکی می‌تواند بهره‌برداری درست یک سد را با چالش‌های جدی مواجه سازد. اهمیت صحت پیش‌بینی‌ها در آورد به مخزن یک سد علاوه بر جلوگیری از برخی حوادث مانند سیلاب‌های لحظه‌ای و تضمین بقای سد می‌تواند از منظر اقتصادی نیز بسیار مهم باشد.

برخی محققین اظهار داشته‌اند که با بهبود یک‌درصد در پیش‌بینی مقادیر جریان ورودی، سالانه تفاوتی حدود ۲/۶ میلیون دلار در تولید انرژی حاصل می‌آید (Hamlet and Lettenmaier, 1999). علاوه‌بر این برآوردهای درست جریان ورودی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند منجر به تصمیم‌های بهینه‌ای در برنامه‌ریزی‌های مبتنی بر استحصال منابع آب و مدیریت تخصیص آب گردد. شکست در ارزیابی‌ها و برآورد جریان ورودی می‌تواند مناقشات اجتماعی و تعارضات محلی را به همراه بیاورد. در سال‌های اخیر مدل‌ها و روش‌های مختلفی برای برآورد جریان ورودی به مخازن سدها به‌کار رفته است (Pishgah Hadiyan et al., 2020). موفقیت مدل‌ها و روش‌های پیش‌بینی جریان ورودی فراتر از همه، به منطقه مورد مطالعه و داده‌های در دسترس بستگی دارد، داده‌های مناسب با یک پیش‌بینی خوب همراه است و نقص در داده‌ها، برآوردهای جریان ورودی را با خطا همراه می‌سازد (Lima et al., 2014). کمبود داده ارزیابی‌های اقلیمی مرتبط را نیز با چالش مواجه ساخته و باید با روش‌های علمی تعدیل شوند (مکاری و عباس‌نیا، ۱۳۹۹؛ دهقان و مکاری ۱۳۹۸).

سیستم‌های‌تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] به مجموعه روش‌هایی گفته می‌شود که با معیارهای مختلف و گزینه‌های مرتبط به ارزیابی همزمان عوامل اثرگذار بر یک فرایند می‌پردازد. این روش در بسیاری از شاخه‌های علوم و به‌ویژه مدیریت منابع آب رواج یافته است (Malekmohammadi et al., 2011؛ Tahmasebi Birgani & Yazdandoost, 2018؛ Cambrainha & Fontana, 2018). یکی از شاخص‌های مهم این روش‌ها با هم دیدن معیارهای مختلف و متنوعی است که توأمان بر یک سامانه تأثیرگذارند (اصغرپور، ۱۳۹۰). استفاده از نظرات کارشناسان خبره و واقع‌بینی شرایط مختلف اعم از فنی، اقتصادی و اجتماعی از دیگر مزایای این روش‌هاست. در این بررسی با استفاده از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره عوامل مؤثر برآورد جریان ورودی به مخازن ۱۷ سد مخزنی استان کرمانشاه بررسی شده است. این پژوهش برای نخستین بار با استفاده از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره به بررسی اصلی‌ترین عوامل موثر بر ناکامی پیش‌بینی درست آورد جریان به مخازن سدها می‌پردازد.

[1] Multi-criteria decision-making (MCDM)

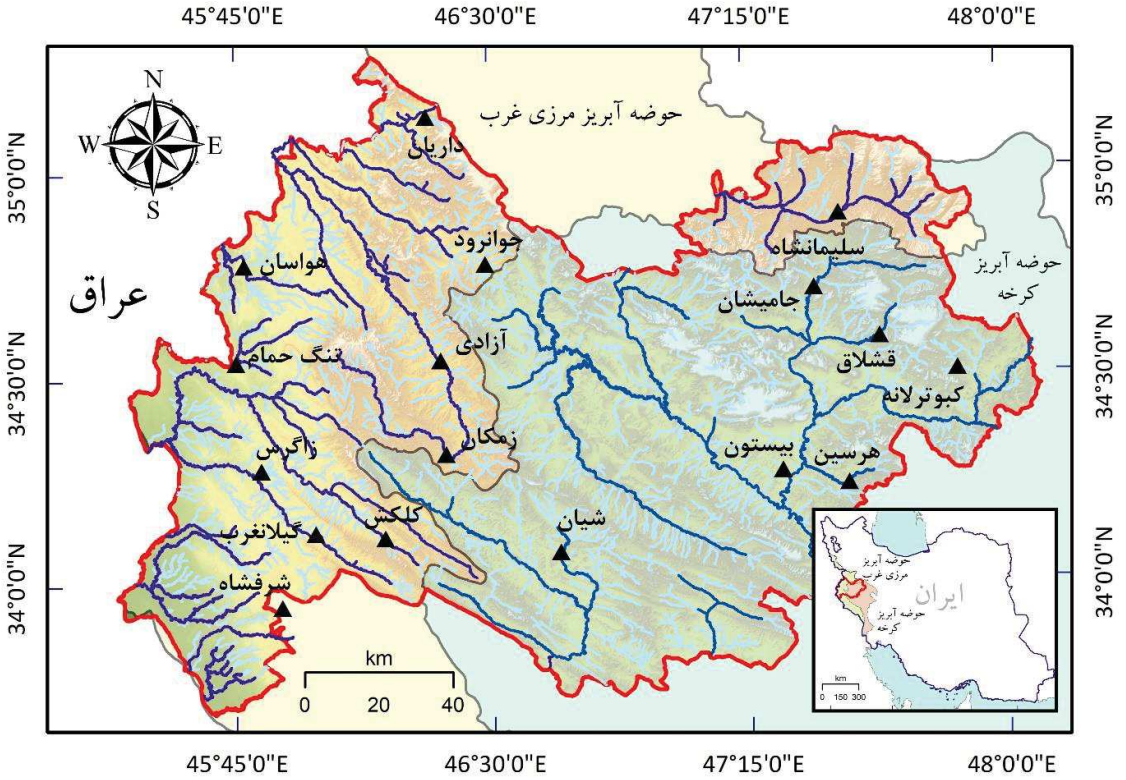
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]

مواد و روش تحقیق

محدوده مورد مطالعه

استان کرمانشاه در میانه غربی ایران با وسعت ۲۴۹۹۸ کیلومترمربع از مناطقی است که کشاورزی اصلی‌ترین منبع اشتغال و فعالیت اقتصادی این استان بوده و کشاورزی نیز به شدت به منابع آب سطحی و زیرزمینی وابسته است. تاکنون ۱۷ سد (جدول ۱) با اهداف مختلف شرب، کشاورزی و برقابی در این استان احداث شده یا در دست اجراست. با همه تلاش‌های صورت گرفته برای انجام مطالعات مهندسی و هیدرولوژی، برخی خطاهای محاسباتی باعث شده است تا برخی از این سدها به کارکرد طراحی شده بهینه در مطالعات طرح نرسند. شکل ۱ محدوده مطالعاتی این پژوهش و توزیع مکانی سدهای بررسی شده را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت استان کرمانشاه در ایران و موقعیت مکانی سدهای مورد بررسی در این پژوهش و وضعیت ارتفاعی استان به همراه شبکه هیدروگرافی، حوضه‌های آبریز و رودخانه‌های اصلی

Figure 1- The location of Kermanshah province in Iran and the place of the dams investigated in this research. Elevation of the study area along with the hydrographic network, watersheds and main rivers are shown

روش کار

سیستم‌های تصمیم‌گیری‌چندمعیاره شامل روش‌های مختلفی مانند روش جمع وزنی، روش تولید وزن‌دار، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تحلیل سلسله مراتب فازی، تکنیک روش شباهت به گزینه ایده‌آل (تاپسیس)، تاپسیس فازی، روش ساختاریافته رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها، روش تسلط تقریبی، راه‌حل توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره (ویکور)[1] و برنامه‌ریزی چندهدفه است. هر یک از این مدل‌ها دارای مزایا و معایبی هستند که نمی‌توان گفت کدام مدل به تنهایی کارایی همه مدل‌ها را دارد. بر این اساس معمولاً برای حل مسئله، بیش از یک مدل برای ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد (عطائی، ۱۳۸۹). در مدل تحلیل سلسله مراتبی پس از طراحی ساختار گرافیکی در سطوح مختلف به منظور وزن‌دهی معیارها از روش مقایسه زوجی استفاده می‌شود (Taheri et al., 2015). در مدل الکتره سه[2]

[1] SAW, WPM, AHP, fuzzy AHP, TOPSIS, fuzzy TOPSIS, PROMETHEE, ELECTRE, VIKOR
[2] ElectreIII

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]

در حالت‌های با تعداد زیاد معیار و تصمیم‌گیرنده و زمانی اطلاعات دارای ابهام باشد روش‌های غیرتبه‌ای توجیه‌پذیر است. تاپسیس از معتبرترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که علاوه‌بر سادگی استفاده، محدودیتی به لحاظ تعداد معیار ندارد و از مقایسه‌های زوجی استفاده نمی‌کند. روش دماتل[1] در دست‌یابی به روابط علت و معلولی شاخص‌ها است و در زمره روش‌های اولویت‌بندی معیار و گزینه‌ها نیست، به عبارت دیگر میزان تأثیرپذیری و تأثیرگذاری هر یک از معیارها را مشخص می‌نماید (عطائی، ۱۳۸۹).

