Water Resources Engineering Journal

Spring 2021. Vol 14. Issue 48

Research Paper

Economic Valuation Framework in Inter-Basin Water Transfer Projects Based on Network Analysis Process (ANP) Method

Mohamad Hosnavi Atashgah[1], Mehdi Yasi[2*], Ebrahim Amiri Takaldani[3]

1. Department of Irrigation and Rehabilitation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Karaj Campus, University of Tehran, Iran

2. Department of Irrigation and Rehabilitation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Karaj Campus, University of Tehran, Iran

3. Department of Irrigation and Rehabilitation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Karaj Campus, University of Tehran, Iran

Received: 2020.5.26
Revised: 2020.9.16
Accepted: 2020.12.2

Use your device to scan and read the article online

DOI:10.30495/wej.2021.4592

Keywords:
Water Transfer, Economic Valuation, Analytic Network Process (ANP), Delphi

Abstract

Introduction: Identification and evaluation of effective parameters in Inter-Basin Water Transfer (IBWT) projects are essential for the calculation of financial and economic indicators. Due to many qualitative parameters in these projects and inability to quantify most of them, an integrated economic valuation model is presented in this study.

Materials and Methods: In this model, the effective criteria and indicators are first prioritized using Analytic Network Process (ANP) as a Multi Criteria Decision Making (MCDM) method. Then, these criteria and indicators are quantified by two direct and relative valuation methods. Finally, two financial indicators: Benefit-Cost Ratio (BCR) and Net-Present Value (NPV) are modified and evaluated.

Findings: The results indicated that the political and security criterion is in the first place with significant difference with the others. Also, applying model for economic reassessment of the Chalus Water Transfer Scheme in Iran showed the value of BCR at discount rates of 6% and 8% are to be 0.2 and 0.14, respectively; and NPV is negative. Therefore, this project is not considered to be economically beneficial at its present feature.

Conclusion: It seems that political and security issue is very considerable in Inter-Basin Water Transfer (IBWT) projects. On the other hand, quantifying and valuating effective parameters can help more accurate economic analysis for new and ongoing projects.

Citation: Hosnavi Atashgah M, Yasi M, Amiri Takaldani E. Economic Valuation Framework in Inter-Basin Water Transfer Projects Based on Network Analysis Process (ANP) Method. Water Resources Engineering Journal. 2021; 14 (48): 98-113.

***Corresponding author:** Mehdi Yasi
Address: Department of Irrigation and Rehabilitation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj Campus, Iran
Tell: 00989143409653
Email: m.yasi@ut.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

One solution that has been common in the past to compensate for water shortages in Iran and the world is Inter Basin Water Transfer (IBWT) (1).

IBWT is used to reduce stress caused by the water crisis in an area; So that water is transferred from a river or groundwater source in one basin to another basin (2 & 3).

With the passage of time and the progress of the implementation of IBWT projects, its negative and positive effects gradually appeared in various fields (8, 9 & 10).

The main causes of the problems are the lack of attention to identification, accurate prioritization of effective factors and inaccurate valuation.

In addition to not knowing and paying enough attention to various aspects of IBWT projects, the main economic valuation of these projects is only based on benefits and cost analysis without considering other aspects such as environmental and social issues.

The main purpose of this study is to develop a model that can simultaneously determine, prioritize and quantify effective factors in IBWT projects and finally make an economic evaluation.

Materials and Methods

In order to achieve the objectives of the research, first, the effective factors in the basins of origin, destination and transfer route in IBWT projects were identified through library studies. Then, the collected factors were divided into seven main criteria and 105 indicators. For evaluating the accuracy of the data collection and classification process, Delphi method was used. Also, in order to prioritize the final criteria and indicators, the Analytic Network Process (ANP) method was used to design a network structure at three levels including purpose, criteria and indicators. In the following, Quantification and financial valuation of effective criteria was done by integrated valuation model. Also, two financial Economic indicators included Benefit Cost Ratio (BCR) and Net Present Value (NPV) was used for economic assessment.

Findings

After consensus of all experts, the final classification was divided into 8 criteria; environmental, financial-economic, socio-cultural, health-treatment, political-security, technical-executive, policy-management and legal-legislative. Also, Indices decreased from 105 to 63.

The political-security criterion is of great importance with a large difference about 18% compared to the second priority (health-medical criterion).

On the other hand, health-care and environmental criteria are in the second and third priorities with a difference of 1%. The placement of financial - economic criteria (4%) and technical - executive criteria (3%) in the seventh and eighth positions, respectively, showed that the implementation of IBWT projects affects more important and sensitive issues.

In prioritizing environmental indicators, the groundwater resources sustainability index with a score of 0.224 is in the first priority.

In prioritizing technical-executive indicators, the technical specifications index of the project with a score of 0.182 with a very small difference compared to the two indicators of durability and permanent operation is in the first place.

The BCR value in the Chalous water transfer plan (in 2012) with a discount rate of 6 and 8 results in 3.69 and 2.7 respectively (24). Modified BCR in the model is reduced for both the 6 and 8 discount rates, from one to 0.2 and 0.14, respectively, which shows that the current scheme is not economical.

Discussion

The main differences in obtained classification compared to the classification of the main criteria in other similar studies (17, 27 & 28) is considering the medical and political – security criteria separately, which in other researches is mentioned only one of them. On the other hand, in other criteria, no difference is observed. Therefore, the results

of classification of main criteria in this research can be considered more complete.
By considering the application of the integrated valuation model for environmental and technical-executive criteria and modified NPV and BCR specifications, it can be concluded that the accuracy of direct valuations depends on the accuracy of existing criteria and guidelines. On the other hand, accuracy in prioritizing the indicators will make the method of relative valuation with weight coefficients more accurate. Also, the dynamics of the integrated valuation model is in the addition and subtraction of indicators and the accuracy of valuation methods.

Conclusion

Finally, according to the findings of the present study, political and security issue is very considerable issue. Also, integrated economic evaluation in IBWT projects leads to quantify and evaluate effective quantitative and qualitative factors and provides a more accurate economic evaluation. In this valuation, the discount rate (or time value of money) is considered separately for each criterion, which increases the accuracy of valuation according to the intrinsic and functional value of each criterion. Therefore, it is necessary to determine the appropriate discount rate in estimating and correcting the BCR and NPV financial indicators.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All subjects full fill the informed consent.

Funding

No funding.

Authors' contributions

Design and conceptualization: Authors' contributions, Mohamad Hosnavi Atashgah, Mehdi Yasi; Methodology and data analysis: Mohamad Hosnavi Atashgah, Mehdi Yasi, Ebrahim Amiri Takaldani; Supervision and final writing: Mehdi Yasi, Mohamad Hosnavi Atashgah

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

الگوی ارزش‌گذاری اقتصادی در طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای مبتنی بر روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

محمد حسنوی آتشگاه [۱]، مهدی یاسی [۲*]، ابراهیم امیری تکلدانی [۳]
۱. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کرج، دانشگاه تهران، ایران
۲. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کرج، دانشگاه تهران، ایران
۳. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کرج، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۶
تاریخ داوری: ۱۳۹۹/۶/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۱۲

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

DOI:10.30495/wej.2021.4592

واژه‌های کلیدی:
انتقال آب، ارزش‌گذاری اقتصادی، فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، روش دِلفی

چکیده

مقدمه و هدف: شناخت و ارزیابی عوامل مؤثر در طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای جهت محاسبه شاخص‌های مالی و اقتصادی ضروری است. به دلیل وجود پارامترهای کیفی فراوان در این طرح‌ها و عدم توانایی در کمی‌سازی آن‌ها، در این تحقیق الگوی ارزش‌گذاری اقتصادی ارائه شده است..

مواد و روش‌ها: در این الگو، ابتدا معیارها و شاخص‌های اثرگذار با روش تصمیم‌گیری چند معیاره فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) اولویت‌بندی شده، سپس با روش‌های ارزش‌گذاری مستقیم و نسبی، کمّی سازی شده، و در نهایت دو شاخص مالی نسبت فایده به هزینه (BCR) و ارزش فعلی خالص (NPV) اصلاح و محاسبه می شوند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که معیار سیاسی و امنیتی، با اختلاف قابل توجهی نسبت به سایر معیارها، در اولویت اول قرار دارد. کاربرد این الگو در ارزیابی اقتصادی مجدد طرح انتقال آب رودخانه چالوس به دشت هراز نشان داد که BCR در نرخ تنزیل‌های ۶ و ۸ درصد مرتبط طرح اصلی، به ترتیب ۰/۲ و ۰/۱۴ می‌باشد و NPV نیز منفی است. ازاینرو این طرح در حال حاضر و با توجه به کاربرد الگوی ارزش‌گذاری پیشنهادی، اقتصادی نخواهد بود.

بحث و نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد که جنبه سیاسی و امنیتی طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. از طرفی دیگر، کمی‌سازی و ارزش‌گذاری پارامترهای مؤثر نیز می‌تواند کمک شایانی به ارزیابی دقیق‌تر اقتصادی طرح‌های جدید و در حال اجرا کند.

