محیط‌زیست و توسعه، سال ۱٤، شماره ۲۸، پاییز و زمستان ۱٤۰۲، از صفحه ۱۲۳ تا ۱۳٤

# ارزیابی و اولویت بندی ریسک‌های انتقال آب بین حوضه‌ای با استفاده از روش AHP و COPRAS (مطالعه موردی: دز به قمرود)

**حسن اسماعیل‌زاده[۱]، الهام قاسمی زیارانی[۲*]، شاهرخ محمودی[۳]**

۱. دانشیار گروه برنامه ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. دانشجوی دوره دکتری علوم و مهندسی محیط‌زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. دانشجوی دوره دکتری مهندسی محیط‌زیست- منابع آب دانشگاه تهران، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۰۲/۱۷ تاریخ تصویب: ۱٤۰۲/۰۸/۱۰)

**چکیده**

استان قم با توجه به قرارگیری در مرکز کشور، افزایش جمعیت و دارا بودن اقلیم خشک و نیمه خشک با چالش کم آبی مواجه است. برای حل این مشکل طرح انتقال آب بین حوضه‌ای از سرشاخه‌های دز به قمرود اجرا گردید. هدف از این پژوهش ارزیابی و اولویت بندی ریسک‌های انتقال آب بین حوضه‌ای در منطقه دز به قمرود می‌باشد. بدین منظور در ابتدا به شناسایی معیارها و زیرمعیارها با استفاده از مطالعه منابع و پیشینه تحقیق پرداخته شد که در مجموع ۴ معیار شامل ریسک‌های فنی و سختی اجرا، مشکلات سیاسی و اجتماعی، مشکلات محیطزیستی و هزینه هر متر مکعب آب و ۲۳ زیرمعیار بر اساس استانداردهای یونسکو انتخاب گردید. برای وزن‌دهی به معیارها و زیر معیارها از روش سلسله مراتبی (AHP)، دیمتل، آنتروپی شانون و سلسله مراتبی فازی استفاده گردید و برای رتبه‌بندی این معیارها به دلیل کمبود داده برای زیرمعیارها و به علت کیفی بودن، معیارها و زیرمعیارها به جز قیمت تمام شده هر مترمکعب، فرآیند غیر سلسله مراتبی تکنیک COPRAS انتخاب گردید. برای وزن‌دهی معیارها و زیر معیارها از نظرات ۳۰ کارشناس استفاده گردید و از آنها خواسته شد که تنها وزن معیارهای عمومی را با در نظر گرفتن معیارهای کوچک و تأثیر آنها بر معیارهای اصلی امتیاز دهند. نتایج نشان داد با استفاده از روش کوپراس تخریب محیطزیست در حین احداث خط لوله و تونل رتبه اول، مشکلات زمین‌شناسی و آب‌بندی مخزن رتبه دوم، خطرات تخصیص تقاضای آب منابع انتقال آب در برخی مناطق رتبه سوم را دارا می‌باشند.

**کلید واژه‌ها:** انتقال آب بین حوضه‌ای، روش سلسله مراتبی، روش آنتروپی شانون، روش دیمتل، دز به قمرود

* نویسنده مسئول: Email: e_ghasemiziarani@sbu.ac.ir

DOI: 10.22034/eiat.2025.217699

## سرآغاز

تا سال ۲۰۳۰، تقاضای جهانی برای آب تا ۴۰ درصد از عرضه آب موجود بیشتر خواهد شد (Zhuang, 2016). توزیع نابرابر منابع آب چالش‌های پیش روی رشد جمعیت و تغییرات آب و هوایی را پیچیده می‌کند. رویکردهای جدید برای مدیریت آب ممکن است در چنین شرایطی، از راه‌حل‌های عرضه‌محور گرفته تا گزینه‌های مدیریت تقاضا، تکامل یابد(Allan, 2003 ). اگر تقاضا برای آب از مقادیر موجود در یک حوضه رودخانه بیشتر باشد، رویکردهای عرضه محور مهم باقی خواهند ماند و منابع آب جدید باید یا از طریق نمک زدایی آب دریا یا با تحویل آب از حوضه‌های رودخانه‌های مجاور، یعنی از طریق انتقال آب حوضه‌ای بین رودخانه‌ها (IBWTPs)[1]، انتخاب گردند. هر دو راه حل دارای تعدادی مزایا و تعدادی معایب هستند، مانند نمک زدایی که انرژی بر است و عملیاتی شدن آن گران است، در حالی که IBTها ممکن است اثرات محیط‌زیستی مضری داشته باشند. جایگزین‌های دیگری مانند برداشت آب باران وجود دارد، اما این راه حل در مورد کمبود آب زیاد ناکارآمد خواهد بود (Khadem et al, 2016). پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای یک راه حل موثر برای توزیع نابرابر منابع آب ارائه می‌دهد (Zhang, et al, 2015) .

این پروژه‌ها نه تنها در کاهش کمبود آب (به عنوان مثال برای مشکلات آب صنعتی، کشاورزی و خانگی) نقش دارند، بلکه در حمایت از توسعه اجتماعی–اقتصادی منطقه‌ای و کیفیت زندگی ساکنین نقش مهمی ایفا می‌کنند (Deines et al, 2015; Jiang et al, 2015). دولت‌ها ساخت IBWTPها را تشویق می‌کنند زیرا مزایای اقتصادی و اجتماعی زیادی دارند (Zhu et al, 2023) .