جدول ۱- مشخصات، وضعیت و میزان تخصیص سدهای مورد مطالعه این تحقیق

Table 1- charactestics, setting and water allocation of dams studied in this research

کد سد مخزنی	وضعیت	آورد طراحی (mcm) (1)	آورد دراز مدت (mcm) (2)	درصد اختلاف (1) و (2)	میزان تخصیص(mcm)					
					کشاورزی	شرب	صنعت	برقابی	محیط زیست	جمع کل
گیلان‌غرب	بهره‌برداری	17	3.5	80	6	–	2	–	1.6	9.6
تنگ حمام	بهره‌برداری	53.6	29	46	23	–	2	–	4	29
آزادی	بهره‌برداری	108	70	35	6.6	11.5	4	–	7.6	29/7
زاگرس	بهره‌برداری	105	100	5	55	–	10	–	5	70
شیان	بهره‌برداری	18	9	50	10	–	–	–	1	11
گاوشان	بهره‌برداری	291	154	73	130	69	–	–	26	235
داریان	بهره‌برداری	2610	1827	30	–	–	–	–	18	108
جامیشان	بهره‌برداری	63	52	18	32	–	6	–	25	63
دایک گیلان‌غرب	بهره‌برداری	7	32	*	23	–	–	–	7.4	30.4
سلیمانشاه	بهره‌برداری	55	148	*	25	6	–	–	4.4	35.4
قشلاق	اجرایی*	51	35.5	30	20	3	6	–	12.4	41.9
کبوترلانه	اجرایی	45	25	44	8	5	4	–	1.7	18/7
سومار	اجرایی	128	118	8	41	0	12	–	10	63
هواسان	اجرایی	131	101	23	171	–	5	–	11	187
زمکان	بهره‌برداری	35.7	23	36	23	–	–	–	5.1	28.1
هرسین	مطالعاتی**	17	23	*	16	7	–	–	4.9	31.9
جوانرود	مطالعاتی	9	4	56	2.2	6	2	–	2.2	12.2

*اجرایی: در دست اجرا ** مطالعاتی: در دست مطالعه

در این بررسی برای وزن‌دهی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در برآورد آبدهی ورودی به مخزن سدهای استان کرمانشاه از ۸ روش تصمیم‌گیری (جدول ۱) استفاده شد. در گام نخست با استفاده از نتایج پرسشنامه، مصاحبه و بررسی گزارشات مطالعات سدهای مخزنی در آرشیو شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه، داده‌های خام تولید و سپس با طیف ده تایی لیکرت این داده‌ها کمی شد. ضریب‌آلفای‌کرونباخ برای سنجش سازگاری درونی پرسشنامه به‌کار گرفته شده است. آلفای کرونباخ بر اساس میانگین کواریانس (یا همبستگی) پرسش‌های موجود در یک پرسشنامه به‌دست می‌آید. این ضریب در نرم افزار SPSS به‌راحتی قابل محاسبه است و معمولاً مقادیر مثبت بالای ۰/۷ را مناسب در نظر می‌گیرند و اگر منفی به‌دست بیاید نشان دهنده ناهمگنی (ناسازگاری) زیاد است (رابطه ۱):

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S^2}\right) \quad (1)$$

K تعداد آیتم‌ها، S_i^2 واریانس آیتم شماره i و S^2 واریانس کل آزمون (واریانس مجموع نمرات آیتم‌ها) است.

بر اساس اهمیت هر شاخص، میزان پراکندگی داده‌های مربوط به ستون آن شاخص در ماتریس تصمیم است. در این روش ابتدا ماتریس تصمیم با m گزینه و n شاخص ترجیحاً با روش نرم مجموع نرمال می‌شود:

[3] DEMATEL

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}} , i = 1 , \dots , \quad m , \ j = 1 , \dots , n \qquad (۲)$$

میزان آنتروپی با استفاده از رابطه ۳ قابل محاسبه است:

$$E_j = \frac{1}{L_n(m)} \left(\sum_{i=1}^{m} r_{ij} Ln(r_{ij}) \right), i = 1 , \dots , \ m , \ j = 1 , \dots , n \qquad (۳)$$

برای تعیین اندازه عدم اطمینان یا درجه از رابطه ۳ و تعیین وزن هر یک از معیارها از رابطه ۴ استفاده می‌شود:

$$dj = 1 - Ej \qquad (۳)$$

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j} \qquad (۴)$$

در روش تحلیل سلسله مراتبی از نرم افزار اکسپورت چویس[1] و در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاپسیس فازی نیز با بهره‌گیری از ماکروهای نوشته شده در محیط نرم افزار اکسل محاسبات قابل انجام است. در مورد سایر روش‌ها از صفحه گسترده همراه با نرم‌افزار Calculator Matrix استفاده شد. نهایتاً با استفاده از روش‌های میانگین، کپلند و بردا، گزینه غالب در تخمین آورد ورودی به سدهای مورد مطالعه تعیین شد.

انتخاب و معرفی عوامل و معیارهای ارزیابی

در این بررسی با استفاده از پنل خبرگان، مراجعه به گزارشات شرکت‌های مهندسین مشاور در ارتباط با مطالعات سدهای مخزنی (شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه، تاریخ‌های مختلف) و پرسشنامه، ۲۱ شاخص یا معیار به‌عنوان عواملی که می‌توانند در ارزیابی‌های آورد به مخزن سدها موثر باشند، تعیین شد (شکل ۲). برای این‌کار، در ابتدا و قبل از اعمال روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمتغیره درارتباط با اولویت‌بندی معیارها و هم‌چنین معرفی گزینه‌ها و شناسایی رتبه‌های برتر از آزمون فریدمن برای بررسی اولویت یک معیار بر معیار دیگر و هم‌چنین از روش PCA[2] برای دسته بندی و بررسی کاهش معیارها و استقلال و استخراج معیارهای مهم (به شکل مولفه) استفاده شد. سپس با استفاده از روش دماتیل میزان تأثیر متقابل معیارها بر هم به‌دست آمد.

در این بررسی بعد از تعیین معیارها و آلترناتیوهای مختلف باتوجه به تعداد زیاد معیارها و به‌منظور جلوگیری از ناسازگاری غیرقابل کنترل در محاسبات، از روش آنتروپی شانون برای رتبه‌بندی معیارها (به‌صورت جداگانه در معیارهای مختلف برای ۱۷ سد مورد مطالعه) به‌عنوان یک فیلتر موثر استفاده شد. در این روش پس از اولویت‌بندی معیارها نسبت به یکدیگر و تشکیل جداول محاسبات، معیارهایی که ارزش عددی آن‌ها مساوی یا بیش‌تر از ۰/۰۶ بیش‌تر بود انتخاب شد. نهایتاً همه معیارها با هم ارزیابی و نتایج نهایی بر مبنای تلفیقی از همه مدل‌های به‌کار گرفته شده تعیین شد. علاوه‌بر استقلال هر معیار در بیان موضوع مرتبط با هر سد، پنج گروه اصلی برای استفاده در ۸ مدل مورد استفاده در این پژوهش تفکیک شد که این ۵ گروه اصلی شامل رویدادهای آب‌شناختی با منشاء طبیعی، رویدادهای آب‌شناختی با منشاء انسانی، کمیت و کیفیت داده های آب و هواشناسی، محدودیت روش‌های تعیین آورد جریان ورودی و مدیریت و تخصیص‌آب بوده و هر گروه به‌عنوان یک "گزینه" در ارزیابی‌های مستقل شرکت داده شده و خود از معیارهای مختلف مرتبط به هم تشکیل یافته است. در شکل۲ مدل مفهومی این عوامل به همراه روش‌های به کار رفته نمایش داده شده است.