* **نویسنده مسئول:** مهدی یاسی
نشانی: گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کرج، دانشگاه تهران، ایران
تلفن: ۰۹۱۴۳۴۰۹۶۵۳ ؛ **ایمیل:** m.yasi@ut.ac.ir
پست الکترونیکی: m.yasi@ut.ac.ir

مقدمه

آب یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها و بحران‌های قرن حاضر است که می‌تواند عامل بسیاری از تحولات مثبت و منفی جهان قرار گیرد. افزایش درجه حرارت ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای از یک طرف و رشد جمعیت و گستردگی جوامع شهری به همراه توسعه فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی از طرف دیگر، سبب افزایش درخواستِ منابع آب سطحی و زیرزمینی شده است. به همین خاطر در بعضی از نقاط خشکسالی، کمبود آب، عدم توانایی در تأمین آب مورد نیاز و در نهایت کوچ اجباری و ترک محل زندگی ساکنین مشاهده می‌شود. یکی از راهکارهایی که از گذشته تا به حال در جبران کمبود آب در ایران و جهان مرسوم بوده است، انتقال آب بین حوضه‌ای‌است (۱).

انتقال آب بین حوضه‌ای یک ابزار سازه‌ای جهت کاهش تنش ناشی از بحران آب در یک منطقه از طریق انتقال آب از منطقه پرآب است؛ به‌طوری که آب برداشتی یا منحرف شده از یک رودخانه یا منبع آب زیرزمینی در یک حوضه، به حوضه‌ای دیگر منتقل می‌شود (۲ و ۳).

با گذشت زمان و پیشرفت اجرایی طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای، به تدریج آثار منفی و مثبت آن پدیدار شد و بخش‌های مختلف را تحت تأثیر قرار داد. در آمریکا و به دلیل اجرای طرح‌های انتقال آب، زیستگاه‌های بزرگ آبی پدید آمدند ولی در عین حال باعث اختلال در وضعیت هیدرولوژیکی، کاهش انتقال مواد مغذی به پایین‌دست رودخانه و کاهش کیفیت و سطح آب شدند (۴).

در چین به دلیل اجرای طرح بزرگ انتقال آب از جنوب به شمال این کشور با ظرفیت سالانه ۱۰ میلیاردمترمکعب، خسارات زیادی از جمله بالارفتن سطح سفره‌های آب زیرزمینی، آلودگی آب‌های سطحی، کاهش هوادهی در رودخانه یانگ تسه، تغییرات اقلیمی و افزایش مهاجرت را پدید آورده است (۵ و ۶ و ۷).

در ایران و در سال‌های اخیر، طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای علیرغم نقش مؤثر در رفع کمبود آب شهری، کشاورزی و صنعتی، پیامدهای مخرّبی نیز از جمله اثرات زیست‌محیطی (کاهش میزان آب سطحی و زیرزمینی، کاهش شدت جریان و افزایش غلظت مواد آلاینده)، اثرات بیولوژیکی (مهاجرت ماهیان و کاهش جمعیت آن‌ها به دلیل کاهش جریان)، اثرات اجتماعی (مهاجرت، حاشیه‌نشینی و تنش‌های منطقه‌ای) و اثرات اقتصادی (تحمیل هزینه‌های پیش‌بینی نشده و عدم توانایی در تأمین بودجه طرح) پدید آورده‌اند (۸ و ۹ و ۱۰). از علل اساسی مشکلات پدید آمده، عدم توجه به شناسایی و اولویت‌بندی دقیق عوامل اثرگذار با رویکرد توسعه و بهره‌وری پایدار منابع آبی و ارزش‌گذاری غیردقیق می‌باشد.

از طرفی یکی از چالش‌های اساسی دیگر در ارزیابی طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای، وجود پارامترهای مؤثر و غالباً کیفی است که به علت نقش و اثربخشی هر کدام، تصمیم‌گیری درباره این طرح‌ها را دشوار ساخته است. امروزه، جهت ارزیابی و اولویت‌بندی دقیق عوامل مؤثر، کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره گسترش یافته است. چنگ و همکاران (۱۱) با لحاظ کردن اهداف متمایز اقتصادی و اجتماعی، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره را در مدیریت کاربردی زمین برای حوضه یک سد مخزنی در تایوان به‌کار گرفتند. ضرغامی (۱۲) معیارهای ارزیابی طرح‌های منابع آب در ایران را در قالب استخراج درخت معیارها با کمک نظرات کارشناسان خبره استخراج نمود. جهان‌بین و همکاران (۱۳) نیز با هدف شناسایی و مدیریت موثرترین پارامترهای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی در بهره‌برداری بهینه از طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای با روش دِلفی (Delphi) و سلسله مراتبی (Analytic Hierarchy Process)، حفظ پایداری هر دو نقطه مبدأ و مقصد را موثرترین پارامتر بهره‌برداری پایدار در این طرح‌ها اعلام کردند.

یکی دیگر از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، روش فرآیند شبکه‌ای (Analytic Network Process)است که علیرغم کاربردی بودن در علوم مختلف، در تصمیم‌گیری مربوط به انتقال آب‌های بین حوضه‌ای در ایران، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. مهم‌ترین ویژگی روش ANP نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، در نظرگرفتن ارتباط درونی (Inner Dependence) و متقابل (Feedback)میان معیارها و شاخص‌ها با به‌کارگیری ساختار شبکه‌ای به‌جای ساختار سلسله مراتبی است (۱۴). در این زمینه، رحیمی و سلیمانی (۱۵) به ارزیابی پتانسیل منابع آب زیرزمینی دشت دهگلان بر پایه سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور با استفاده از روش ANPپرداختند. بررسی آن‌ها نشان داد که با توجه به وابستگی‌های مسائل محیطی، استفاده از این روش، پشتیبانی‌های لازم را برای تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان در حل مسائل مدیریت آب به عمل می‌آورد تا بتوانند درک عمیق‌تری از مسائل محیطی به‌دست آورند و بهره‌برداری بهینه‌تری از منابع آب منطقه داشته باشند.

در کنار عدم شناخت و توجه کافی به جنبه‌های مختلف طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای، عمده ارزش‌گذاری اقتصادی در طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای، بر اساس روش‌های علمی یک‌سونگر مبتنی بر منافع مادی و بدون توجه به سایر ملاحظات از جمله محیط زیستی و اجتماعی و فرهنگی است. ارزیابی اقتصادی اغلب طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای، معطوف به هزینه‌ها و منافع اقتصادی و دوره بازگشت سرمایه است و به هزینه‌ها و منافع سایر جنبه‌های مهم در برآورد مالی کل طرح توجه زیادی نمی‌شود .

در این زمینه، کارآموز و همکاران (۱۶) به ارزیابی اقتصادی و محیط زیستی طرح انتقال آب بین حوضه‌ای سولگان به رفسنجان پرداختند و مدل بهینه‌سازی با تابع هدف اقتصادی (حداکثر نمودن منافع خالص) را برای طرح انتقال آب بین حوضه‌ای تدوین نمودند. حلبیان و شبانکاری (۱۷) در ارزیابی اقتصادی و فنی طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای به این نتیجه رسیدند که یکی از مهم‌ترین ابزارهای اقتصادی در بررسی طرح‌های انتقال آب، محاسبه سود به هزینه می‌باشد. پرهیزکاری و همکاران (۱۸) اثرات انتقال آب بین حوضه‌ای بر کاربری اراضی، وضعیت درآمدی کشاورزان (سود ناخالص) و ارزش اقتصادی آب در حوضه مبدأ را ارزیابی نمودند. نتایج تحقیقات نشان داد که این طرح سبب ایجاد محدودیت ۱۰ تا ۴۰ درصدی عرضه آب آبیاری شده و موجب کاهش سود ناخالص کشاورزان و افزایش ارزش اقتصادی آب در حوضه مبدأ خواهد شد.

با توجه به مطالب بالا، تدوین الگویی که بتواند به‌طور توأمان عوامل متعدد و اثرگذار در طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای را تعیین، اولویت‌بندی و کمّی ساخته و در نهایت ارزیابی اقتصادی نماید، برای این طرح‌ها ضروری است. لذا هدف از این تحقیق، ارائه چنین الگویی بوده و به منظور بررسی کارایی الگوی تحقیق، نتایج به‌دست آمده با نتایج حاصل از ارزیابی طرح انتقال آب رودخانه چالوس به دشت هراز که در حال اجرا و بهره‌برداری است، مقایسه می‌شود.

با توجه به مطالب بالا، تدوین الگویی که بتواند به‌طور توأمان عوامل متعدد و اثرگذار در طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای را تعیین، اولویت‌بندی و کمّی ساخته و در نهایت ارزیابی اقتصادی نماید، برای این طرح‌ها ضروری است. لذا هدف از این تحقیق، ارائه چنین الگویی بوده و به منظور بررسی کارایی الگوی تحقیق، نتایج به‌دست آمده با نتایج حاصل از ارزیابی طرح انتقال آب رودخانه چالوس به دشت هراز که در حال اجرا و بهره‌برداری است، مقایسه می‌شود.

مواد و روش‌ها

شناسایی و انتخاب عوامل مؤثر

به منظور دستیابی به اهداف تحقیق، ابتدا عوامل اثرگذار در حوضه‌های مبدأ، مقصد و مسیر انتقال در طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای با مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی مشخص شدند. در ادامه، عوامل جمع‌آوری شده جهت بررسی صحّت و دقت فرآیند جمع‌آوری و دسته‌بندی داده‌ها با کمک روش Delphi که جزء روش‌های مؤثر در کسب وفاق جمعی بین خبرگان است، به هفت معیار اصلی و ۱۰۵ شاخص تقسیم شدند. فرآیند نظرخواهی از خبرگان در دو مرحله و در قالب پرسشنامه‌هایی حاوی دسته‌بندی اولیه عوامل اصلی و شاخص‌ها انجام گرفت.