با این حال، IBWTPها بر استفاده از زمین، محیط هیدرولوژیکی، چشم انداز اطراف، و پوشش گیاهی مناطق انحراف آب، مناطق دریافت کننده آب و مناطق در امتداد مسیر انتقال آب تأثیر می‌گذارد. این تغییرات منجر به تغییراتی در تکامل اکوسیستم و امنیت اکولوژیکی می‌شود. به عنوان مثال، دریای آرال از دهه ۱۹۶۰ با شروع پروژه‌های آبیاری بیش از حد شوروی در حال کوچک شدن بوده است و تغییرات مربوطه نیز بر اقلیم محلی تأثیر گذاشته و منجر به افزایش وقوع و تشدید طوفان‌ها، آلودگی شدید محیطی و مشکلات بهداشت عمومی شده است (Micklin et al, 2018). مسیر میانی پروژه انحراف آب از جنوب به شمال چین منجر به تغییراتی در کاربری زمین در سراسر حوضه آبریز مخزن دانجیانگکو شده است که هدف آن کاهش رواناب شهری و کشاورزی است (Barnett et al, 2022) .

پروژه انحراف آب مصنوعی در رودخانه تاریم و حوضه رودخانه هی به منظور جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی و رسیدن به هدف احیای اکولوژیکی انجام شد(Aishan et al, 2019) . بحث انتقال حوضه به حوضه آب یک اصل بسیار حیاتی، مهم و اجرایی در ادبیات آب جهان است. در کشور ما هم به دلیل اینکه آب در قانون اساسی به عنوان یک انفال و سرمایه ملی تلقی شده است، این اختیار به دولت و وزارت نیرو داده شده که وارد این موضوع بشوند. این امر ناشی از واقعیت موجود در عدم توزیع یکنواخت زمانی و مکانی منابع آب در ایران، و نیازهای حیاتی در سایر نقاط کشور به خصوص مناطق مرکزی می‌باشد. استان قم یکی از استان‌های واقع در مناطق مرکزی کشور که با چالش کمبود آب روبرو می‌باشد. همزمان با افزایش جمعیت در استان قم و تخصیص ناکافی آب به این استان، مسئله کم آبی در این استان پر اهمیت، از آستانه بحران عبور کرد و موضوع انتقال آب از سایر حوضه‌ها امری بسیار جدی و اجتناب ناپذیر بود. به همین دلیل طرح انتقال آب از سرشاخه‌های دز به قمرود انجام شد. هدف از این پژوهش ارزیابی و اولویت بندی ریسک انتقال آب بین حوضه‌ای بین حوضه‌ای دز به قمرود با استفاده از روش COPRAS می‌باشد.

## مبانی نظری

اگر چه قدمت طرح‌های انتقال آب در دنیا به صدها سال پیش برمی‌گردد، ولی ضرورت اجرای طرح‌ها از ۲۰۰ سال پیش تاکنون بیشتر احساس شده است. اوج طراحی و اجرای پروژه‌های عظیم انتقال آب در کشورهای صنعتی و پیشرفته به دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ باز می‌گردد که دهه ۱۹۷۰ میلادی نقطه عطفی است در مدیریت منابع آب در جهان انتقال آب از یک حوضه به حوضه دیگر می‌باشد. در بعضی از کشورها از جمله در ایالات متحده آمریکا، شوروی سابق و چین یکی از راه‌های معمول تامین منابع آب حوضه‌های مواجه با کم آبی بوده است. انتقال آب بین حوضه‌ای در شرایط و بخش‌های مختلف جهان با هدف‌ها و رویکردهای متفاوت بوده است. پیامدهای ناشی از طرح‌های بزرگ انتقال آب بین حوضه‌ای موضوع بسیار پیچیده‌ای است. این انتقال در کوتاه مدت ممکن است چاره‌ساز باشد، اما در دراز مدت می‌تواند پیامدهایی متعدد، منفی یا مثبت، از جمله مسئله‌های فنی و

هیدرولوژیک و همچنین سیاسی، اجتماعی، محیطزیستی و اقتصادی در بر داشته باشد (رجا و پارسی نژاد، ۱۳۹۹).

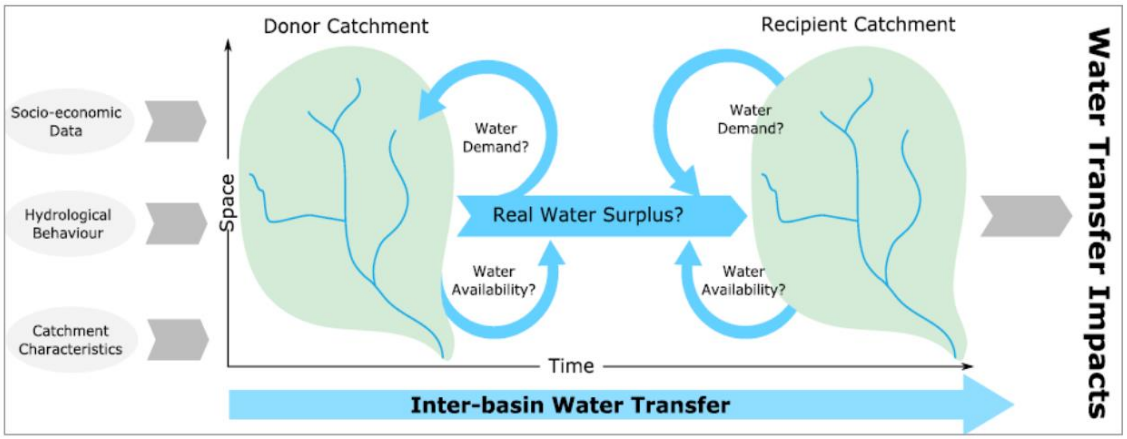
در این ارتباط می‌توان به طرح انتقال آب آمودریا و سیر دریا با طرح‌های آب‌رسانی متعدد به منظور افزایش سطح زیرکشت و بهره‌برداری بهینه از کشتزارها بین سه کشور همجوار در آسیای مرکزی اشاره کرد. این طرح‌ها با حفر کانال‌هایی برای انتقال آب سیر دریا در سال ۱۹۳۰ شروع شدند. در سال ۱۹۳۹ کانال فرغانه احداث شد که طول آن ۲۷۳/۵ کیلومتر بود. در سال ۱۹۵۷ یک نیروگاه هیدرولیک و یک دریاچه در زمین‌های مرتفع حد فاصل قرقیزستان و تاجیکستان ساخته شد که هدف از آن ذخیره آب برای زمین‌های گسترده متعلق به تاجیکستان، قرقیزستان و ازبکستان بود. این طرحها به همراه برنامه‌های متعدد دیگر که در سال‌های بعد به مرحله اجرا درآمد، بخشی وسیع از زمین‌های بایر کشورهای آسیای مرکزی را آباد کرد و بر میزان بازده تولید نیز افزود، اما با اجرای این طرح‌ها سطح زیر کشت پنبه از ۳/۵ به ۷/۵ میلیون هکتار افزایش یافت، از پیامدهای دیگر این طرح کاهش آب ورودی به دریاچه آرالبود که به یک دهم مقدار پیش از اجرای طرح رسید و وسعت دریاچه به یک سوم وسعت طبیعی آن کاهش یافت و با عقب نشینی و خشک شدن دو بندر موبینان در ازبکستان و آراسک در قزاقستان، صنعت صیادی این دو بندر نابود شد و ۶۰ هزار شغل از بین رفت. با خشک شدن دریاچه، بستری از نمک به وسعت ۳۶ هزار کیلومتر مربع با چهار برابر شدن غلظت نمک بر جای گذاشت که سبب از بین رفتن آبزیان و بروز دشواری‌های تنفسی برای مردمان منطقه شد (Roozbahani et al, 2020).