رویدادهای آب‌شناختی با منشاء طبیعی

معیارهای انتخابی در این گروه شامل تغییرات آب و هوایی، کمیت و کیفیت بارش، ذخایر برفی و سیستم حوضه آبخیز است. عوامل اقلیمی از جمله عوامل طبیعی است که علی‌رغم ارایه مقالات متعدد در سال‌های اخیر در مورد تأثیر گرمایش زمین و اثر گازهای گلخانه‌ای بر آب و هوا هنوز ابهامات فراوانی در ماهیت تغییرات اقلیمی وجود دارد. تغییر پارامترهای اقلیمی کند بوده و قضاوت اثرات آن بر آورد جریان باید با احتیاط صورت پذیرد. از دیدگاه هواشناسی دوره‌های تر و خشک به‌طور متوالی اتفاق می‌افتد و خشکسالی به‌صورت ترکیبی و پیچیده قابل توضیح است (مسگری و همکاران، ۱۳۹۵؛ فرج زاده،۱۳۸۴؛ عزیزی ۱۳۸۳). کمیت و کیفیت منابع بارش تأثیر بسزایی در میزان آورد ورودی به یک مخزن دارد، این تاثیر در ارتباط تنگاتنگی با سیستم حوضه آبخیز است. صرف‌نظر از اعمال روش‌های دست‌یابی به میزان آورد جریان یک حوضه آبخیز مفروض و هم‌چنین تحلیل سیلاب‌های آن به درون مخازن سدها، شناخت سیستم حوضه آبخیز از دیدگاه توان

[1] Expertchoice
[2] Principle Components Analysis

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]

ایجاد رواناب، شرایط خاص زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، حد واقعی حوضه آبخیز، توان آب‌های زیرزمینی، بازخورد و عملکرد تاریخی حوضه و واکنش آن نسبت به بارش‌های با شدت و مدت مختلف، شناخت رژیم بارش و رودخانه‌های فصلی و غیرفصلی نقش تعیین‌کننده‌ای دارد (شمسایی، ۱۳۹۰).

شکل ۲- مدل مفهومی معیارها و گزینه‌های مؤثر در تخمین ورودی میزان آب به سدهای مخزنی و روش‌های به کار رفته در این پژوهش
Figure 2- Conceptual model of effective criteria and options in forecasting water inflow to the reservoir dams and the methods used in this research

علاوه‌بر این منابع آب دیده نشده در بیلان منابع آب مانند ذخایر برفی (نی‌نیوا و همکاران، ۱۳۹۹) و آب‌های‌کارستی در تخمین آورد واقعی جریان در یک حوضه آبخیز بسیار مهم بوده و در بسیاری از مطالعات به حساب نمی‌آیند. محاسبه سطح پوشش برف و برآورد میزان آب معادل و رواناب حاصل از آن اهمیت زیادی در مدیریت ذخیره آب در مخازن سدها، خطرات سیلاب و استفاده از جریان‌های سطحی دارد (فرضی، ۱۳۸۴). در بیش‌تر حوضه‌های آبریزی که مطالعات سدهای مخزنی در مراحل مختلف در آن انجام شده است ایستگاه برف‌سنجی طراحی نشده است و حتی در صورت وجود ایستگاه برف‌سنجی، به‌غیر از آمار و اطلاعات وزن مخصوص برف، تحلیل خاصی صورت نگرفته است. ذکر این موضوع ضروری است که در برخی از حوضه‌های آبریزی که در نواحی گرمسیری واقع شده اند در ارتفاعات مشرف به حوضه، در برخی از روزهای ارزیابی دارای پوشش برفی بوده و باید در تحلیل‌های آب‌شناختی مد نظر قرار گیرند (فرضی، ۱۳۸۴).

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]

رویدادهای آب‌شناختی با منشاء انسانی

در این گروه معیارهایی مانند تغییرکاربری اراضی، وضعیت بالادست حوضه آبخیز و کاهش دبی پایه رودخانه ناشی از بهره‌برداری از آب‌های سطحی و زیرزمینی قرار دارد. مطالعات تغییرکاربری اراضی در شرح‌خدمات مطالعات سد و شبکه‌های آبیاری گنجانده نشده است. به علت زمان‌بر شدن مطالعات سدهای مخزنی تا اجرا در حوضه‌آبخیز سدهای در دست مطالعه، حقابه‌بران قانونی و غیرقانونی افزایش می‌یابد که موجب تأثیر در دبی پایه و آورد رودخانه‌ها می‌شود به گونه‌ای که برنامه‌ریزی منابع آب سدهای مخزنی با چالش مواجه شده و از اهداف اصلی خود دور می گردد (غلامی و همکاران، ۱۳۸۸). در برخی از حوضه‌های آبریز در مراحل متخلف مطالعات احداث سد مخزنی، شرایط سامانه بالادست و شرایط یکپارچه سیستم حوضه آبریز در نظر گرفته نمی شود و حوضه آبریز به‌صورت مستقل و بدون در نظر گرفتن سازه بالادست یا قابل احداث در آینده، بررسی می‌شود. این موضوع در محدوده سدهای استان کرمانشاه و در چند حوضه‌آبریز که احداث سازه‌های آبی با تأخر و تقدم انجام شده مشاهده می‌شود که نتایج غیرمتعارفی بخصوص در زمان بهره‌برداری به همراه داشته است. علت اصلی این مورد، مفاد قراردادهای منعقده با شرکت‌های مهندسین مشاور است که معمولاً مطالعات یکپارچه سیستم حوضه‌آبخیز در قراردادهای مشاوره درنظر گرفته نمی شود و فقط به میزان تخصیص آب نقطه‌ای توجه می‌شود (قهرمان و سپاسخواه، ۱۳۸۴؛ بزرگ حداد و همکاران، ۱۳۹۳).

کاهش دبی پایه رودخانه‌های دایمی در اندازه‌گیری‌های معمولی و حتی در زمان سیلابی در بسیاری از حوضه‌ها مشهود است. به علت برداشت‌های مجاز و غیرقانونی در دشت‌ها به‌صورت نسبی دبی پایه رودخانه‌ها با افت قابل توجهی مواجه می‌شود. با کاهش بارش‌ها (به‌ویژه به‌صورت برف) و پیشرفت تکنولوژی از لحاظ توانایی در استخراج آبخوان‌های ژرف، تبادل آب رودخانه‌ها اکثراً معکوس شده و رودخانه‌ها آبخوان‌ها را تغذیه می نماید. رژیم اکثر رودخانه‌ها دایمی به‌صورت رودخانه‌های فصلی تغییر ماهیت داده اند و در زمان غیربارش به زهکش فاضلاب‌های شهری و روستایی تبدیل می‌شود (Raudkivi, 2013).

کمیت و کیفیت داده‌های آب و هواشناسی

در این گروه معیارهایی مانند ترمیم و تطویل داده‌ها، اندازه‌گیری، حد حقیقی حوضه، تست‌های آماری و پارامترهای فیزیوگرافی را می‌توان جای داد. اندازه‌گیری و ترمیم و تطویل کمیت‌های هواشناسی در ایستگاه تبخیرسنجی وزارت نیرو و ایستگاه‌های همدید و اقلیم شناسی سازمان هواشناسی صورت می‌گیرد، خطاهای قرائت دستگاه‌ها قابل ردیابی و اصلاح است. شرکت مدیریت منابع آب ایران و مرکز تحقیقات منابع آب (تماب سابق) دستورالعمل‌هایی در مورد شناسایی و رفع خطاهای ناشی از محاسبات دفتری از جمله در نشریه با کد ۱۲۹۲-۳۹۶-۴۳۰ با عنوان ارزیابی داده‌های اندازه‌گیری شده در حوضه‌های معرف و آزمایشی را منتشر کرده است (وزارت نیرو ۱۳۷۹). برای تطویل و ترمیم داده‌ها برای ترمیم خلاء داده‌های آماری می‌توان از روش‌های مختلف آماری مانند روش‌های رگرسیون خطی و غیرخطی استفاده نمود. از نظر آماری امکان دارد که آمار ثبت شده در دو ایستگاه در دو حوضه مجاور و یا غیرمجاور که هیچ‌گونه ارتباط یا تشابه سیستمی و هیدرولوژیکی نداشته باشند، ضریب همبستگی معنی‌داری داشته باشند (Lane, 2002). چنین رویکردی در داده‌های آماری موجب خطاهای جدی در ارزیابی‌ها می‌شود. معمولاً داده‌های آب و هواشناسی به‌صورت سری‌های زمانی هستند، که باید از نظر همگنی استقلال[1]، وجود روند و داده‌های پرت مورد ارزیابی قرار گیرند، در این راستا بسته‌های نرم‌افزاری وجود دارد که امکان آزمایش نمودن انواع روش‌های پارامتری یا غیرپارامتری را همراه با انگاره آماری ذیربط و امکان تحلیل و ارزیابی را در اختیار پژوهش‌گر قرار می‌دهند. نکته قابل توجه این است که شرایط احراز به‌کار بردن تست‌های آماری باید مهیا باشد (Chen, 2022).