اولویت‌بندی معیارها و شاخص‌های مؤثر

به منظور اولویت‌بندی معیارها و شاخص‌های نهایی به‌دست آمده در روش Delphi ، از روش ANP که هر مسئله را به صورت شبکه‌ای از معیارها و شاخص‌ها در نظر گرفته و تمامی عناصر آن می‌توانند به هر شکل، دارای ارتباط با یکدیگر باشند، استفاده گردید. مراحل اجرای روش ANP به شرح ذیل می‌باشد:

۱- به منظور ساخت مدل شبکه‌ای، یک ساختار شبکه‌ای در سه سطح شامل هدف، معیارها و شاخص‌ها طراحی شد (شکل ۱).

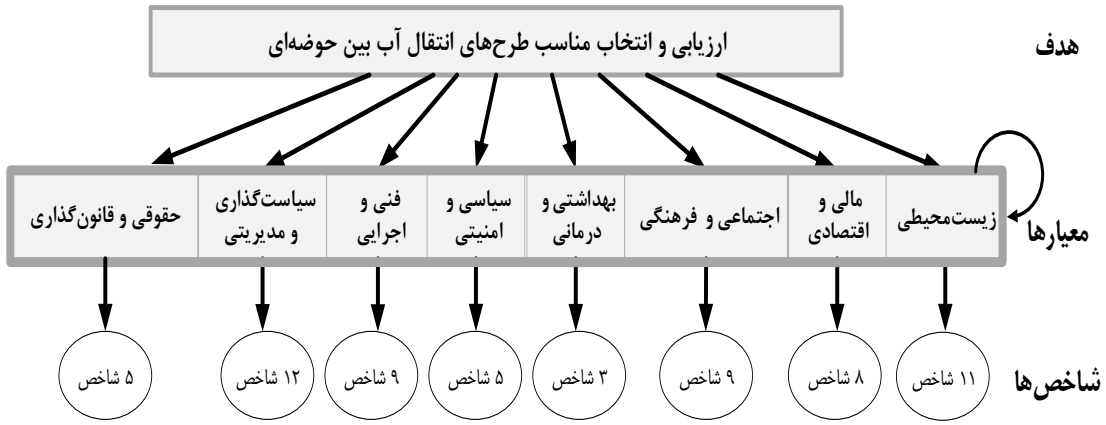
۲- جهت تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و تعیین بردارهای اولویت، اهمیت معیارهای اصلی نسبت به هدف و نسبت به یکدیگر (ارتباط درونی) و همچنین اهمیت شاخص‌ها نسبت به یکدیگر با توجه به هر معیار (ارتباط متقابل)، بررسی شده و دوبه‌دو با هم مقایسه می‌شوند. مقیاس‌های اهمیت برای مقایسات زوجی مطابق با جدول ۱ بودند.

۳- برای دستیابی به اولویت‌های کلی، بردارهای اهمیت داخلی در ستون‌های مناسب یک ماتریس وارد می‌شوند. در نتیجه، یک سوپر ماتریس که هر بخش از این ماتریس ارتباط بین هدف، معیارها و شاخص‌ها در یک سیستم را نشان می‌دهد، به دست می‌آید.

۴- برای دستیابی به اولویت‌های کلی در یک سیستم با تأثیرات متقابل و تشکیل سوپر ماتریس و تبدیل آن به سوپر ماتریس حد، بردارهای اهمیت داخلی در ستون‌های مناسب یک ماتریس وارد می‌شوند.

۵- با جایگزینی بردار اهمیت داخلی عناصر و سطوح سه‌گانه در سوپر ماتریس اولیه، سوپر ماتریس ناموزون به‌دست می‌آید. سپس از طریق نرمالیزه‌کردن سوپر ماتریس موزون، سوپر ماتریس حد با به توان رساندن تمامی عناصر سوپر ماتریس موزون تا زمانی‌که واگرایی حاصل شود، محاسبه می‌شود.

۶- به‌منظور ترسیم مدل و انجام محاسبات و نتایج، از نرم‌افزار تصمیم‌گیری Super Decision که قابلیت حل مدل‌های شبکه‌ای را دارد، استفاده شد.



شکل ۱. ساختار مدل شبکه‌ای

جدول ۱. مقیاس‌های اهمیت برای مقایسات زوجی

اهمیت	مقادیر عددی
اهمیت برابر	۱
اهمیت متوسط	۳
اهمیت قوی	۵
اهمیت خیلی قوی	۷
حداکثر اهمیت	۹
مقادیر بینابینی	۲، ۴، ۶ و ۸

ارزیابی اقتصادی

کمی‌سازی و ارزش‌گذاری مالی معیارها و شاخص‌های اثرگذار، یکی از ارکان مهم الگوی ارزش‌گذاری در تحقیق حاضر است که در آن ارزش مالی شاخص‌ها محاسبه شده و در شاخص‌های مالی اِعمال می‌شوند تا در نهایت شاخص‌های مالی اصلاح شده به‌دست آیند. به همین خاطر، از دو شاخص مالی استاندارد نسبت فایده به هزینه (Benefit Cost Ratio) و ارزش فعلی خالص (NetPresent Value) که نشان‌دهنده راندمان و کارایی اقتصادی طرح هستند و در ارزیابی اقتصادی طرح انتقال آب مطالعه موردی نیز محاسبه شده‌اند، استفاده گردید. در شاخص NPV، جریان نقدینگی (درآمدها و هزینه‌ها) بر پایه زمان وقوع (درآمد یا هزینه) به نرخ روز تنزیل می‌شود. به این ترتیب در جریان نقدینگی، ارزش زمان انجام هزینه یا به دست‌آمدن درآمد نیز لحاظ می‌گردد. ولی در شاخص BCR ابتدا تمام هزینه‌ها و درآمدها تجمیع و بعد تنزیل می‌شوند.

$$BCR=\frac{B_T}{C_T}=\frac{\frac{B_1+B_2+B_n}{(1+r_e)^t}}{\frac{C_1+C_2+C_m}{(1+r_e)^t}}=\frac{\frac{\sum_{t=1}^{T}B_t}{(1+r_e)^t}}{\frac{\sum_{t=1}^{T}C_t}{(1+r_e)^t}} \quad (۱)$$

که در آن: BCR نسبت فایده به هزینه، B_T منافع کل، C_T هزینه کل، n تعداد منافع، m تعداد هزینه و r_e نرخ تنزیل و T دوره زمانی می‌باشند. اگر BCR بزرگ‌تر از یک باشد، طرح توجیه‌پذیر و سودآور است.

$$NPV=\sum_{t=1}^{n}\frac{TR_t-TC_t}{(1+r)^t} \quad (۲)$$

که در آن: NPV ارزش فعلی خالص، TR_t درآمدها، TC_t هزینه‌ها، r نرخ تنزیل (نرخ بهره یا سود) و t دوره زمانی طرح می‌باشند. مثبت بودن این شاخص نشان‌دهنده توجیه‌پذیری و سودآوری است.

مدل ارزش‌گذاری

به منظور کمی‌سازی شاخص‌ها جهت برآورد ارزش مالی، از یک الگوی ارزش‌گذاری تلفیقی استفاده شده است که بر اساس روش‌های ذیل می‌باشد:

۱- شاخص‌هایی که کمی بوده و قابلیت ارزش‌گذاری مالی مستقیم را بر اساس ضوابط، روابط و دستورالعمل‌های موجود دارند. در این حالت از روش ارزش‌گذاری مستقیم استفاده شده است.

۲- شاخص‌هایی که کیفی بوده ولی خود تحت تأثیر عوامل مؤثر دیگری هستند که حداقل یکی از آن عوامل، قابلیت کمی‌شدن را دارد. در این حالت از روش ارزش‌گذاری نسبی با ضرایب تأثیر عوامل مؤثر استفاده شده است (۱۹).

۳- شاخص‌هایی که کیفی بوده و در حال حاضر قابلیت کمی شدن و ارزش‌گذاری مالی نداشته و حتی عامل مؤثری که قابلیت کمی‌شدن داشته باشد را هم ندارند. در این حالت، از روش ارزش‌گذاری نسبی با ضرایب وزنی نسبی استفاده شد که مقدار آن برابر با امتیاز (وزن نرمال) هر شاخص در اولویت‌بندی شاخص‌های روش ANP است.

لازم به ذکر است که با توجه به ارزیابی اقتصادی طرح انتقال آب رودخانه چالوس به دشت هراز که بر مبنای درآمدها و هزینه‌های اجرایی و محیط زیستی انجام شده است، مدل ارزش‌گذاری تحقیق نیز بر اساس شاخص‌های دو معیار محیط زیستی و فنی-اجرایی ارزش‌گذاری تعیین شده و محاسبه شدند که البته این الگو قابل تعمیم به سایر معیارها نیز می‌باشد.