موافقان طرح‌های انتقال آب می‌گویند با توجه به اینکه کشور ایران جزء سرزمین‌های خشک و نیمه خشک و کم آب به حساب می‌آید و توزیع مکانی منابع آب نیز در آن یکنواخت نیست، از این رو در برخی حوضه‌ها آب به اندازه کافی وجود دارد و برخی مناطق با کمبود شدید آب مواجه هستند. خشکسالی‌های دوره‌ای نیز از عوامل تاثیرگذار و تشدیدکننده کم آبی در این مناطق بوده و در مواردی باعث کوچ اجباری و ترک محل زندگی ساکنین این مناطق می‌شود. از سوی دیگر، به دلیل توزیع نامناسب آب، خاک و جمعیت که موجب عدم توزیع یکنواخت زمانی و مکانی منابع و مصارف آبی شده است، انتقال آب از حوضه‌ای به حوضه دیگر برای برقراری این توازن و توزیع همگن‌تر منابع و نیازها می‌تواند یکی از مهمترین و موثرترین راه‌های تأمین نیاز آبی در منطقه مقصد باشد. بر این اساس انتقال آب بین حوضه‌ای به عنوان ابزاری جهت رسیدن به توسعه پایدار و کاهش استرس آب در منطقه، مورد مطالعه و اجرا قرار می‌گیرد (توکلی شیرازی و اکبری، ۱۳۹۱). اما استدلال مخالفان انتقال آب، تکامل سامانه‌های آب برای دسترسی به استفاده بهینه از هر قطره آب است. در علم آب‌شناسی جدید، حوضه‌های رودها را نمی‌توان به مازاد و کسری تقسیم کرد و بنابراین نمی‌شود مازاد یک بخش را برای تأمین کسری بخش دیگر انتقال داد. در بافت هر حوضه رود، هیچ قطره آبی نه مازاد است نه فاقد نقش بوم‌شناختی. هر قطره آب در حوضه، نقش بوم‌شناختی خاص خود را دارد. توصیف حوضه رودخانه بر اساس روانآب و مصرف پیش‌بینی شده اش در برخی فعالیت‌های اقتصادی، دیدگاه گمراه‌کننده‌ای است و امروزه به نام آب‌شناسی عددی خوانده می‌شود. خدمات بوم‌سازگانی از آبریز بالادستی گرفته تا نقاط تلاقی پایین‌دستی، در همه جا ارائه می‌شوند. شاید بتوان مقداری از آب را از حوضه‌ها منحرف کرد، اما به طور مسلم خسارتی بر خدمات بوم‌سازگانی وارد می‌آید. (باندیوپادهیای، ۱۳۹۶).

با این حال بررسی اثرهای طرح‌های بزرگ مقیاس انتقال آب بین حوضه‌ای موضوع بسیار پیچیده‌ای است و ارزیابی آن با توجه به گستردگی موضوع، تنها با به کارگیری مدل‌های پیشرفته برنامه ریزی منابع آب ممکن می‌باشد (رافی و همکاران، ۱۳۹۴). بسیاری از مشکلات مرتبط با اجرای پروژه‌های انتقال آب به مراحل برنامه‌ریزی این طرح‌ها مربوط می‌شود. مانند:۱. فقدان ارزیابی‌های محیطزیستی جامع؛ ۲. تبعیت ارزیابی‌های محیطزیستی از جنبه‌های فنی و اقتصادی IBTs؛ ۳. فقدان هماهنگی بین ارزیابی‌های محیطزیستی و سایر جنبه‌های برنامه‌ریزی، IBT مانند مطالعات فنی و اقتصادی؛ ۴. یک سوگیری جغرافیایی نسبت به حوضه‌های مقصد، به هزینه تأسیسات سیستم‌های مبدأ، درحالی‌که مسیرهای انتقال به طور موثر نادیده گرفته می‌شوند (تیموری یگانه، ۱۴۰۱).