در سیستم حوضه آبریز باید به این مهم توجه داشت که تعیین حد ظاهری حوضه آبریز با دقت بالا محاسبه گردد. در برخی از موارد و به‌خصوص در حوضه‌های کارستی حدود آب‌های سطحی و زیرزمینی برهم انطباق ندارد و یکی از راه‌های اصلاح، عدد ضریب جریان در حوضه‌هایی است که آب زیرزمینی را زهکش می‌نمایند (Linsley et al., 1982). پارامترهای فیزیوگرافی قبلاً با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی کاغذی با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ به‌صورت دستی محاسبه می‌شد. با عمومی شدن کاربرد نرم‌افزارهای مختلف از جمله ArcGIS, WMS، نرم‌افزارها به‌صورت اتوماتیک DEM را ساخته و کلیه پارامترهای فیزیوگرافی را استخراج می‌نمایند (میهن‌یار ۱۳۸۴).

محدودیت روش‌های تعیین آورد جریان ورودی

در این گروه می‌توان معیارهای مربوط به مدل‌های ریاضی، روش‌های آماری و روش‌های تجربی را گنجاند. در مطالعات هیدرولوژی در یک منطقه که ایستگاه هیدرومتری در حوضه یا حوضه‌های مجاور آن وجود داشته باشد مرسوم‌ترین روش، استفاده از روش‌های آماری شناخته

[1] Independent

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]

شده است. قبلاً با استفاده از مرتب نمودن صعودی یا نزولی داده‌های ثبت تاریخی در مورد دبی‌های مختلف (سیلابی و عادی) و استفاده از احتمال‌های تجربی و ترسیم آن در کاغذهای احتمالی، دبی‌های با دوره‌های بازگشت مختلف را محاسبه می‌کردند، اخیراً همین عملیات توسط نرم‌افزارهای آماری انجام می‌گیرد. نکته قابل توجه طول دوره آمار ثبت شده در ایستگاه‌های اندازه‌گیری است که برآورد دبی با احتمال کم‌تر را با خطا توأم می‌سازد، برای دست‌یابی به توزیع مناسب معمولاً از تست‌های برارزش مثل χ_2 یا کلموگراف اسمیرنوف، استفاده می‌شود (Chen, 2022). در روش‌های‌تجربی از روابط جاستین، انجمن زارعی هندوستان، کمبود جریان و... استفاده می‌شود. روابط SCS (انجمن حفاظت خاک امریکا) فرانکو رودیه، کریگر، کریتسکی منگل و .... از جمله روش‌های تجربی برای دست‌یابی به آورد و دبی سیلابی حوضه‌های آبریز در حوضه‌های فاقد ایستگاه هیدرومتری هستند (Gray, 1970).

محدودیت‌های این روابط این است که معمولاً بودن توجه به شرایط هیدرولوژیکی و سیستم حوضه‌ای مورد مطالعه، استفاده می‌شوند. مدل‌های‌ریاضی در قالب نرم‌افزاری معمولاً توسط شرکت‌های مهندسین مشاورین مختلف در مطالعات هواشناسی و هیدرولوژیکی انجام نمی‌شود بلکه بیش‌تر از روش‌های آماری و تجربی استفاده می‌شود. با این حال در مطالعات برنامه‌ریزی آب از مدل‌های ریاضی بهره‌برداری از مخازن مثل vensim, Hec-Ressim Resopsim مرسوم است (Vermeer, 1992). در همه این موارد دقت نهایی در ارزیابی آورد ورودی به مخزن سد مهم است و می‌تواند نتیجه نهایی را با خطا همراه سازد.

عوامل مدیریتی و تخصیص آب

در این گروه عواملی مانند شرح‌خدمات مصوب، احداث ایستگاه‌های آب و هواشناسی موقت، کیفیت ایستگاه‌های آب و هواشناسی، آبخیزداری بالادست حوضه آبخیز و اعمال دستورالعمل‌های مختلف مؤثر در ارزیابی توسط وزارت نیرو قابل بحث است. شرح خدمات مصوب مبنای انجام مطالعات فازهای مختلف در برآورد جریان ورودی به سدهای مخزنی در ایران است که توسط نشریات استاندارد مهندسی آب دفتر فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی (وزارت نیرو۱۳۸۶) شامل ویرایش‌های مختلف فهرست خدمات مطالعات شناسایی و مراحل اول و دوم سدهای مخزنی از جمله مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی و برنامه‌ریزی منابع آب ارایه شده‌است (وزارت نیرو، ۱۳۸۶). نشریات استاندارد صنعت آب و وزارت نیرو نیز به صورت مستقل یا مشترک با سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی طیف وسیعی از مقولات در ارتباط با رشته آب را در بر می‌گیرد که فهرست نشریات مذکور از طریق درگاه‌های مرتبط قابل دست‌یابی است (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۵).

در مطالعات سدهای مخزنی در وزارت نیرو ایستگاه‌های خاصی برای مدت محدود در حوضه سدهای مورد مطالعه احداث ممی‌شود تا بتوان ارزیابی دقیق‌تری از پارامترهای هواشناسی و هیدرولوژیکی حوضه آبریز داشت و بعد از خاتمه مطالعات یا به‌صورت ایستگاه‌های زمان بهره‌برداری (ورودی و خروجی سدها) فعالیت آن استمرار می‌یابد یا این‌که ایستگاه برچیده می‌شود. در مطالعات برخی از سدهای مخزنی متاسفانه حتی یک اشل معمولی برای دست‌یابی به اطلاعات آن، در زمان اندازه‌گیری‌های هم‌زمان نصب نشده و اندازه‌گیری و نمونه‌برداری‌های رسوب که در زمان وقوع سیلاب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است به‌دلیل درجه سه بودن ایستگاه آب‌سنجی و عدم وجود پل تلفریک، در داخل آب انجام شده است. بنابراین حجم مرده سد که بر اساس این اطلاعات تعیین می‌شود چه از دیدگاه بهره‌برداری و چه از لحاظ مسائل مالی و هزینه ای با چالش بزرگی مواجه می‌شود (شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه، ۱۳۸۸).

علاوه‌بر این، احتمال قرار گرفتن محل ایستگاه‌های هواشناسی (به‌خصوص باران‌سنجی) تحت پوشش سازمان هواشناسی و وزارت نیرو در حوضه‌های آبریزی که مطالعات سد مخزنی در آن انجام می‌شود بیش‌تر است چرا که تعداد آن نسبت به ایستگاه آب‌سنجی فراوان‌تر است. دست‌یابی به داده و اطلاعات ایستگاه‌های باران‌سنجی و باران‌سنجی ثبات در حوضه‌های مورد مطالعه باتوجه به ماهیت بارش، نسبت به سایر پارامترهای هواشناسی از قبیل، رطوبت، دما، تبخیر و ... از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. اکثر گرادیان‌های بارش به‌دلیل فقر داده در ارتفاعات با خطا مواجه می‌شود. اخیراً کلیه ایستگاه‌های باران‌سنجی ذخیره‌ای به ایستگاه‌های باران‌سنج معمولی تبدیل شده‌اند. وجود ایستگاه‌های باران‌سنج معمولی و ذخیره‌ای در حوضه‌های مورد مطالعه سدهای مخزنی، تحلیل داده‌های ذیربط را از اعتبار بیش‌تری برخوردار می‌سازد.