ارزش‌گذاری شاخص‌های محیط زیستی و فنی-اجرایی

هدف از ارزش‌گذاری شاخص‌های محیط زیستی، اِعمال ارزش مالی و کارکردی منابع طبیعی در برآورد شاخص‌های مالی و اقتصادی است که البته ارزش مالی آن‌ها متناسب با میزان برآورد خسارات فرض شده است. لذا جهت برآورد ارزش مالی و تعیین روابط شاخص‌ها، از تعرفه‌ها و دستور العمل‌های تعیین برآورد خسارت شامل آیین‌نامه اجرایی بند (ب) ماده (۱۲) قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی (تصویب‌نامه هیأت وزیران، جلسه مورخ ۱۳۹۲/۷/۱) (۲۰)، آیین‌نامه اجرایی بند (ج) ماده (۱۰۴) برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران بخش جرایم محیط زیستی (تصویب‌نامه هیأت وزیران، جلسه مورخ ۱۳۷۹/۱۲/۲۷) (۲۱)، آیین‌نامه بهای جانوران وحشی به استناد بند (ج) ماده ۳ قانون شکار و صید (شورای عالی محیط زیست، جلسه مورخ ۱۳۹۳/۱۰/۲۹) (۲۲) و تعرفه آب تحویلی و برداشتی از منابع آب سطحی و زیرزمینی (تصویب‌نامه هیأت وزیران، جلسه مورخ ۱۳۹۷/۲/۹) (۲۳) استفاده گردید. در ارزش‌گذاری شاخص‌های مالی فنی-اجرایی نیز از گزارش نهایی طرح بهره‌برداری بهینه از منابع آب بهنگام رودخانه چالوس استفاده شد (۲۴). هم‌چنین قبل از ارزش‌گذاری شاخص‌های معیار محیط زیستی و فنی-اجرایی، ابتدا کمی و کیفی بودن شاخص‌ها و سپس قابلیت کمی‌شدن شاخص‌های کیفی بررسی و تعیین شدند (جدول ۲).

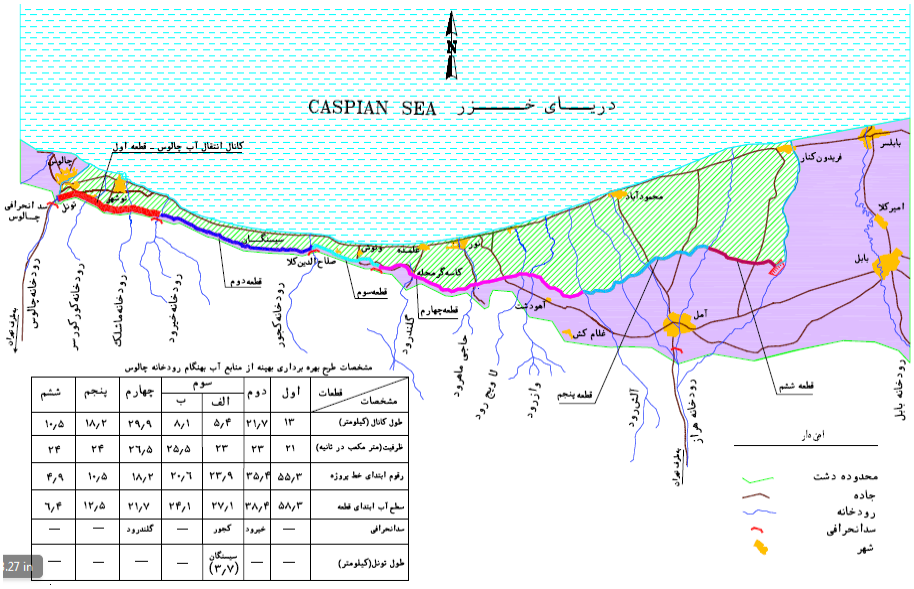
طرح انتقال

تحقیق حاضر با هدف ارائه الگوی اولویت‌بندی عوامل اثرگذار و ارزیابی اقتصادی طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای که طراحی و اجرا می‌شوند، انجام گرفته است. به همین منظور طرح انتقال آب رودخانه چالوس به دشت هراز جهت مقایسه تطبیقی نتایج به‌دست آمده از الگوی تحقیق

و نتایج ارزیابی طرح مذکور، انتخاب گردید. رودخانه چالوس از رودخانه‌های پرآب استان مازندران می‌باشد که دارای جریانات دائم و بهنگام قابل توجهی است. متوسط جریان سالانه این رودخانه در حدود ۴۵۷ میلیون مترمکعب است که بخش عمده آن در فصل‌های بهار و تابستان بدون استفاده به دریا می‌ریزد. مختصات جغرافیایی منطقه طرح انتقال در حدود ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی قرار داشته که از چالوس و جنگل خیرود شروع شده و تا شرق رودخانه هراز ادامه دارد (۲۴). هدف از این طرح، تأمین ۵۳ میلیون مترمکعب آب آشامیدنی برای شهرها و شهرک‌های مسیر انتقال، تأمین ۲۴ میلیون مترمکعب آب کشاورزی و قابلیت انتقال ۳۹۲ میلیون مترمکعب آب مازاد موجود در محدوده طرح به دشت هراز با حجم ۲۰۷ میلیون مترمکعب در ماه‌های فروردین تا مرداد (بهنگام) و ۱۸۵ میلیون مترمکعب در ماه‌های شهریور تا اسفند (نابهنگام) می‌باشد. این طرح دارای ۷ قطعه اجرایی است که شامل احداث سد انحرافی (ارتفاع ۵۵ متر)، تونل انتقال (۲ کیلومتر)، کانال انتقال (۱۰۷ کیلومتر) می‌باشد و تنها قطعه اول آن در حال بهره‌برداری است (شکل ۲).

جدول ۲. تفکیک شاخص‌های کمی و کیفی محیط زیستی و فنی-اجرایی جهت تعیین نوع ارزش‌گذاری

معیار اصلی	شاخص	کمی	کیفی	قابلیت کمی شدن: دارد	قابلیت کمی شدن: ندارد	روش ارزش‌گذاری نسبی: مستقیم	روش ارزش‌گذاری نسبی: ضرایب عوامل مؤثر	روش ارزش‌گذاری نسبی: ضرایب وزنی نسبی
محیط زیستی	پوشش گیاهی	×				×		
	پوشش جانوری	×				×		
	فرسایش خاک	×				×		
	تغییرات رودخانه‌ای		×	×			×	
	تغییرات ساحلی دریایی		×	×			×	
	پایداری منابع آب زیرزمینی		×	×		×		
	کیفیت آب	×				×		
	حقابه محیط زیستی	×						×
	اکوسیستم		×		×			×
	تغییرات اقلیمی		×		×			×
	ریسک		×		×			×
فنی و اجرایی	بهره‌برداری دائم	×				×		
	بهره‌برداری موقت	×				×		
	قابلیت دوام (استهلاک)	×				×		
	الزامات تکنولوژیکی	×				×		
	انتخاب مکان (پهنه‌بندی اراضی)	×				×		
	مشخصات فنی طرح (متره و برآورد در ساخت)	×				×		
	پدافند غیر عامل		×	×				×
	تاب‌آوری		×	×				×
	ریسک اجرا		×	×				×



مشخصات / قلعات	اول	دوم	سوم الف	سوم ب	چهارم	پنجم	ششم
طول کانال (کیلومتر)	۱۳	۲۱/۷	۵/۴	۸/۱	۲۹/۹	۱۸/۲	۱۰/۵
ظرفیت(متر مکعب در ثانیه)	۲۱	۲۳	۲۳	۲۵/۵	۲۶/۵	۲۴	۲۴
رقوم ابتدای خط پروژه	۵۵/۳	۳۵/۴	۲۳/۹	۲۰/۶	۱۸/۲	۱۰/۵	۴/۹
سطح آب ابتدای قلعه	۵۸/۳	۳۸/۴	۲۷/۱	۲۴/۱	۲۱/۷	۱۲/۵	۶/۴
سدانحرافی	—	خیرود	کجور	—	گلندرود	—	—
طول تونل(کیلومتر)	—	سیستگان (۳/۷)	—	—	—	—	—

شکل ۲. سیمای کلی طرح انتقال آب رودخانه چالوس به دشت هراز

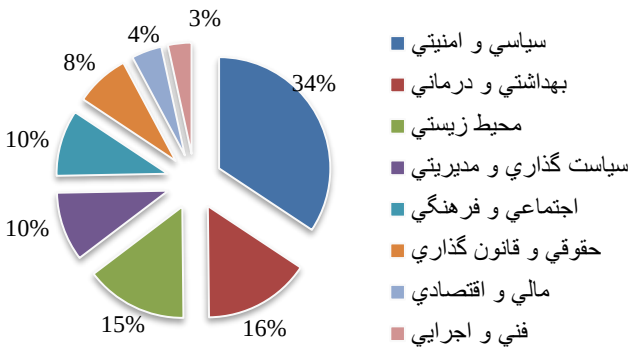
یافته‌ها

در نهایت و بعد از اجماع نظر تمامی خبرگان، دسته‌بندی نهایی به هشت معیار محیط زیستی، مالی–اقتصادی، اجتماعی–فرهنگی، بهداشتی–درمانی، سیاسی–امنیتی، فنی–اجرایی، سیاست‌گذاری–مدیریتی و حقوقی–قانون‌گذاری تقسیم شد. شاخص‌ها نیز از ۱۰۵ مورد به ۶۳ مورد کاهش پیدا کردند.