## ویژگی‌های طرح

طرح انتقال آب از سرشاخه‌های دز به قمرود به منظور تأمین آب شرب شهرهای قم، گلپایگان، محلات، خوانسار، خمین و سلفچگان اجرا شده است. سیستم انتقال آب از سرشاخه‌های دز شامل رودخانه‌های چشمه سرداب، دره‌لکو، دره‌دزدان و دره‌دایی و مخزن سد کوچری، واقع در پائین دست سد گلپایگان می‌باشد. طرح انتقال آب شامل چهار قطعه تونل مجزا بین رودخانه‌های مورد بحث تا بالادست سد گلپایگان می‌باشد. طرح انتقال آب




**شکل (۱): اصول مدیریت یکپارچه منابع آب(Fu et al, 2012)**

از سرشاخه‌های دز به قم‌رود به لحاظ گستردگی طرح بالغ بر ۲۷۰ کیلومتر است که از دو حوضه سرشاخه‌های دز در استان لرستان و حوضه آبریز قم‌رود در استان‌های اصفهان، مرکزی و قم تشکیل شده است.

این طرح شامل ۴ بخش اصلی است. باید سالانه ۱۸۱ میلیون متر مکعب آب جمع آوری و به شهرهای مدنظر طرح، انتقال یابد. در این طرح مقرر شد ابتدا آب‌های سرشاخه‌های دز از یک چشمه بنام سرداب و ۳ دره، لکو، دزدان و دایی جمع آوری شود. در بخش دوم، باید انتقال حوضه به حوضه انجام گیرد. در طرح‌های انتقال آب، انتقال حوضه به حوضه بسیار مهم و کار بسیار سختی است چون تونل‌های بسیار بلندی را می‌طلبد و اگر امکان حفر تونل نمی‌بود باید از سیستم‌های پمپاژ استفاده می‌شد. بخش سوم این طرح ذخیره و تنظیم آب انتقالی است. آب‌هایی که جمع‌آوری شده باید انتقال داده شود. آب در این مرحله ذخیره و سپس تنظیم می‌شود.

برای ذخیره آب‌های انتقالی از ۲ سد گلپایگان که قبلا احداث شده بود (سال ۱۳۳۶) و سد «کوچری» (در حال احداث) استفاده می‌شود. سد کوچری، سدی خاکی و سنگ ریزه‌ای با هسته رسی است. ظرفیت مخزن این سد ۲۰۷ میلیون مترمکعب است. سد کوچری در ۸ کیلومتری جنوب غربی شهرستان گلپایگان درحال احداث است تا آب‌های جمع‌آوری شده از چشمه‌های فوق‌الذکر را به شهرهای خوانسار، گلپایگان، خمین، محلات، نیمور، دلیجان، سلفچگان و قم انتقال دهد (شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران).

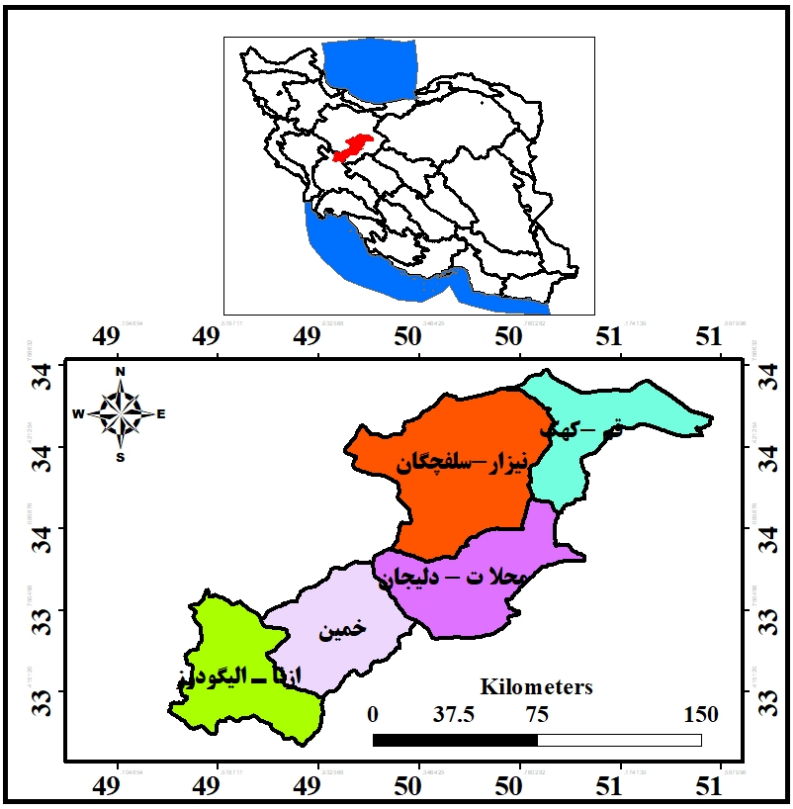
## روش تحقیق

این پژوهش، یک پژوهش توصیفی از نوع بنیادی است، زیرا در صدد هستیم که وضع موجود را بدون دستکاری متغیرهای مورد مطالعه بررسی نماییم. در تحقیقات توصیفی محقق به دنبال چگونه بودن موضوع است و میخواهد بداند پدیده، متغیر، شیء یا مسئله چگونه است. به عبارت دیگر، این تحقیق وضع موجود را بررسی می‌کند و به توصیف منظم و نظام‌دار وضعیت فعلی آن می‌پردازد و ویژگی‌ها و صفات آن را مطالعه و در صورت لزوم ارتباط بین متغیرها را بررسی می‌نماید.