وجود ایستگاه‌های هیدرومتری در حوضه‌های مورد مطالعه سدهای مخزنی یا حوضه‌های مجاور آن (قبل یا بعد از جانمایی محل سدهای مخزنی) و استفاده از آمار ثبت شده موجب دقت مطالعات می‌شود. با توجه به این‌که معمولاً محل ایستگاه‌های هیدرومتری در بازه‌های مستقیم رودخانه و در جایی که شرایط جریان طبیعی باشد و کل جریان را دربربگیرد قرار دارد، در صورت مناسب بودن شرایط زمین شناسی مهندسی و مناسب بودن برای احداث سرریز (طبیعی یا غیر آن) سد در همان محل احداث می‌شود. در صورت عدم وجود

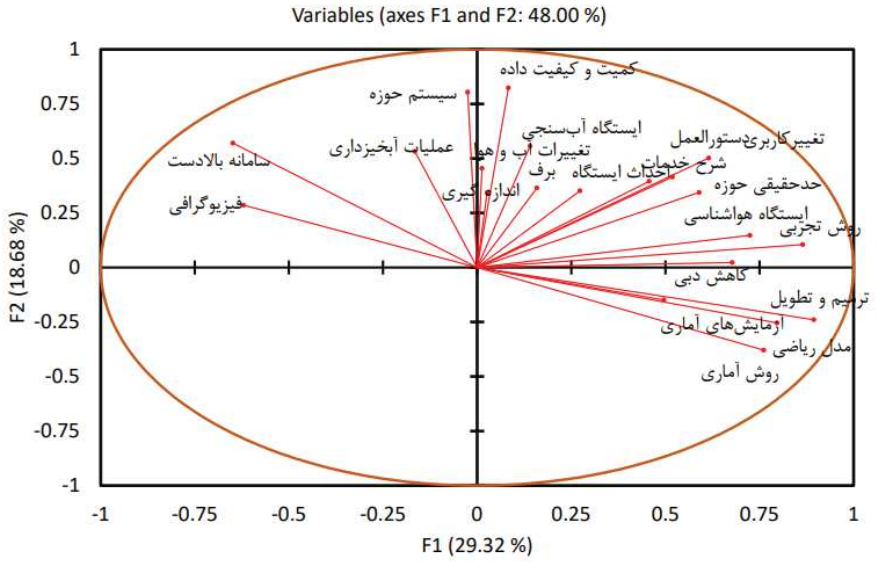
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]

ایستگاه‌های هیدرومتری در حوضه‌های آبریز مورد مطالعه و استفاده از آمار بازسازی‌شده ایستگاه‌های مجاور که شرایط هیدرولوژیکی متفاوتی دارند معمولاً تخمین و برآورد آبدهی و سیلاب را با اشتباه و خطا توأم می‌سازد (شرکت آب منطقه ای کرمانشاه، ۱۳۸۸).

با توجه به این‌که عملیات آبخیزداری و مطالعات ذیربط توسط وزارت جهادکشاورزی انجام می‌شود و وزارت نیرو عهده‌دار مطالعات سدهای مخزنی است، معمولاً این دو وزارت‌خانه بدون ایجاد هماهنگی‌های لازم بررسی‌ها را انجام می‌دهند. تأثیر عملیات آبخیزداری در تعدیل رسوبات وارد شده به مخزن سد و نقش مدیر پروژه سدسازی برای ایجاد هماهنگی در مورد مطالعات آبخیزداری قابل توجه است، گاهی مطالعات و عملیات آبخیزداری در زمان احداث سازه یا قبل یا بعد از زمان احداث آن انجام شده و گاهی هم کلاً انجام نشده است (فرضی و آل شیخ، ۱۳۸۱). با توجه به کاهش دبی رودخانه‌ها در سال‌های اخیر در سدهای مخزنی در دست مطالعه، نتیجه تحلیل داده‌های ورودی (به‌ویژه آماری) سدهای مخزنی را با تردید مواجه ساخته و برای تعیین تکلیف گزارش‌های هیدرولوژیکی که توسط مشاورین ارایه می‌شود، وزارت نیرو نسبت به انتشار دستورالعمل‌های مختلفی از جمله دستورالعمل حذف روند از داده‌های ایستگاه هیدرولیکی که مبنای تخمین آورد رودخانه است اقدام نموده است. در این دستورالعمل کاهش ناشی از تغییرات جوی و میزان بهره‌وری در حال و آینده ثابت در نظر گرفته می‌شود (وزارت نیرو، ۱۳۸۵؛ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، ۱۳۸۵).

نتایج و بحث

در گام نخست این پژوهش نتایج مصاحبه با خبرگان و کارشناسان بخش آب به‌صورت حضوری و پرسشنامه‌ای و هم‌چنین رجوع به گزارشات مرتبط با سدهای مختلف، امتیازات خام معیارهای کیفی در طیف ده‌تایی لیکرت به مقادیر کمی تبدیل شد (جدول‌های ۱، ۲ و ۳ پیوست). با استفاده از نرم‌افزار SPSS آلفای کرونباخ در ارتباط با هر یک از پرسشنامه‌ها محاسبه شد که در همه موارد نتایج قابل‌قبول به‌دست آمد. با در نظر گرفتن تعداد معیارها با روش آنتروپی شانون (رابطه ۱) معیارهای مساوی و بالای ۰/۰۶ برای هر سد به‌عنوان معیار قابل ارزیابی انتخاب شد (جدول ۴ پیوست).



شکل ۳- نمودار PCA معیارهای مختلف استفاده شده در این پژوهش

Figure 3- PCA classificatiob of different criteria used in this research

به‌منظور پیش‌پردازش معیارها و دسترسی به پارامترهای آماری امتیازهای داده شده به هر یک از معیارها از آزمون فریدمن[1] برای بررسی اولویت یک معیار بر معیار دیگر (جدول ۳ پیوست) و هم‌چنین از روش PCA[2] برای خوشه‌بندی و دسته‌بندی و بررسی کاهش معیارها و هم‌چنین استقلال و در نهایت تغییرپذیری کم‌تر و استخراج معیارهای مهم (به شکل مولفه) استفاده شد که نتایج آن در نمودار

[1] Friedman's test
[2] Principle Components Analysis

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]

شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج این دسته بندی نشان داد که معیارهای مختلف را نمی‌توان به‌عنوان نماینده سایر معیارها برگزید و باید در ارزیابی همه معیارهای مرتبط مورد ارزیابی قرار گیرند.

داده‌ها در هر گروه ابتدا از نظر نرمال بودن بررسی و سپس با تحلیل واریانس با داده‌های تکراری، آزمون فریدمن مورد ارزیابی قرار گرفتند. سطح معنی‌داری آزمون‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. برای این کار دو فرض متصور است: H0 که نمونه‌ها از یک جامعه می‌آیند و Ha که نمونه‌ها از یک جامعه نمی‌آیند. از آن‌جایی که p-value محاسبه شده کم‌تر از سطح معناداری alpha=۰/۰۵ است، باید فرضیه صفر H0 را رد کرد و فرضیه جایگزین Ha را پذیرفت. خطر رد فرضیه صفر H0 در حالی که درست است کم‌تر از ۰/۰۱ است. پیوندها در داده‌ها شناسایی شده و اصلاحات مناسب اعمال شده است. تعداد معیارهای قابل ارزیابی در هر سد بر اساس نتایج آنتروپی شانون به‌دست آمد (جدول ۵ پیوست). سد سومار و هرسین با ۹ معیار یکی از مسئله‌دارترین سدهای مورد مطالعه در این پژوهش است. دایک گیلان‌غرب با دو معیار درگیر کم‌ترین معیار را به خود اختصاص داده است. باید به این نکته توجه داشت که دایک سد گیلان‌غرب برای حل برخی مسائل ناشی از شکست در ارزیابی ورودی به مخزن سد گیلان‌غرب طراحی شده و طبیعی است که معیارهای درگیر کم‌تری را به خود اختصاص دهد. سدهای قشلاق، کبوترلانه و هواسان با پنج معیار در رده بعدی قرار می‌گیرند. در ادامه با روش‌های هشت‌گانه مورد استفاده در این پژوهش هر یک از معیارهای مرتبط با ارزیابی تخمین آورد به مخازن سدهای مورد بررسی و وزن‌های مختلف آن‌ها به‌دست آمد. بعد از به‌دست آوردن وزن‌های هر معیار، بر اساس وزن بالاتر به پایین‌تر، معیارها رده‌بندی شد. رده بالاتر (۱) نشان‌دهنده اهمیت بیش‌تر در این بررسی است.

نتایج مدل‌های به‌کار رفته در این بررسی

در مدل SAW مهم‌ترین معیارها به‌ترتیب اهمیت رتبه‌های ۱ تا ۳ شامل پارامترهای فیزیوگرافی، معیارهای اندازه‌گیری و ایستگاه‌های هواشناسی است که تعداد رتبه‌های اول تا سوم بیش‌تری را به‌خود اختصاص داده‌اند (جدول ۵ پیوست). این معیارها در گزینه‌های کمیت و کیفیت داده‌های آب و هواشناسی و مدیریت تخصیص واقع شده‌اند. همه سدهای مورد بررسی سه معیار با رتبه‌های ۱ تا ۳ را به خود اختصاص داده‌اند (به‌جز دایک گیلان‌غرب و سد تنگ حمام با دو معیار). سدهای گیلان‌غرب، زمکان، سلیمان‌شاه و شیان با چهار معیار دارای رتبه ۱ تا ۳ بیش‌ترین معیارهای دارای رتبه بالا را دارند.