تفاوت عمده‌ای که در این تقسیم‌بندی نسبت به تقسیم‌بندی معیارهای اصلی در سایر تحقیقات مشابه (۱۷، ۲۵ و ۲۶) وجود دارد، درنظر گرفتن دو معیار بهداشتی–درمانی و سیاسی–امنیتی است که در سایر تحقیقات تنها به یکی از آن‌ها اشاره شده است. از طرفی در سایر معیارها، تفاوتی مشاهده نشده و کاملاً یکسان هستند. لذا می‌توان نتایج تقسیم‌بندی معیارهای اصلی در این تحقیق را کامل‌تر دانست.

بعد از تعیین دسته‌بندی معیارها و شاخص‌ها، اولویت‌بندی انجام شد. در فرآیند اولویت‌بندی، نرخ ناسازگاری که شاخصی جهت اعتبارسنجی به پاسخ‌دهی خبرگان بوده و بایستی کمتر از ۰/۱ باشد، در مقایسات زوجی معیارها ۰/۰۴ و در مقایسات زوجی شاخص‌ها ۰/۰۶ و شاخص ناسازگاری کل نیز ۰/۰۵ به‌دست آمد که نشان دهنده درست بودن مقایسات زوجی می‌باشد .

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، معیار سیاسی– امنیتی با اختلاف زیاد و در حدود ۱۸ درصد نسبت به اولویت دوم (معیار بهداشتی– درمانی)، از اهمیت بالایی برخوردار است. این مسئله نشان می‌دهد که پیامدهای اجرای این‌طرح‌ها از این به بعد مختص به مسائل مهم زیست‌محیطی و اجتماعی– فرهنگی نبوده و بلکه آثار آن، امنیت ملی و ثبات سیاسی کشور را نیز تحت تأثیر قرار داده است. از طرفی معیارهای بهداشتی– درمانی و محیط زیستی نیز با اختلاف ۱ درصد در اولویت‌های دوم و سوم قرار دارند. قرارگیری معیارهای مالی و اقتصادی (۴ درصد) و فنی و اجرایی (۳ درصد) به ترتیب در جایگاه هفتم و هشتم نیز نشان می‌دهد که اجرای طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای، زمینه‌های مهم‌تر و حساس‌تری را تحت تأثیر قرار می‌دهد که عدم ارزیابی دقیق آن‌ها، تبعات بیش‌تری نسبت به دو معیار مالی و اقتصادی و فنی– اجرایی دارد. نتایج تحقیقات مشابه (۱۳) نشان می‌دهد که ارزیابی و بررسی شاخص‌های محیط زیستی و اجتماعی نسبت به مسائل مالی و اقتصادی اولویت دارد.



شکل ۳. اولویت‌بندی معیارهای اصلی در طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای

در اولویت‌بندی شاخص‌های محیط زیستی (جدول ۳)، شاخص پایداری منابع آب زیرزمینی با امتیاز ۰/۲۲۴ در اولویت اول قرار دارد. شاخص‌های حقابه محیط زیستی و اکولوژیکی نیز با اختلاف ۱ درصد، به ترتیب در جایگاه دوم و سوم هستند. سایر شاخص‌ها نیز با اختلاف بسیار کم در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند.

در اولویت‌بندی شاخص‌های فنی- اجرایی، شاخص مشخصات فنی طرح با امتیاز ۰/۱۸۲ با اختلاف بسیار اندک نسبت به دو شاخص قابلیت دوام و بهره‌برداری دائم در جایگاه اول قرار دارد. باید توجه داشت که در ارزش‌گذاری معیار فنی-اجرایی، شاخص‌های قابلت دوام، بهره‌برداری دائم، بهره‌برداری موقت، انتخاب مکان و الزامات تکنولوژیکی جزء شاخص مشخصات فنی طرح در نظر گرفته می‌شوند (جدول ۴).

الگوی ارزش‌گذاری اقتصادی

در الگوی ارزش‌گذاری تحقیق، روابط جدیدی برای شاخص‌های معیار محیط زیستی و فنی-اجرایی استخراج گردید که بعد از جای‌گذاری در شاخص‌های مالی روابط (۱) و (۲)، منجر به اصلاح آن‌ها شد. شاخص‌های مالی اصلاح شده، مطابق با روابط (۳) و (۴) هستند که در آن‌ها معیارهای اصلی به‌دست آمده در مدل ANP، بر اساس اولویت و امتیازی که دارند جای‌گذاری شدند و شاخص‌های مالی جدید اصلاح شده به‌دست آمدند.

جدول ۳. اولویت‌بندی شاخص‌های محیط زیستی

اولویت	شاخص	امتیاز (وزن نرمال)
۱	پایداری منابع آب زیرزمینی	۰/۲۲۴
۲	حقابه محیط زیستی	۰/۱۶۵
۳	اکولوژی	۰/۱۵۱
۴	کیفیت آب	۰/۱۰۸
۵	فرونشست	۰/۰۹۲
۶	پوشش گیاهی	۰/۰۷۱
۷	پوشش جانوری	۰/۰۵۲
۸	تغییرات اقلیمی	۰/۰۴۴
۹	تغییرات رودخانه‌ای	۰/۰۴۲
۱۰	ریسک محیط زیستی	۰/۰۲۸
۱۱	تغییرات ساحلی	۰/۰۲۴

جدول ٤. اولویت‌بندی شاخص‌های فنی-اجرایی

اولویت	شاخص	امتیاز (وزن نرمال)
۱	مشخصات فنی طرح	۰/۱۸۲
۲	قابلیت دوام	۰/۱۷۶
۳	بهره‌برداری دائم	/۱۷۰
۴	تاب‌آوری	۰/۱۲۴
۵	انتخاب مکان	۰/۰۸۵
۶	الزامات تکنولوژیکی	۰/۰۸۰
۷	ریسک اجرا	۰/۰۷۶
۸	پدافند غیرعامل	۰/۰۶۸
۹	بهره‌برداری موقت	۰/۰۴۰

(۳)

$$CNPV= -I+\left[\begin{array}{c}\sum_{t=0}^{n}\frac{(B_{P\&S_t}-C_{P\&S_t})}{(1+r_e)^t}+\sum_{t=0}^{n}\frac{(B_t-C_{H\&T_t})}{(1+r_e)^t}\\+\sum_{t=0}^{n}\frac{(B_{E_t}-C_{E_t})}{(1+r_e)^t}+\sum_{t=0}^{n}\frac{(B_{P\&M_t}-C_{P\&M_t})}{(1+r_e)^t}\\+\sum_{t=0}^{n}\frac{(B_{S\&C_t}-C_{S\&C_t})}{(1+r_e)^t}+\sum_{t=0}^{n}\frac{(B_{L\&L.M_t}-C_{L\&L.M_t})}{(1+r_e)^t}\\+\sum_{t=0}^{n}\frac{(B_{F\&E_t}-C_{F\&E_t})}{(1+r_e)^t}+\sum_{t=0}^{n}\frac{(B_{T\&E_t}-C_{T\&E_t})}{(1+r_e)^t}\end{array}\right]$$

که در آن: CNPV ارزش فعلی خالص اصلاح شده، n تعداد کل سال‌های اجرای پروژه (کل دوره اجرا)، t سال، re نرخ تنزیل، I سرمایه‌گذاری اولیه، E معیار محیط زیستی، F&E معیار مالی و اقتصادی، S&C معیار اجتماعی و فرهنگی، H&T معیار بهداشتی و درمانی، P&S معیار سیاسی و امنیتی، T&E معیار فنی و اجرایی، P&M معیار سیاست‌گذاری و مدیریتی و T&E معیار حقوقی و قانون‌گذاری می‌باشند.

(۴)

$$CBCR=\frac{(B_{P\&S}+B_{H\&T}+B_E+B_{P\&M}+B_{S\&C}+B_{L\&L.M}+B_{F\&E}+B_{T\&E})}{(C_{P\&S}+C_{H\&T}+C_E+C_{P\&M}+C_{S\&C}+C_{L\&L}+C_{F\&E}+C_{T\&E})}$$

که در آن: CBCR نسبت فایده به هزینه اصلاح شده می‌باشد. از قابلیت‌های شاخص‌های مالی اصلاح شده، ارزش‌گذاری مالی مستقل و دقیق هر معیار می‌باشد که امکان افزایش و یا کاهش معیارهای دیگر نیز وجود دارد. هم‌چنین تعیین نرخ تنزیل جداگانه برای هر معیار از دیگر مزایای شاخص‌های مالی اصلاح شده است. به عنوان مثال، نرخ تنزیل محیط زیستی بایستی با توجه به شرایط فعلی و چشم‌انداز نرخ تخریب یا پایداری منابع طبیعی باشد. زیرا بعضی از خسارات طبیعی وارده در زمان اجرای طرح‌های توسعه‌ای، قابل جبران نبوده و لذا بایستی نرخ تنزیل، واقعی و دوراندیشانه باشد.