پژوهش حاضر هم کیفی است و هم کمّی، در انتخاب روش کیفی و نظریه زمینه نیاد هدف اصلی این بود که برای درک عمیق‌تر و کسب اطلاعات بیشتر در مورد شرایط پیچیده موضوع، داشتن نگاه جامع به مسئله فارغ از محدودیت‌های روش کمی و بدون در نظر گرفتن چارچوب نظری مشخص و از پیش تعیین شده پژوهش انجام شود. اما در ادامه به منظور افزایش روایی درونی و روایی بیرونی پژوهش، روش کمی با تکنیک پرسشنامه نیز به کار گرفته شد.

بر این اساس، این پژوهش هم نیازمند کار کتابخانه‌ای و هم حضور در میدان تحقیق است. بخش نظری و مرور پژوهش‌های پیشین و همچنین تهیه اطلاعات مربوط به طرح‌های انتقال آب و جوامع درگیر در این طرح‌ها به صورت کتابخانه‌ای و اسنادی انجام می‌گیرد. اما بخش دیگر پژوهش که جمع‌آوری داده‌های واقعی از پیامدها و تنش‌های ناشی از اجرای طرح‌های انتقال آب است در میدان پژوهش انجام خواهد شد. به تبع تدریجی بودن گردآوری داده در این پژوهش، ابزارهای مختلف همچون مصاحبه، عکس و فیلم، یادداشت‌برداری در محل، بررسی سندها، مدارک و عکس‌های موجود در میدان تحقیق مورد استفاده قرار خواهد گرفت. به ویژه این که گردآوری داده، تحلیل و وزن‌دهی آنها به

صورت همزمان اتفاق خواهد افتاد، بنابراین هر ابزاری که بتواند داده‌ها را به سمت اشباع نظری و کشف مقوله‌های کانونی پیش ببرد، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. تعیین معیارها براساس پیشینه تحقیق و مبانی نظری تحقیق انتخاب گردیدند. پروژه‌های انتقال آب باید با رعایت اقدامات مختلف اقتصادی، اجتماعی، محیطزیستی و سیاسی انجام شود. یونسکو معیارهایی را برای توجیه یا کنار گذاشتن پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای ایجاد کرد (کاکس، ۱۹۹۹). چهار معیار کلی انتخاب شده در این پژوهش و زیرمعیارهای آنها به شرح زیر است:




**شکل (۲): نقشه زیرحوضه‌های انتقال آب از دز به قمرود**

**شکل (۳): مسیر انتقال آب از حوضه سرشاخه‌های دز به قمرود**

## C۱: خطرات فنی و دشواری اجرا شامل

الف) مشکلات زمین شناسی و آب بندی مخزن، ب) مراحل بررسی فنی و مطالعات اولیه سدها و مسائل فنی آنها، ج) خطرات تخصیص تقاضای آب منابع انتقال آب در برخی مناطق، د) عدم شروع پروژه‌های حوضه آب شرب، ه) مدت پروژه، مشکلات زمین شناسی سد و سیستم انتقال آب، و) نیاز به انرژی سیستم،

ز) تضمین بالای تامین آب شرب، ح) طول لوله و تونل‌ها، عبور از مناطق گسلی و کارستی، ج) پمپاژ طولانی با حجم بالا، ز) سهولت عملیات.

### C۲: مشکلات سیاسی و اجتماعی

از جمله: الف) مشکلات حقوقی و تملک اراضی، ب) خسارات مخزنی ناشی از آبگرفتگی شهرها( برخی روستاها و واحدها)، ج) مهاجرت، د) وجود مناطق حفاظت شده، ه) قومیتی، فرهنگی، و بافت عشایری منطقه مورد مطالعه، و) تهیه و ارائه نقشه کاربری اراضی و نقشه کاداستر سامانه پس از انتخاب سناریوی برتر و بهینه و ضرورت مستندسازی میراث فرهنگی و آثار تاریخی محل پروژه.

### C۳: مشکلات محیط زیستی

شامل الف) تخریب محیط‌زیست در حین احداث خط لوله و تونل، ب) تخریب کیفیت آب و آلودگی منابع آب و ج) خشک شدن چاه‌ها و چشمه‌ها.

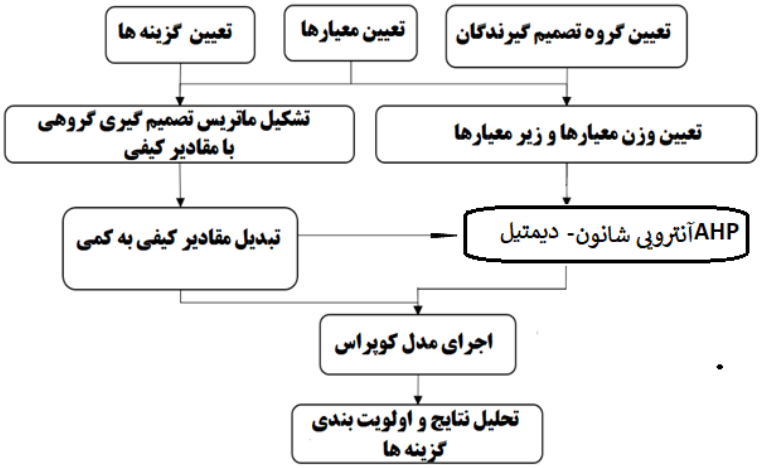
### C٤: هزینه هر متر مکعب آب

شامل الف) سرمایه گذاری اولیه مورد نیاز برای ساخت سیستم انتقال آب، ب) مقدار نیروی برق آبی تولید شده (انرژی تولید شده)، هزینه و مقدار برق مصرفی (انرژی مصرفی، د) هزینه جاری، ه) بهره برداری و نگهداری هزینه‌ها؛ هزینه هر متر مکعب آب توسط شرکت توسعه منابع آب و انرژی ایران برآورد شده و بر خلاف سه معیار کیفی دیگر به صورت عددی و کمی در نظر گرفته شده است. در واقع، با توجه به اهمیت شاخص ج ۴ و در دسترس بودن اطلاعات، این معیار به صورت عددی ارزیابی شد.