در مدل AHP مهم‌ترین معیارها به‌ترتیب اهمیت رتبه‌های ۱ تا ۳ شامل معیارهای اندازه‌گیری، ایستگاه‌های هیدرومتری و احداث ایستگاه‌های آب و هواشناسی است که بیش‌ترین تعداد رتبه‌های اول تا سوم را به خود اختصاص داده‌اند. این معیارها در گزینه‌های کمیت و کیفیت داده‌های آب و هواشناسی و مدیریت تخصیص قرار می‌گیرند. همه سدهای مورد بررسی بجز دایک گیلان‌غرب و سد زاگرس(با دو معیار) سه معیار با رتبه های ۱ تا ۳ را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۶ پیوست).

در مدل FAHP مهم‌ترین معیارها به‌ترتیب اهمیت رتبه‌های ۱ تا ۳ شامل معیارهای ایستگاه‌های هیدرومتری، اندازه‌گیری، ایستگاه‌های هواشناسی و روش‌های تجربی است که بیش‌ترین تعداد رتبه‌های اول تا سوم را به خود اختصاص داده‌اند. این معیارها در گزینه‌های مدیریت تخصیص، کمیت و کیفیت داده‌های آب و هواشناسی و محدودیت روش‌های تعیین آورد جریان ورودی قرار می‌گیرند. سدهای گاوشان با ۷ معیار رتبه بالا و سومار و داریان با چهار معیار با رتبه‌های برتر در مکان‌های اول و دوم بیش‌ترین معیارها و سدهای گیلان‌غرب، جامیشان، دایک گیلان‌غرب و هرسین با دو معیار دارای رتبه برتر، کم‌ترین معیار با رتبه های ۱ تا ۳ را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۷ پیوست).

در مدل VIKOR مهم‌ترین معیارها به‌ترتیب اهمیت رتبه‌های ۱ تا ۳ شامل پارامترهای فیزیوگرافی، ایستگاه‌های هواشناسی و ایستگاه‌های هیدرومتری است. سدهای گیلان‌غرب و تنگ حمام دو سدی هستند که بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد معیارهای با رتبه‌های ۱ تا ۳ را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج این مدل اهمیت دو گزینه مدیریت تخصیص و کمیت و کیفیت داده‌های آب و هواشناسی را نشان می‌دهد (جدول ۸ پیوست). در مدل TOPSIS مهم‌ترین معیارها به‌ترتیب اهمیت رتبه‌های ۱ تا ۳ شامل معیارهای ایستگاه‌های هیدرومتری، پارامترهای فیزیوگرافی و ایستگاه‌های هواشناسی است که بیش‌ترین تعداد رتبه‌های اول تا سوم را به خود اختصاص داده‌اند. این معیارها در گزینه‌های مدیریت تخصیص، کمیت و کیفیت داده‌های آب و هواشناسی قرار می‌گیرند. سد گیلان‌غرب با پنج معیار رتبه ۱ و ۲ و ۳ (دو مورد) و زاگرس با ۲ معیار با رتبه های ۲ و ۳ بیش‌ترین و کم‌ترین معیارهای با رتبه های ۱ تا ۳ را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۹ پیوست).

در مدل F.TOPSIS مهم‌ترین معیارها به‌ترتیب اهمیت رتبه‌های ۱ تا ۳ شامل پارامترهای فیزیوگرافی، عملیات آبخیزداری و اندازه‌گیری (همزمان در رتبه دوم) و معیار روش‌های تجربی است که اهمیت سه گزینه کمیت و کیفیت داده‌های آب و هواشناسی، مدیریت

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]

تخصیص و محدودیت روش‌های تعیین آورد جریان ورودی را نشان می‌دهد. همه سدهای مورد بررسی به‌جز دایک گیلان‌غرب (با دو معیار) سه معیار با رتبه‌های ۱ تا ۳ را به خود اختصاص داده‌اند و عملاً تمایز چندانی قابل مشاهده نیست (جدول ۱۰ پیوست).

در مدل PROMETEE مهم‌ترین معیارها به‌ترتیب اهمیت رتبه‌های ۱ تا ۳ شامل پارامترهای فیزیوگرافی، ایستگاه‌های هواشناسی و ایستگاه‌های هیدرومتری (همزمان در رتبه دوم) و معیار اندازه‌گیری است. سدهای داریان، گیلان‌غرب و شیان سه سدی هستند که تعداد معیارهای مهم بیش‌تری (هر یک چهار معیار با رتبه های ۱ تا ۳) را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج این مدل اهمیت دو گزینه مدیریت تخصیص و کمیت و کیفیت داده‌های آب و هواشناسی را نشان می‌دهد (جدول ۱۱ پیوست).

در مدل ELECTRE مهم‌ترین معیارها به‌ترتیب اهمیت رتبه‌های ۱ تا ۳ عبارتند از ایستگاه‌های هیدرومتری، پارامترهای فیزیوگرافی و اندازه‌گیری است. سدهای گیلان‌غرب و جامیشان دو سدی هستند که تعداد معیارهای مهم بیش‌تری (هر چهار معیار با رتبه های ۱ تا ۳) را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج این مدل حاکی از اهمیت دو گزینه مدیریت تخصیص و کمیت و کیفیت داده‌های آب و هواشناسی در روش الکتره است (جدول ۱۲ پیوست).

نتایج ارزیابی ۱۷ سد مورد بررسی در این پژوهش با هشت مدل مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره حاکی از اهمیت عوامل مختلفی است که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از پارامترهای فیزیوگرافی، ایستگاه‌های هیدرومتری، اندازه‌گیری، ایستگاه‌های هواشناسی، روش‌های تجربی و عملیات آبخیزداری. دو عامل پارامترهای فیزیوگرافی و اندازه‌گیری در گروه کمیت و کیفیت داده‌های آب و هواشناسی قرار می‌گیرند. معیارهای ایستگاه‌های هواشناسی و احداث ایستگاه‌های موقت جزو گروه تخصیص و مدیریت و روش‌های تجربی در گروه محدودیت روش‌های تعیین آورد جریان ورودی به مخازن قرار می‌گیرند. نتایج ارزیابی این ۲۱ معیار با هشت روش مختلف نشان داد در هیچ یک از سدهای مورد مطالعه رویدادهای مرتبط با عوامل آب‌شناختی مانند تغییرات‌اقلیمی یا خشکسالی که مکرراً به‌عنوان عامل شکست در ارزیابی‌ها مطرح شده‌اند نیامده است. این نتایج نشان داد که اطلاق خشکسالی و تغییرات اقلیمی برای عدم تخمین آورد درست جریان به مخازن سدها، غیرعلمی و صرفاً توجیهی برای اهمال در خطاهای مهندسی یا کمبود داده‌های با کیفیت یا نقصان داده‌ای است. دو گروه رویدادهای آب‌شناختی با منشاء طبیعی و انسانی چندان تأثیری در عدم انطباق آورد ورودی جریان به مخازن سدهای مخزنی ندارند.

نتایج ارزیابی گزینه‌های پنج‌گانه

همه مراحل گفته‌شده برای ارزیابی معیارهای مختلف (۲۱ معیار) با هشت روش مورد بررسی در این پژوهش برای ارزیابی پنج گزینه اصلی به‌کار رفت. بعد از تعیین وزن‌های هر گزینه با هر یک از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، رتبه وزن به‌دست آمده در کل وزن‌های گزینه مرتبط تعیین و تنظیم شد (جدول ۱۳ پیوست). بعد از تعیین رتبه‌های ۱۷ سد مورد مطالعه با هشت روش منتخب در تصمیم‌گیری چندمعیاره، با اعمال نتایج در روش‌های استراتژیک میانگین، بردا و کپلند، گزینه‌های برتر برای هر گزینه تعیین و نهایتاً گزینه اصلی برمبنای تجمیع رتبه‌های بالاتر تعیین شد.

بر اساس یافته‌های پژوهش گزینه‌ای که دارای فراوانی بیش‌تری نسبت به سایر گزینه‌ها است، گزینه تناسب تخصیص آب در هر سد مخزنی است، در واقع عدم تناسب میزان تخصیص آب با اهداف مطالعات سد مخزنی و زمان‌بر شدن مطالعات و اجرای سد، باعث انحراف از مسیر درست برنامه‌ریزی‌های از پیش انجام شده در سدهای مخزنی می‌شود و متولیان به ناچار با تصمیم‌گیری‌های مقطعی، حتی در زمان اجرا، اهداف طرح را تغییر می‌دهند و اگر این کار بدون تحلیل‌های اقتصادی و در نظر گرفتن اهداف بهره‌برداری باشد نتیجه آن از دست دادن فرصت‌ها و هدر رفت سرمایه گذاری‌ها می‌شود. نمونه بارز چنین روندی در سد گیلان‌غرب قابل ذکر است. این سد صرفاً بر مبنای یک تصمیم مدیریتی و به‌منظور توسعه در منطقه مرزی اجرا و بعد از عملیات آبگیری و بهره‌برداری با کسری حجم مخزن شدید مواجه شد. برای رفع این نقص، متولیان به‌ناچار دایک گیلان‌غرب را با تحمیل هزینه‌های بالا و علیرغم محدودیت‌های فنی اجرا نموده‌اند.