ارزش‌گذاری دو معیار محیط زیستی و فنی- اجرایی وابسته به ارزش‌گذاری شاخص‌های آن‌ها بوده که بدین منظور، روابط (۵) و (۶) ارزش شاخص‌های این دو معیار را با تلفیق سه روش الگوی ارزش‌گذاری تحقیق محاسبه کرده و شاخص‌های مالی CNPV و CBCR با روابط ارزش‌گذاری استخراج شده را نشان می‌دهند:

(۵)

$$CNPV=-I+\{[(N_t\times K_t)+(N_t\times K_g\times P_{nt})]\}\left(\begin{array}{c}+\left[\sum_{i=1}^{6}n_i\left(\sum_{j=1}^{5}bv_j\right)\right]_{t_1}+\left[\sum_{i=1}^{9}n_i\left(\sum_{j=1}^{5}bv_j\right)\right]_{t_2}\\+\left[\sum_{i=1}^{n}n_i\left(\sum_{j=1}^{5}bv_j\right)\right]_{t_3}+\left[\sum_{i=1}^{n}n_i\sum_{j=1}^{5}bv_j\right]_{s}\\+\left[\sum_{i=1}^{n}n_i\sum_{j=1}^{5}bv_j\right]_{b}+\left[\sum_{i=1}^{n}n_i\sum_{j=1}^{5}bv_j\right]_{ns}\\+\left[\sum_{i=1}^{n}n_i\times\sum_{1}^{5}bv_j\right]_{f}+\left[\sum_{i=1}^{n}n_i(bv_3+bv_4)\right]_{af}\\+\left[\sum_{I,j=1}^{3}(h_i\times f_b)\times 8500\right]+10\times h(f_1f_2f_3f_4f_5)(W\times C)\\+\left[\sum_{i=1}^{n}(N_i\times P_i)\right]+[2.76\,M_{r1}]+[3.42\,M_{r2}]\\+\left[4.73\frac{(N\times\overline{WTP})}{M}\right]+[140\times(1.2m_A+0.5m_O+0.5m_{sd})]\\+[0.151\times C_E]\\+\left[n\times\left[\begin{array}{c}(1.2\,V_{fn}+1.5\,V_{fw})+(1.8\,V_{pn}+2.2\,V_{pw})\\+(2.5\,V_{cpn}+2.9\,V_{cpw})\end{array}\right]\right]\\+[0.165\times C_E]+[0.108\times C_E]+[12n\times(V_o\times P\times f_1\times f_2)]\\+[0.088\times C_E]+[0.051\times C_E]\end{array}\right)\frac{}{(1+r_E)^t}+\sum_{t=0}^{n}\frac{-(CT_t+0.68\,C_{T\&E_t}+0.124\,C_{T\&E_t}+0.076\,C_{T\&E_t})}{(1+r_{T\&E})^t}$$

(۶)

$$CBCR=\frac{[(N_t\times K_t)+(N_t\times K_g\times P_{nt})]}{\left(\begin{array}{c}\left[\sum_{i=1}^{6}n_i\left(\sum_{j=1}^{5}bv_j\right)\right]_{t_1}+\left[\sum_{i=1}^{9}n_i\left(\sum_{j=1}^{5}bv_j\right)\right]_{t_2}+\left[\sum_{i=1}^{n}n_i\left(\sum_{j=1}^{5}bv_j\right)\right]_{t_3}\\+\left[\sum_{i=1}^{n}n_i\sum_{j=1}^{5}bv_j\right]_{s}+\left[\sum_{i=1}^{n}n_i\sum_{j=1}^{5}bv_j\right]_{b}+\left[\sum_{i=1}^{n}n_i\sum_{j=1}^{5}bv_j\right]_{ns}\\+\left[\sum_{i=1}^{n}n_i\times\sum_{1}^{5}bv_j\right]_{f}+\left[\sum_{i=1}^{n}n_i(bv_3+bv_4)\right]_{af}\\+\left[\sum_{i=1}^{n}(N_i\times P_i)\right]+[2.76\,M_{r1}]+[3.42\,M_{r2}]\\+\left[4.73\frac{(N\times\overline{WTP})}{M}\right]+[140\times(1.2m_A+0.5m_O+0.5m_{sd})]\\+[0.151\times C_E]\\+\left[n\times\left[\begin{array}{c}(1.2\,V_{fn}+1.5\,V_{fw})+(1.8\,V_{pn}+2.2\,V_{pw})\\+(2.5\,V_{cpn}+2.9\,V_{cpw})\end{array}\right]\right]\\+[0.165\times C_E]+[0.108\times C_E]+[12n\times(V_o\times P\times f_1\times f_2)]\\+[0.088\times C_E]+[0.051\times C_E]\\+\{CT_t+0.068\,C_{T\&E_t}+0.124\,C_{T\&E_t}+0.076\,C_{T\&E_t}\}\end{array}\right)}$$

که در آن‌ها: N_t میانگین تعداد درختان در هکتار، K_t وزن هر کیلوگرم ذغال، K_g وزن فرآورده‌های غیرچوبی از هر درخت یا بوته، P_{nt} قیمت خالص فرآورده‌های غیرچوبی، bv_j متوسط ارزش پایه در ناحیه رویشی، n_i تعداد درخت، h_i ارزش پایه به ازای هر هکتار، f_b ضریب پایه (متناسب با شیب و وضعیت مرتع)، N_i گونه جانوری، P_i قیمت بازاری هر گونه جانوری، M_{r1} ارزش حجم آب سطحی انتقالی در شرایط پایدار رودخانه، M_{r2} ارزش حجم آب سطحی انتقالی در شرایط ناپایدار رودخانه، N بازدیدکنندگان ساحلی، WTP میانگین مقدار تمایل به پرداخت برای بازدید ساحلی، m_A حجم خاک‌برداری افق A، m_o حجم خاک‌برداری سایر افق‌ها، m_{sd} تخریب خاک افق A، C_E هزینه کل معیار محیط زیستی، V_{fn} کاهش حجم آبدهی سالانه در دشت آزاد و در ماه‌های عادی، V_{fw} کاهش حجم آبدهی سالانه در دشت آزاد و در ماه‌های گرم، V_{pn} کاهش حجم آبدهی سالانه در دشت ممنوعه و در ماه‌های عادی، V_{cpn} کاهش حجم آبدهی سالانه در دشت ممنوعه بحرانی و در ماه‌های عادی، V_{cpw} کاهش حجم آبدهی سالانه در دشت ممنوعه بحرانی و در ماه‌های گرم، V_o حجم کل خروجی آلودگی پساب در ماه، P حجم آلودگی، f_1 ضریب ریالی، f_2 ضریب حساسیت منطقه، W عملکرد سالانه محصول و CT_t هزینه متره و برآورد کل طرح می‌باشند.

با توجه به کاربرد الگوی ارزش‌گذاری تلفیقی برای شاخص‌های دو معیار محیط زیستی و فنی-اجرایی و مشخصات CNPV و CBCR به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که دقت ارزش‌گذاری‌های مستقیم به دقت ضوابط و دستورالعمل‌های موجود بستگی دارد و لحاظ نمودن ارزش مالی هر شاخص، سبب افزایش دقت در برآوردهای مالی و پایداری طرح می‌شود. از طرفی دقت در اولویت‌بندی شاخص‌ها، سبب دقیق‌تر شدن روش ارزش‌گذاری نسبی با ضرایب وزنی خواهد شد. همچنین پویایی الگوی ارزش‌گذاری تلفیقی، در اضافه و کم‌شدن شاخص‌ها و دقت روش‌های ارزش‌گذاری می‌باشد.

مطالعه موردی (مقایسه تطبیقی)

جهت بررسی کارکرد الگوی ارزش‌گذاری تلفیقی و تغییراتی که در ارزیابی اقتصادی طرح مطالعه موردی ایجاد می‌کند، از شاخص‌های CBCR و CANP استفاده گردید و این طرح مجدداً با الگوی

ارزش‌گذاری تحقیق مورد ارزیابی اقتصادی قرار گرفت. بدین منظور و برای محاسبه هزینه شاخص‌های محیط زیستی و فنی-اجرایی، از روابط استخراج شده در رابطه‌های (۵) و (۶) استفاده شد که نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است.

همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، مجموع هزینه‌های سرمایه‌گذاری که از الگوی ارزش‌گذاری تحقیق به‌دست آمد، در حدود ۳۶۹۷ میلیارد تومان می‌باشد؛ این در حالی است که مجموع هزینه سرمایه‌گذاری طرح انتقال آب چالوس، در حدود ۲۲۵ میلیارد تومان برآورد شده بود. از طرفی هزینه‌های محیط زیستی و فنی- اجرایی که در الگوی ارزش‌گذاری تحقیق به ترتیب ۹۹/۵ و ۹۱/۵ درصد افزایش یافته‌اند که علت اصلی آن، درنظر گرفتن تعداد بیش‌تری از شاخص‌های محیط زیستی و فنی- اجرایی است.