برای وزن‌دهی به معیارها و زیر معیارها از روش سلسله مراتبی (AHP)، دیمتل، آنتروپی شانون و سلسله مراتبی فازی استفاده گردید و برای رتبه‌بندی این معیارها به دلیل کمبود داده برای زیرمعیارها و به علت کیفی بودن، معیارها و زیرمعیارها به جز قیمت تمام شده هر مترمکعب، فرآیند غیر سلسله مراتبی تکنیک COPRAS انتخاب گردید. برای وزن‌دهی معیارها و زیر معیارها از نظرات ۳۰ کارشناس استفاده گردید و از آنها خواسته شد که تنها وزن معیارهای عمومی را با در نظر گرفتن معیارهای کوچک و تأثیر آنها بر معیارهای اصلی امتیاز دهند.

**جدول (۱): معیارها و زیر معیارهای به کار رفته در پژوهش (امیرنژاد و همکاران، ۱۳۹۹: محمدی و همکاران، ۱۳۹۸ ,Roozbahani et al (2020: Kacas, 1999:**

| ردیف | معیار | زیرمعیار |
|---|---|---|
| ۱ | خطرات فنی و دشواری اجرا شامل | الف) مشکلات زمین شناسی و آب بندی مخزن<br>ب) مراحل بررسی فنی و مطالعات اولیه سدها و مسائل فنی آنها<br>ج) خطرات تخصیص تقاضای آب منابع انتقال آب در برخی مناطق<br>د) عدم شروع پروژه‌های حوضه آب شرب<br>ه) مدت پروژه، مشکلات زمین شناسی سد و سیستم انتقال آب<br>و) نیاز به انرژی سیستم<br>ز) تضمین بالای تامین آب شرب<br>ح) طول لوله و تونل‌ها، عبور از مناطق گسلی و کارستی<br>ج) پمپاژ طولانی با حجم بالا<br>ز) سهولت عملیات. |
| ۲ | مشکلات سیاسی و اجتماعی | الف) مشکلات حقوقی و تملک اراضی<br>ب) خسارات مخزنی ناشی از آبگرفتگی برخی روستاها و واحدها<br>ج) مهاجرت<br>د) وجود مناطق حفاظت شده<br>ه) قومیتی، فرهنگی، و بافت عشایری منطقه مورد مطالعه<br>و) تهیه و ارائه نقشه کاربری اراضی و نقشه کاداستر سامانه |
| ۳ | مشکلات محیط زیستی | الف) تخریب محیط‌زیست در حین احداث خط لوله و تونل<br>ب) تخریب کیفیت آب و آلودگی منابع آب<br>ج) خشک شدن چاه‌ها و چشمه‌ها. |
| ٤ | هزینه هر متر مکعب آب | الف) سرمایه گذاری اولیه مورد نیاز برای ساخت سیستم انتقال آب<br>ب) مقدار نیروی برق آبی تولید شده (انرژی تولید شده)، هزینه و مقدار برق مصرفی (انرژی مصرفی<br>د) هزینه جاری<br>ه) بهره برداری و نگهداری هزینه‌ها هزینه هر متر مکعب آب توسط شرکت توسعه منابع آب و انرژی ایران برآورد شده |




**شکل(٤): فلوچارت تحقیق**

## یافته‌های تحقیق

در این مطالعه، سه رویکرد عدد صحیح، فازی و خاکستری برای اولویت‌بندی ریسک‌های انتقال آب بین حوضه‌ای با استفاده از روش COPRAS اخیراً توسعه‌یافته همراه با سه تکنیک مختلف وزن‌دهی ارائه شد. ریسک‌های انتقال آب بین حوضه‌ای در پروژه انتقال آب دز به قمرود مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه موردی، تمامی ریسک‌های انتقال آب بین حوضه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. در تعیین معیارهایی که در بخش روش شناسی تحقیق به آنها پرداخته شد، از سی خبره خواسته شد تا به پرسشنامه معیارها و همچنین ماتریس تصمیم نهایی با توجه به طیف‌های مورد نظر پاسخ دهند.

این کارشناسان بر اساس معیارهای آشنایی با پروژه مورد مطالعه و شرایط مختلف آن، سال‌ها تجربه و سطح تحصیلات انتخاب شدند. از کارشناسان وزارت نیرو و شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران به عنوان کارفرمای پروژه و همچنین تعدادی از مهندسان و اساتید ارشد دعوت شد. این گروه می‌تواند نماینده خوبی برای تمام جمعیت متخصص مربوطه باشد. برای این منظور از تکنیک دلفی برای استخراج نظرات و تجمیع آنها استفاده کردیم. روش دلفی یک تکنیک ارتباطی ساختار یافته است که به عنوان یک روش پیش‌بینی سیستماتیک و تعاملی توسعه یافته است که بر پانل متخصصان متکی است.