جدول ۲- نتایج نهایی گزینه غالب در مطالعه سدهای مخزنی استان کرمانشاه

Table 2- The final results of the dominant option in the study of reservoir dams in Kermanshah province

سد	میانگین	بردا	کپ‌لند	غالب	سد	میانگین	بردا	کپ‌لند	غالب
I	V_5	V_5	V_5	V_5	X	V_5	V_5	V_5	V_5
II	V_5,V_3	V_5	V_5	V_5	XI	V_5	V_5	V_5	V_5
III	V_3	V_3,V_4,V_5	V_3,V_4,V_5	V_3	XII	V_5	V_5	V_5	V_5
IV	V_5	V_4,V_5	V_4,V_5	V_5	XIII	V_5,V_3	V_5	V_3	V_3
V	V_5	V_4,V_5	V_4,V_5	V_5	XIV	V_5	V_5	V_5	V_5
VI	V_3	V_3	V_3	V_3	XV	V_5	V_4,V_5	V_4,V_5	V_5
VII	V_5	V_5	V_5	V_5	XVI	V_5	V_5	V_5	V_5
VIII	V_5,V_3	V_3,V_4,V_5	V_3,V_4,V_5	V_5	XVII	V_5	V_5	V_5	V_5
IX	V_5	V_5	V_5	V_5					

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]

نتیجه‌گیری

معمولاً مسائل و مشکلات عدم تطبیق اهداف سدهای مخزنی با پیش بینی‌های طرح به وقوع خشکسالی، تغییرات آب و هوایی و سایر عوامل طبیعی نسبت داده می‌شود. بر اساس یافته‌های این پژوهش، گزینه‌ای که دارای فروانی بیش‌تری نسبت به سایر گزینه‌ها در بررسی ۱۷ سد مخزنی در دست اجرا و بهره‌برداری است، گزینه تناسب تخصیص آب در هرسد مخزنی است. نتایج این بررسی نشان داد که عوامل و رویدادهای آب‌شناختی مانند تغییرات اقلیمی و خشکسالی و هم‌چنین تغییرکاربری اراضی تأثیر چندانی در عدم موفقیت در ارزیابی‌های آورد ورودی جریان به مخازن سدها نداشته است. مهم‌ترین مسائل مرتبط با تخمین آورد ورودی جریان به خطاهای مهندسی در مدیریت و تخصیص منابع آب، عدم وجود اندازه‌گیری‌های درست در ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری و در برخی موارد نقش عملیات آبخیزداری است. نتایج نشان داد طول کشیدن اجرای سدهای مخزنی و عدم ارزیابی درست از معیارهای درگیر در تخمین آورد درست به یک مخزن سد، می‌تواند کل پروژه را با شکست مواجه سازد. بر این مبنا در مطالعات اساسی منابع آب، باید اذعان داشت که مطالعات به‌صورت نقطه‌ای و بدون توجه به سیستم کلی حوضه و حوضه‌های اصلی و بدون در نظر گرفتن جنبه‌های بهره‌برداری مشترک، نتایج معتبری به‌همراه ندارد و لازم است در قوانین و روش‌های مطالعات منابع آب و نیز در ساختار متولیان آب تجدیدنظر کلی شود.

نتایج این بررسی نشان داد ایجاد بانک اطلاعات تخصیص آب بر پایه داده و اطلاعات معتبر و سامانه اطلاعات مکانی و پایش مستمر آن به همراه انجام مطالعات و بهره‌برداری و کلاً مدیریت یکپارچه منابع‌آب در حوضه‌های آبریز اصلی و فرعی جزو ضروریات هرگونه ارزیابی مهندسی است که در برخی سدهای مخزنی ساخته شده در استان کرمانشاه ضعف آن مشهود است. علاوه‌بر این بازنگری در شرح خدمات مطالعات سدهای مخزنی، لحاظ نمودن جنبه‌های بهره‌برداری از ابتدای مطالعات طرح‌ها تا انتهای اجرا و پس از آن تشکیل شرکت‌های بهره‌برداری و توانمندسازی آن از شروع مطالعات طرح‌ها و جلب همکاری آنان از زمان مطالعات تا اجرا و بهره‌برداری از طرح‌ها از مسائل مهمی است که باید در مدیریت و تخصیص آب در طرح سدهای مخزنی باید با جدیت مورد توجه قرارگیرد. تشکیل جلسات کارشناسی به‌منظور بررسی و تحلیل آسیب‌های مطالعه شده با حضور شرکت‌های مطالعه‌کننده طرح سدهای مخزنی و انجام پژوهش‌های مشابه در ارتباط با آسیب شناسی ارزیابی و تخمین آورد جریان به سدهای مخزنی از دیدگاه‌های فنی به‌منظور تدوین استانداردهای ملی و عملیاتی نمودن مندرجات نظام نامه تخصیص‌آب به‌خصوص در ارتباط با بازتخصیص می‌تواند در رسیدن به مطلوب و کاهش هزینه‌ها و مهندسی ارزش سازه‌های بزرگ تأمین و یا استحصال آب بسیار حیاتی باشد.

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

حمایت مالی: این پژوهش در قالب رساله دکتری نویسنده اول (ناصر فرضی) در دانشگاه شهید چمران انجام شده است.

مشارکت نویسندگان: ناصر فرضی: مفهوم‌سازی، انجام تحلیل‌های نرم‌افزاری/آماری، نگارش نسخه اولیه مقاله؛ علی محمد آخوندعلی: راهنمایی، ویرایش و بازبینی مقاله، کنترل نتایج؛ محمدرضا شریفی: مفهوم‌سازی، مشاوره، بازبینی متن مقاله، تحلیل‌های آماری.

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

سپاس‌گزاری: از همکاری‌های بی‌شائبه شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه سپاس‌گزاری می‌شود.

منابع

اصغرپور، م.ج. (۱۳۹۰) تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره، انتشارات دانشگاه تهران.

برهانی‌داریان، ع.ر. و ا. افتخارجوادی (۱۳۸۴). نقش عدم قطعیت پیش‌بینی جریان ورودی در بهره‌برداری بهینه از مخازن. تحقیقات منابع آب ایران, ۱(۳): ۱-۱۵.

دهقان، ه. و م. مکاری (۱۳۹۸). ارزیابی و اصلاح مدل‌های والیانتز برای برآورد تبخیر- تعرق گیاه مرجع در شرایط کمبود داده. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۹(۴): ۸۶-۹۷. doi: 10.22125/iwe.2019.90251