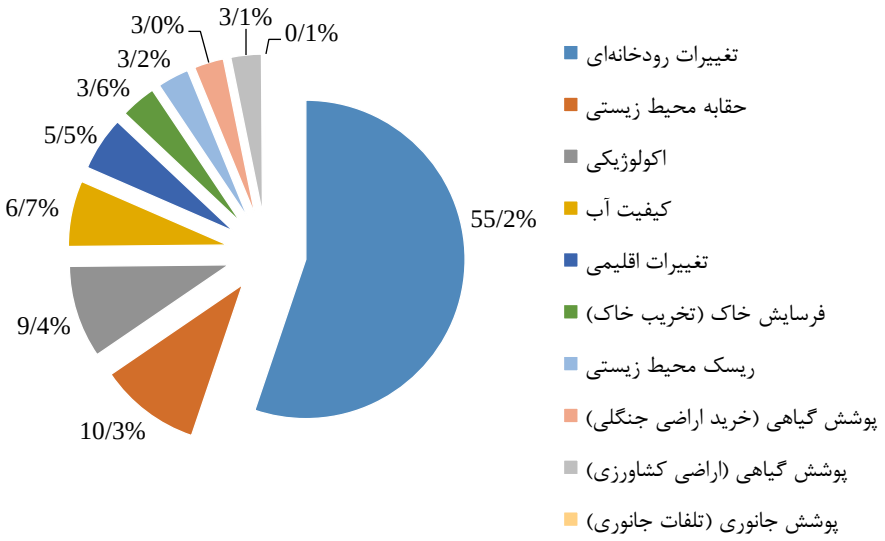
در بررسی میزان سهم مالی و هزینه‌ای که هر شاخص در هزینه کلی معیار محیط زیستی (شکل ۴) و فنی-اجرایی (شکل ۵) دارد، هزینه شاخص تغییرات رودخانه‌ای با ۵۵/۳ درصد، نقش مهمی در هزینه کل معیار محیط زیستی دارد؛ از دلایل اصلی بالا بودن هزینه شاخص تغییرات رودخانه‌ای، درنظر گرفتن ارزش خود آب انتقالی از رودخانه در الگوی ارزش‌گذاری تحقیق است. به عبارت دیگر، در این الگو کارکرد و ارزش آب، خود باید به تنهایی به عنوان موهبت طبیعی ارزش‌گذاری شود. این مسئله باعث می‌شود که در برآورد میزان آب انتقالی و هم‌چنین مصارفی که قرار است برای آن در نظر گرفته شود، ارزیابی‌های دقیقی انجام گیرد تا از انتقال آب مازاد به حوضه مقصد جلوگیری شود. در بررسی هزینه شاخص‌های فنی و اجرایی نیز، شاخص مشخصات فنی (هزینه عملیات احداث طرح انتقال) دارای بیش‌ترین سهم (۷۹ درصد) است.

جدول ۵. محاسبات مالی شاخص‌ها بر اساس روابط استخراج شده الگوی تحقیق

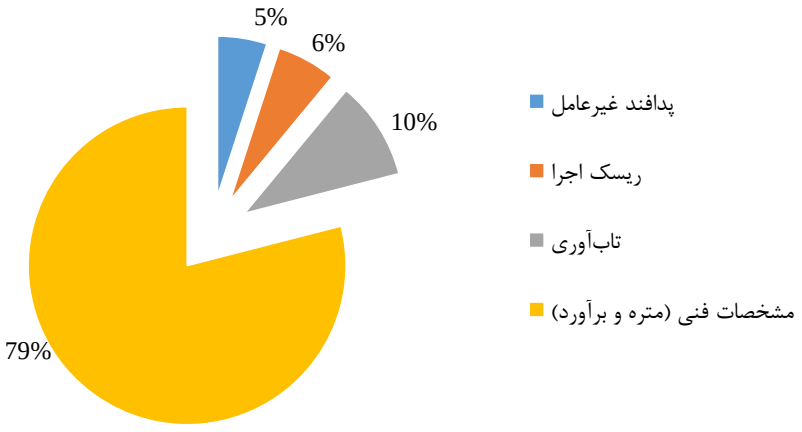
معیار	شاخص	رابطه	نتایج (هزار ریال)
محیط زیستی	پوشش گیاهی (سود فروش درختان جنگلی)	$(N_t \times P_t)$	۱۱۷۲۹۲۰
	پوشش گیاهی (هزینه خرید اراضی جنگلی)	$\left[\sum_{i=1}^{6} n_i \left(\sum_{j=1}^{5} bv_j\right)\right]_{t_1}$	۲۹۱۵۵۴۴۰۰
	فرسایش و تخریب خاک (هزینه تخریب خاک)	$140 \times (0.5 m_O)$	۳۵۸۳۱۹۵۰۰
	پوشش گیاهی (اراضی کشاورزی شامل شالیزار و باغات)	بر اساس گزارش طرح انتقال چالوس	۳۰۱۷۳۷۵۷۶/۲۲
	پوشش جانوری (هزینه تلفات جانوری)	$\sum_{i=1}^{n} (N_i \times P_i)$	۵۰۰۰۰۰
	تغییرات رودخانه‌ای (هزینه)	$2.76(4.3\ V_{IBWT_{an}} + 5.2\ V_{IBWT_{aw}})$	۵۴۲۷۵۴۰۰۰۰
	هزینه اولیه محاسبه شده معیار محیط زیستی	C_E	۶۳۷۸۴۷۸۵۵۶
	اکولوژیکی (هزینه)	$0.151 \times C_E$	۹۶۳۱۵۰۲۶۲
	حقابه محیط زیستی (هزینه)	$0.165 \times C_E$	۱۰۵۲۴۴۸۹۶۲
	کیفیت آب (هزینه)	$0.108 \times C_E$	۶۸۸۸۷۵۶۸۴/۱
	تغییرات اقلیمی (هزینه)	$0.088 \times C_E$	۵۶۱۳۰۶۱۱۲/۹
	ریسک محیط زیستی (هزینه)	$0.051 \times C_E$	۳۲۵۳۰۲۴۰۶/۴
	هزینه کل معیار محیط زیستی محاسبه شده در سال ۱۳۹۸	-	۹۹۶۹۵۶۱۹۸۳
فنی و اجرایی	مشخصات فنی (متره و برآورد) (هزینه)	CT_t	هزینه برآورد عملیات احداث طرح چالوس در نظر گرفته شده است: ۲۱۹۹۲۶۵۰۰۰
	خرید اراضی مسکونی (هزینه)	-	۱۹۴۴۰۰۰۰
	هزینه اولیه معیار فنی و اجرایی در سال ۱۳۹۱	$C_{T\&E_t}$	۲۲۱۸۷۰۵۰۰۰
	هزینه اولیه معیار فنی و اجرایی به‌روز شده با نرخ تنزیل ۱۰ درصد برای سال ۱۳۹۸	-	۲۱۰۴۹۲۳۳۷۳۳/۵۶
	پدافند غیرعامل (هزینه)	$0.068\ C_{T\&E_t}$	۱۴۳۱۳۴۷۸۹۴
	تاب‌آوری (هزینه)	$0.124\ C_{T\&E_t}$	۲۶۱۰۱۰۴۹۸۳
	ریسک اجرا (هزینه)	$0.076\ C_{T\&E_t}$	۱۵۹۹۷۴۱۷۶۳
	هزینه کل معیار فنی و اجرایی محاسبه شده در سال ۱۳۹۸	-	۲۶۶۹۰۴۲۸۳۷۰

جدول ٦. مقایسه هزینه کل معیارهای محیط زیستی و فنی- اجرایی در الگوی تحقیق و طرح انتقال آب چالوس

معیار	ارزیابی	هزینه کل (میلیارد تومان)	اختلاف	
			میلیارد تومان	درصد
محیط زیستی	طرح انتقال چالوس	۳	۹۹۴	+۹۹/۵
	تحقیق	۹۹۷		
فنی و اجرایی	طرح انتقال چالوس	۲۲۲	۲۴۷۸	+۹۱/۵
	تحقیق	۲۷۰۰		
مجموع سرمایه‌گذاری	طرح انتقال چالوس	۲۲۵	۳۴۷۲	+۹۴
	تحقیق	۳۶۹۷		



شکل ٤. سهم مالی شاخص‌های محیط زیستی



شکل ٥. سهم مالی شاخص‌های فنی-اجرایی

باتوجه به نتایج مندرج در جدول ۷، مقدار BCR در طرح انتقال آب چالوس (در سال ۱۳۹۱) با نرخ تنزیل ۶ و ۸ درصد به ترتیب ۳/۶۹ و ۲/۷ بوده و طرح اقتصادی و مقرون به صرفه بوده است (۲۴). این در حالی است که CBCR در الگوی تحقیق برای هر دو نرخ تنزیل ۶ و ۸ درصد، کمتر از یک و به ترتیب ۰/۲ و ۰/۱۴ می‌باشد و لذا این طرح در حال حاضر، اقتصادی و مقرون به صرفه نیست.

جدول ۷. مقایسه شاخص‌های مالی در الگوی ارزش‌گذاری تحقیق و طرح انتقال آب چالوس

	نرخ تنزیل (درصد)	NPV	BCR	نرخ بازده داخلی (درصد)
الگوی تحقیق	۶	-۳۱۷۳۰۸۷۹/۸۲	۰/۲	-۳
	۸	-۳۲۸۳۴۲۸۷/۳۲	۰/۱۴	
طرح انتقال آب چالوس	۶	+۷۴۱۷۴۸/۸۹	۳/۶۹	+۳۰
	۸	+۵۳۱۳۰۹/۴۹	۲/۷	

از طرفی، شاخص NPV در طرح انتقال آب چالوس مثبت بوده ولی در الگوی ارزش‌گذاری تحقیق، CNPV منفی بوده و به معنای عدم اقتصادی بودن طرح است.