در هر مرحله از این روش، پرسشنامه‌های تکمیل‌شده مورد ارزیابی قرار گرفته و عدم قطعیت نظرات کارشناسان، پارامترهای میانگین و انحراف معیار من بررسی شده و پارامترهای نهایی در هنگام هم‌گرایی نظرات استخراج شده است. به عبارت دیگر، برای معیارهای C1–C3، کارشناسان این حوزه و پروژه، معیارها را با توجه به ریسک‌ها بر اساس اصطلاح زبانی، مطابق جدول (۱)، ارزیابی کرده و سپس عبارات آن‌ها به عدد کمی صحیح، فازی و خاکستری تبدیل شده است. پس از آن، نظرات آنها میانگین گرفته شد. برای معیار C4 که قیمت هر متر مکعب انتقالی به عنوان یک معیار عددی است، از داده‌های موجود برای تعیین این معیار استفاده شد. در نهایت، ماتریس تصمیم‌گیری از دیدگاه تصمیم‌گیرندگان برای رویکردهای قطعی، فازی و خاکستری شکل گرفت. ماتریس ارزیابی برای هر رویکرد، همراه با وزن معیارهای به‌دست‌آمده، در تکنیک‌های COPRAS، Grey COPRAS و COPRAS فازی برای روش رتبه‌بندی درج شد. در این تحقیق وزن معیارها در روش آنتروپی شانون با سه رویکرد عدد صحیح، فازی و خاکستری و بر اساس ماتریس تصمیم نهایی اعداد صحیح نهایی، فازی و خاکستری انباشته شده توسط تصمیم‌گیرندگان به دست آمد. سپس وزن معیارها با روش تحلیل سلسله مراتبی بر اساس ماتریس مقایسه زوجی نظرات تصمیم‌گیرندگان و میزان ناسازگاری به دست آمد. روش تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که مجموعه ماتریس مقایسه زوجی برای به دست آوردن وزن معیارها با نرخ ناسازگاری ۰/۰۴۵ با رویکرد عدد صحیح و خاکستری و ۰/۰۶۱ با رویکرد فازی سازگار است. سپس از روش DEMATEL با سه رویکرد عدد صحیح، فازی و خاکستری برای تعیین وزن معیارها، افزایش اثربخشی و علت و معلولی معیارها استفاده شد. در این روش ابتدا یک ماتریس مقایسه زوجی

تصمیم‌گیرندگان ایجاد شد و سپس با استفاده از روابط، وزن‌ها به دست آمد.

**جدول (۲): نتایج کلی وزن‌دهی معیارها با روش‌های اعداد صحیح، فازی و خاکستری**

| روش | | C1 | C2 | C3 | C4 |
|---|---|---|---|---|---|
| سلسله‌مراتبی (AHP) | وزن | ۰/۲۳۲ | ۰/۲۱۱ | ۰/۲۰۲ | ۰/۱۹۷ |
| | رتبه | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ |
| دیمتل DEMATEL | وزن | ۰/۲۷۶ | ۰/۲۸۹ | ۰/۱۸۷ | ۰/۲۳۲ |
| | رتبه | ۲ | ۱ | ۴ | ۳ |
| آنتروپی شانون Shannon entropy | وزن | ۰/۲۶۵ | ۰/۲۴۴ | ۰/۲۱۳ | ۰/۲۲۲ |
| | رتبه | ۱ | ۲ | ۴ | ۳ |
| فازی سلسله‌مراتبی (FUZZY AHP) | L | ۰/۴۳۵ | ۰/۳۸۹ | ۰/۲۷۵ | ۰/۱۳۵ |
| | M | ۰/۶۳۴ | ۰/۳۲۵ | ۰/۲۳۹ | ۰/۱۵۶ |
| | U | ۰/۷۸۹ | ۰/۳۵۱ | ۰/۲۴۱ | ۰/۱۶۷ |
| | رتبه | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ |
| فازی دیمتل (FUZZY DEMATEL) | وزن | ۰/۲۳۴ | ۰/۲۶۷ | ۰/۲۰۴ | ۰/۲۰۹ |
| | رتبه | ۲ | ۱ | ۴ | ۳ |
| فازی آنتروپی شانون (Fuzzy Shannonentropy) | وزن | ۰/۳۴۵ | ۰/۳۲۱ | ۰/۲۶۵ | ۰/۲۷۶ |
| | رتبه | ۱ | ۲ | ۴ | ۳ |
| خاکستری سلسله مراتبی (Grey AHP) | L | ۰/۵۳۲ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۳۴ | ۰/۰۹۳ |
| | U | ۰/۶۳۲ | ۰/۱۸۷ | ۰/۱۲۳ | ۰/۰۸۷ |
| | رتبه | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ |
| خاکستری دیمتل (Grey DEMATEL) | وزن | ۰/۲۹۵ | ۰/۲۳۶ | ۰/۲۵۵ | ۰/۲۱۶ |
| | رتبه | ۱ | ۳ | ۲ | ۴ |
| خاکستری آنتروپی شانون (Grey Shannonentropy) | وزن | ۰/۵۲۳ | ۰/۴۳۲ | ۰/۳۲۴ | ۰/۲۳۲ |
| | رتبه | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ |

با توجه به کیفی بودن معیارها و اطلاعات ناقص و ناکافی مورد نیاز برای ارزیابی و اولویت بندی معیارها، از نظر اهمیت، تأثیر و اثربخشی و همچنین تأثیر آنها معیارها سه روش وزن‌دهی مختلف در شرایط عدم قطعیت وجود دارد. جدول (۲) نتایج روش‌های وزن‌دهی را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول (۲)، نتایج وزن‌دهی نشان داد که مهمترین معیار اهمیت معیارها، ریسک‌های فنی و دشواری اجرا (C1) در شرایط صحیح، فازی و خاکستری است و پس از آن معیار قیمت قرار می‌گیرد. آب در هر متر مکعب (C4) در حالت عدد صحیح و فازی است.