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (۱۳۸۵) بخشنامه شماره ۴۲۳۳۹ با عنوان نظام فنی و اجرایی کشور
شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه (۱۳۸۸) شناسنامه ایستگاه‌های هیدروکلیماتولوژی استان کرمانشاه شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمانشاه (معاونت مطالعات پایه منابع آب).
شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمانشاه (۱۳۸۸) شناسنامه ایستگاه‌های هیدروکلیماتولوژی استان کرمانشاه (معاونت مطالعات پایه منابع آب).
شمسایی، ا. (۱۳۹۰) مهندسی سیستم‌های منابع آب، موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.
عزیزی، ق. (۱۳۸۳) تغییر اقلیم، انتشارات قومس.
عطائی، م. (۱۳۸۹) تصمیم‌گیری چندمعیاره، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، ۳۳۳ صص.
غلامی، و.، م. بشیر گنبد، م. عضدی و ع. جوکار (۱۳۸۸) بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی در ایجاد رواناب و خطر سیلاب حوزه‌ی آبخیز کسیلیان. علوم ومهندسی آبخیزداری ایران، ۳ (۹): ۵۵-۵۷.
فرج زاده، م. (۱۳۸۴) خشکسالی از مفهوم تا راهکار، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
فرضی، ن. (۱۳۸۴) برآورد میزان ذوب برف در حوضه‌های آبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، کمیته تحقیقات شرکت آب منطقه‌ای غرب.
فرضی، ن. و ا. آل شیخ (۱۳۸۱) کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در تهیه نقشه فرسایش حوضه‌ها. مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی- فرسایش خاک و توسعه پایدار خرداد. https://civilica.com/doc/34359
قهرمان، ب. و ع.ر. سپاسخواه (۱۳۸۴). مدیریت بهره‌برداری از مخازن سدها، تحقیقات منابع آب ایران، سال اول، شماره ۲.
گودرزی، م.، س.ا. حسینی و ا. مسگری (۱۳۹۵) مدل های آب و هواشناسی، انتشارات آذرکلک .
مکاری، م. و م. عباس نیا (۱۳۹۹). تحلیل روند دمای بیشینه با استفاده از آزمون من- کندال و اسپیرمن در مناطق مختلف ایران. نیوار، ۴۴(۱۰۸-۱۰۹): ۳۱-۴۴. doi: 10.30467/nivar.2020.211885
میهن‌یار، ب. (۱۳۸۴) مطالعات فیزیوگرافی حوضه های آبریز با استفاده از GIS کمیته تحقیقات شرکت آب منطقه‌ای غرب پژوهشگر.
نی‌نیوا، س.پ.، ک. شاهدی، ص.ا. زاهدی و ه. انتظامی (۱۳۹۹) سهم برآورد رواناب ناشی از ذوب برف در تامین نیاز آبی اراضی زراعی زیرحوضه چهل‌گزی، استان کردستان. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۴(۱۲): ۹۶۲-۹۷۲
وزارت نیرو (۱۳۷۹) ارزیابی داده‌های اندازه گیری شده در حوضه‌های معرف و آزمایشی، معاونت تلفیق مطالعات کد ۱۲۹۲-۳۹۶-۳۰.
وزارت نیرو (۱۳۸۵)، دستورالعمل حذف روند (Detrending) و طبیعی‌سازی جریان آب
وزارت نیرو (۱۳۸۶) فهرست خدمات مرحله شناسایی سدسازی، نشریه شماره ۳۱۲-الف.

References

Asgharpour, M.J. (2017) *Multi-criteria decision-making*, Tehran University Press. [in Persian].
Asthana, B. N. and Khare, D. (2022) *Dams and the Environmental Issues*. In Recent Advances in Dam Engineering, *(339-354 pp.)*. Springer, Cham.
Atai, M. (2010) *Multi-criteria decision making*, Shahrood University of Technology Publications, *333 pp.* [in Persian].
Azizi, Q. (2004) *Climate Change*. Qoms Publications. [in Persian].
Beach, T. and Dunning, N. (1997). *An ancient Maya reservoir and dam at Tamarindito, el Peten, Guatemal*a. Latin American Antiquity, *8(1): 20-29*.
Borhani Dariane, A. and Eftekhar Javadi, E. (2005) *Assessment of Inflow Forecast Uncertainty in Optimal Reservoir Operation.* Iran-Water Resources Research, *1(3): 1-15*. [in Persian].
Cambrainha, G. M. and Fontana, M. E. (2018) *A multi-criteria decision-making approach to balance water supply-demand strategies in water supply systems*. Production, *28*.
Chen, Y., Wang, D., Liu, D., Li, B. and Sharma, A. (2022) *Statistics in Hydrology*. Water, *14(10): 1571*.
Dehghan, H. and Mokari, M. (2019) *Evaluation and Modification of Valiantzas Models for the Reference Evapotranspiration Estimation by Lack of Data.* Irrigation and Water Engineering, *9*(4): 86-97. [in Persian].
Dehghan, H. and Mokari, M. (2019) *Evaluation and Modification of Valiantzas Models for the Reference Evapotranspiration Estimation by Lack of Data*. Irrigation and Water Engineering, *9*(4): 86-97. [in Persian].
Farajzadeh, M. (2005) *Drought from concept to solution*. publications of the Geographical Organization of the Armed Forces. [in Persian].
Farzi, N. (2004) *Estimating the amount of snow melting in watersheds using satellite images*, Research Committee of West Regional Water Company. [in Persian].

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]

Farzi, N. and Al-Sheikh, W. (2002) *Application of geographic information system in the preparation of watershed erosion map*. Proceedings of the National Conference on Land Management - Soil Erosion and Sustainable Development in June. [in Persian].

Gholami, V., Bashirgonbad, M., Azodi, M. and Jokar Sarhangi, E. (2010) *The Influence of Land Use Changes on Intensifying Runoff Generation and Flood Hazard in Kasilian Watershed*. Journal of Microbial World, *3(9): 55-57*. [in Persian].

Gooderzi, M., Hosseini, S.A. and Mesgari, A. (2015) *Water and Meteorological Models*, Azarkalk Publications. [in Persian].

Gray, D.M. (1970) *Handbook on the Principles of Hydrology*.

Hadiyan, P.P., Moeini, R. and Ehsanzadeh, E. (2020) *Application of static and dynamic artificial neural networks for forecasting inflow discharges, case study: Sefidroud Dam reservoir*. Sustainable Computing: Informatics and Systems, *27: 100401*.

Hamlet, A.F. and Lettenmaier, D.P. (1999) *Columbia River streamflow forecasting based on ENSO and PDO climate signals.* Journal of water resources planning and management, *125(6): 333-341*.

Hero, b. and A.R. Grateful (2004). *Dam reservoir exploitation management*. Iran water resources research, first year, number 2. [in Persian].

ICOLD, (2021) *Dam safety evaluation debated in India*., Hydropower & dams, Issue

Kermanshah Regional Water Company (2008) *Kermanshah Regional Water Joint Stock Company (Deputy for Basic Studies of Water Resources)*. [in Persian].

Kermanshah Regional Water Joint Stock Company (2008*) Kermanshah province hydroclimatology stations (deputy of basic studies of water resources).* [in Persian].

Khan, M.A (1992) *Development of surface water resources*. In: Rehabilitation of degraded Arid Ecosystem, Scientific Publishers, Jodhpur, pp 136– 143

Lane, B. (2002). *Statistical methods in hydrology.*

Linsley Jr, R. K., Kohler, M. A. and Paulhus, J. L. (1975) *Hydrology for engineers*.

Malekmohammadi, B., Zahraie, B. and Kerachian, R. (2011) *Ranking solutions of multi-objective reservoir operation optimization models using multi-criteria decision analysis*. Expert systems with applications, *38(6): 7851-7863*.

Mihanyar, B. (2004) *Physiographic studies of watersheds using GIS*. Research Committee of the West Regional Water Company. [in Persian].

Ministry of Energy (2000) *Evaluation of the measured data in representative and experimental basins*, Deputy of Integration of Studies code, *396-392-1292*. [in Persian].

Ministry of Energy (2006) *instructions for detrending and naturalization of water flow*. [in Persian].

Ministry of Energy (2006) *list of services for the identification stage of dam construction*, Publication *No. 312-A*. [in Persian].

Nainiva, S.P., Shahedi, K., Zahedi, S. and Entezami, H. (2020) *Estimation of snowmelt runoff in water requirement of farmland in Chehelgazi Sub-basin, Kurdistan Province*. Watershed Engineering and Management, *12*(4): 962-976. [in Persian].

Organization of Management and Planning of the country (1385) Circular *No. 42339* with the title of technical and executive system of the country. [in Persian].

Peng, M., Zhang, L., Chang, D. and Xu, Y. (2016). *Dam failure mechanisms and risk assessment*. John Wiley & Sons.

Raudkivi, A.J. (2013). *Hydrology: An advanced introduction to hydrological processes and modelling*. Elsevier.

Scudder, T.T. (2012). *The future of large dams: Dealing with social, environmental, institutional and political costs*. Routledge.

Shamsai, A. (2017) *Water Resources Systems Engineering.* Sharif University of Technology Institute of Scientific Publications. [in Persian].

Singh, J.P., Singh, D. and Litoria, P. K. (2009). *Selection of suitable sites for water harvesting structures in Soankhad watershed, Punjab using remote sensing and geographical information system (RS&GIS) approach—A case study*. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, *37(1): 21-35*.

Taheri, K., Gutiérrez, F., Mohseni, H., Raeisi, E. and Taheri, M. (2015) *Sinkhole susceptibility mapping using the analytical hierarchy process (AHP) and magnitude–frequency relationships: A case study in Hamadan province, Iran*. Geomorphology, *234: 64-79*.

Tahmasebi Birgani, Y. and Yazdandoost, F. (2018). *An integrated framework to evaluate resilient-sustainable urban drainage management plans using a combined-adaptive MCDM technique*. Water Resources Management, *32(8): 2817-2835*.

Vermeer, K. (1992), *Mathematical Modelling*, Lecture Notes, IHE DELFT the Netherlands.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-26]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.3.9]