از دلایل مهم عدم اقتصادی بودن طرح انتقال آب چالوس با الگوی این تحقیق، اضافه شدن ارزش‌گذاری مالی ۹ شاخص اثرگذار محیط زیستی (۹۳۸ میلیارد تومان) و ۳ شاخص اثرگذاری فنی- اجرایی (۵۶۴ میلیارد تومان) به هزینه کل اجرای طرح می‌باشد. به عبارتی دیگر، از ۳۶۹۷ میلیارد تومان هزینه کل برآورد شده توسط الگوی ارزش‌گذاری تلفیقی، در حدود ۲۱۶۴ میلیارد آن (۶۰ درصد) متعلق به ۱۲ شاخص جدید ارزش‌گذاری شده می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به منظور دستیابی به الگوی ارزش‌گذاری عوامل اثرگذار در طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه‌ای، در ابتدا عوامل مؤثر با روش Delphi در قالب معیارها و شاخص‌ها به هشت معیار اصلی و ۶۳ شاخص تقسیم شدند. سپس شاخص‌های محیط زیستی و فنی-اجرایی با الگوی ارزش‌گذاری تلفیقی که شامل روش‌های ارزش‌گذاری مستقیم و ارزش‌گذاری نسبی با ضرایب عوامل مؤثر و وزنی بودند، ارزش‌گذاری شده و در شاخص‌های مالی اصلاح شده CBCR و CNPV اعمال گردیدند. نتایج نشان داد که ارزش‌گذاری اقتصادی تلفیقی در طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای، منجر به کمی‌سازی و ارزش‌گذاری عوامل مؤثر کمی و کیفی شده و ارزیابی اقتصادی دقیق‌تری را ارائه می‌کند. همچنین در این ارزش‌گذاری، در نظر گرفتن نرخ تنزیل (یا ارزش زمانی پول) جداگانه برای هر معیار است که سبب افزایش دقتِ ارزش‌گذاری با توجه به ارزش ذاتی و کارکردی هر معیار می‌شود. لذا تعیین نرخ تنزیل مناسب در برآورد و اصلاح شاخص‌های مالی BCR و NPV ضروری است. در ارزیابی اقتصادی طرح انتقال آب رودخانه چالوس به دشت هراز با الگوی ارزش‌گذاری تلفیقی به‌دست آمده، مشخص شد که شاخص CBCR کم‌تر از یک بوده و شاخص CNPV نیز منفی می‌باشد و لذا این طرح در حال حاضر اقتصادی نبوده و بایستی در ارزیابی اقتصادی اولیه تجدید نظر شده و ارزیابی دقیق‌تری انجام گیرد. به همین خاطر به نظر می‌رسد که با افزوده شدن ارزش شاخص‌های دیگر در ارزیابی اقتصادی طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای، ممکن است که این طرح‌ها اقتصادی نبوده و لذا ضروری است که مجدداً ارزیابی شوند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در مطالعه حاضر فرم‌های رضایت نامه آگاهانه توسط تمامی آزمودنی‌ها تکمیل شد.

حامی مالی

هزینه‌های مطالعه حاضر توسط نویسندگان مقاله تامین شد.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده پردازی: محمد حسنوی آتشگاه، مهدی یاسی؛ روش شناسی و تحلیل داده‌ها: محمد حسنوی، مهدی یاسی، ابراهیم امیری تکلدانی؛ نظارت و نگارش نهایی: مهدی یاسی، محمد حسنوی آتشگاه.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

References

1. Bakhtiari M, Fathi Moghaddam A. Inter-basin water transfer and sustainable development. In: Proc. of national conference on inter-basin water transfer (Challenges and Opportunities), Shahrekord Azad University. 2012. https://civilica.com/doc/153323
2. Bhattarai M, Molden D, Pant D. Socio-economics and hydrological impacts of inter-sectoral and inter-basin water transfer decisions. Melamchi water transfer project in Nepal. Asian Irrigation in Transition Responding to the Challenges ahead. Asian Institute of Technology. 2002. https://hdl.handle.net/10568/38039
3. Cole D, Carver W. Inter-basin transfers of water. Georgia Water Resources Conference. University of Georgia. 2011. http://www.gwri.gatech.edu/sites/default/files/files/docs/2011/3.5.4Cole.pdf
4. Day JC, Bridger KC, Peet SE, Friesen BF. Northwestern Ontario River Dimensions. Journal of Water Resources. 1982; 18 (2): 297-305. https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1982.tb03974.x
5. Yuexian X, Jialian H. Impact of water transfer on the natural environment in long distance water transfer: a Chinese case study and international experiences. Water Resources. 1983. https://www.researchgate.net/publication/309634409_Experiences_and_Consequences_of_Inter-Basin_Water_Transfer_Worldwide
6. Ghassemi F, White I. Inter-basin water transfer: case studies from Australia. United States, Canada, China and India. 1st ed. Cambridge University Press.2007; 435 p. ttps://doi.org/10.1017/CBO9780511535697
7. Pittock J, Meng J, Ashok K. Interbasin water transfers and water scarcity in a changing world a solution or a pipedream. Organization of World Wide Fund for Natur. WWF Germany. 2009; 16p. http://assets.panda.org/downloads/pipedreams18082009.pdf
8. Rezaei M, Basirzadeh H.A. Evaluation of water transfer project aspect of national security with an emphasis on sustainable development and land use planning, River Engineering. In: Proc. of Ninth International Seminar. Shahid Chamran University. Ahvaz. 2011. https://www.sid.ir/FileServer/JF/7031398 0420.pdf
9. Samadi Boroujeni H, Saeedinia M. Study on the impacts of inter-basin water transfer: northern Karun. Journal of African Agricultural Research. 2013; 8 (18):25-34. https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/F0ECD7A36692.pdf
10. Arab S, Hashemi S.R. Consequences of inter-basin water transfer schemes. In: Proc. Of Second National Conference on Water Crisis. Shahrekord University. 2013. https://civilica.com/doc/305825/
11. Chang N, When C, Chen Y. 1997. A fuzzy multi-objective programming approach optimal management of the reservoir watershed. European journal of operational research. 1997; 99 (2): 289-302. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00019-7
12. Zarghami M. Uncertain criteria in ranking interbasin water transfer projects in Iran. 73rd Annual meeting of ICOLD. Tehran. 2005. https://civilica.com/doc/126489/
13. Jahanbin S, Radmanesh N, Ghodsi M. Prioritizing and managing the most effective environmental, social and economic parameters in optimal utilization of inter-Basin Water transfer projects using AHP model. In: Proc. Of national conference on inter-basin water transfer (challenges and opportunities). Shahrekord Azad University. 2012. https://civilica.com/doc/360263/
14. Saaty TL. Decision making with dependence and feedback: the analytic network process. 2th ed. RWS Publications. Pittsburgh. 1996; 370p. http://www.cs.put.poznan.pl/ewgmcda/pdf/SaatyBook.pdf
15. Rahimi M, Solaimani K. Remote sensing and GIS based assessment groundwater

potential zones mapping using multi-criteria decision making technique. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering. 2017; 10 (35): 27-38. http://jwmsei.ir/article-1-433-en.pdf
16. Karamouz M, Moahedi S.A, Ahmadi A. Economic assessment in development of operating policies for inter-basin water transfer. Water Resources Research. 2007; 3 (2): 10-25. DOI:10.1061/ASCEIR.1943-4774.0000140
17. Halabiyan A.H, Shabankari M. Water Resources Management in Iran (case study: challenges of water transfer from Beheshtabad to Zayandehrood). 4th International Congress of Islamic World Geographers. Zahedan. Sistan and Baluchestan University. 2011. https://civilica.com/doc/82847/
18. Parhizkari A, Taghizadeh H, Shokat Fadaee M, Mahmoud A. Evaluation of the economic impacts of inter-basin water transfer on the pattern of farming and income status of farmers in the basin of Origin. Journal of Agricultural Economics and Development. 2015; 26 (3): 19-33. https://dx.doi.org/10.22067/jead2.v0i0.48794
19. Simons DB, Li RM, Fullerton W. Theoretically derived sediment transport equations for Pima County, Arizona: Prepared for Pima County DOT and Flood Control District. Tucson. AZ. Simons, Li and Assoc. 1981. https://www.engr.colostate.edu/~pierre/ce_old/classes/CE716/Geomorphic,%20Hydrologic,%20Hydraulic%20and%20Sediment%20Concepts.pdf
20. Decree of the Iran Cabinet of Ministers. Executive Regulation, Article B of the 12 th Law on Increasing the Productivity of the Agriculture and Natural Resources Sector. 2003. https://frw.ir/02/Fa/News/News.aspx?nwscid=&nwsId=25064
21. Decree of the Iran Cabinet of Ministers. Social and Cultural Development Program of the Islamic Republic of Iran (Environmental Crimes). 2000. https://rc.majlis.ir/fa/law/show/121296
22. Decree of the Iran Cabinet of Ministers. Executive Regulation Article 134 of the Third Economic, Social and Cultural Development Program of the Islamic Republic of Iran (Agricultural Jihad). 2005. https://rc.majlis.ir/fa/law/show/123943
23. Decree of the Iran Cabinet of Ministers. Tariff for groundwater and groundwater supply services. All Regional Water Companies and Khuzestan Water and Power Organization. 2018. http://www.smrw.ir/SC.php?type=static&id=413
24. Optimal utilization plan of Chalus river water resources. Second Stage Studies, Final Report of Chalus River Transfer Canal. Mahab Ghodss consulting Engineering Co. 2013. http://www.mzrw.ir/
25. Zarghami M, Szidarovszky F. Revising the OWA operator for multi criteria decision making problems under uncertainty. Elsevier. 2009; 198 (1): 259-265. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.09.014
26. Loucks D. Water Resource Systems Planning and Management. Springer. 2017. http://link.springer.com/978-3-319-44234-1