نتایج روش‌های وزن‌دهی نشان داد که ملاک مشکلات محیط‌زیستی با کمترین وزن، کم اهمیت‌ترین معیار برای کارشناسان است. سپس وزن‌دهی به روش DEMATEL انجام شد و نتایج اثرات و روابط با علت و معلول نشان داد که ریسک فنی و دشواری اجرا (C1) به دلیل تعامل متوسط تا زیاد با سایر معیارها و میانگین اثربخشی در سه عدد صحیح در رتبه دوم قرار دارد. محیط‌های فازی و خاکستری و ملاک علی است. همچنین معیار هزینه هر متر مکعب آب (C4) از نظر تأثیر متقابل و اثربخشی بیشتر سایر عوامل در هر سه محیط اعداد صحیح، فازی و خاکستری در رتبه اول قرار دارد و معیاری مؤثر است. سپس وزن معیارها به روش آنتروپی شانون به صورت اعداد صحیح، فازی و خاکستری محاسبه شد. نتایج نشان داد که معیار قیمت تمام شده برای هر متر مکعب آب (C4) با کمترین وزن (Wj) و حداکثر مقدار Ej برای همه سناریوها تأثیر یکسان و کمترین معیار برای تعیین سناریوها دارد. در مقابل، ریسک فنی و سختی اجرا (C1) ضروری ترین معیار با بیشترین وزن است.

در مجموع با توجه به نتایج، ریسک فنی و سختی اجرا (C1) و سپس قیمت تمام شده هر متر مکعب آب توسط کارشناسان به عنوان مهمترین معیار از نظر عدم قطعیت شناسایی شد. نتایج به دست آمده از روش‌های وزن‌دهی نشان می‌دهد که رتبه بندی معیارها با تغییر روش وزن‌دهی تغییر می‌کند. این نتیجه بر اساس ساختار و اصول تکنیک‌ها است که بر اساس اهمیت، اثربخشی و تأثیرگذاری و همچنین وضعیت سناریوها برای هر یک از معیارها تعیین می‌شوند.

**جدول (۳): نتایج کلی وزن‌دهی معیارها و زیر معیارها با کوپراس**

| معیار | زیرمعیار | وزن | رتبه | رتبه نهایی |
|---|---|---|---|---|
| خطرات فنی و دشواری اجرا شامل | الف) مشکلات زمین شناسی و آب بندی مخزن | ۰/۳۴۲ | ۱ | ۲ |
| | ب) مراحل بررسی فنی و مطالعات اولیه سدها و مسائل فنی آنها | ۰/۲۴۵ | ۴ | ۸ |
| | ج) خطرات تخصیص تقاضای آب منابع انتقال آب در برخی مناطق | ۰/۲۷۸ | ۲ | ۳ |
| | د) عدم شروع پروژه‌های حوضه آب شرب | ۰/۲۶۷ | ۳ | ۶ |
| | ه) مدت پروژه، مشکلات زمین شناسی سد و سیستم انتقال آب | ۰/۲۱۱ | ۵ | ۱۳ |
| | و) نیاز به انرژی سیستم | ۰/۱۸۷ | ۷ | ۱۶ |
| | ز) تضمین بالای تامین آب شرب | ۰/۱۶۵ | ۸ | ۱۸ |
| | ح) طول لوله و تونل‌ها، عبور از مناطق گسلی و کارستی | ۰/۲۰۲ | ۶ | ۱۴ |
| | ج) پمپاژ طولانی با حجم بالا | ۰/۱۴۳ | ۹ | ۲۱ |
| | ز) سهولت عملیات | ۰/۱۲۲ | ۱۰ | ۲۲ |
| مشکلات سیاسی و اجتماعی | الف) مشکلات حقوقی و تملک اراضی | ۰/۲۴۱ | ۱ | ۹ |
| | ب) خسارات مخزنی ناشی از آبگرفتگی در شهرها | ۰/۱۷۵ | ۴ | ۱۷ |
| | ج) مهاجرت | ۰/۱۶۲ | ۵ | ۱۹ |
| | د) وجود مناطق حفاظت شده | ۰/۱۵۴ | ۶ | ۲۰ |
| | ه) وجود قومیتی، فرهنگی، و بافت عشایری منطقه مورد مطالعه | ۰/۱۹۸ | ۳ | ۱۵ |
| | و) تهیه و ارائه نقشه کاربری اراضی و نقشه کاداستر | ۰/۲۳۱ | ۲ | ۱۰ |
| مشکلات محیط زیستی | الف) تخریب محیطزیست در حین احداث خط لوله و تونل | ۰/۳۵۶ | ۱ | ۱ |
| | ب) تخریب کیفیت آب و آلودگی منابع آب | ۰/۲۷۵ | ۲ | ۴ |
| | ج) خشک شدن چاه‌ها و چشمه‌ها | ۰/۲۴۶ | ۳ | ۷ |
| هزینه هر متر مکعب آب | الف) سرمایه گذاری اولیه مورد نیاز برای ساخت سیستم انتقال آب | ۰/۲۷۳ | ۱ | ۵ |
| | ب) مقدار نیروی برق آبی تولید شده | ۰/۱۶۱ | ۴ | ۱۸ |
| | د) هزینه جاری | ۰/۲۲۷ | ۳ | ۱۱ |
| | ه) بهره برداری و نگهداری هزینه‌ها؛ هزینه هر متر مکعب | ۰/۲۲۰ | ۲ | ۱۲ |

جدول (۳) نتایج کلی وزن‌دهی معیارها و زیر معیارها با کوپراس را نشان می‌دهد. بدین‌ترتیب الف) مشکلات زمین شناسی و آب بندی مخزن با وزن ۰/۳۴۲ رتبه اول، ج) خطرات تخصیص تقاضای آب منابع انتقال آب در برخی مناطق با وزن ۰/۲۷۸ رتبه دوم، د) عدم شروع پروژه‌های حوضه آب شرب با وزن ۰/۲۶۷ رتبه سوم را دارا می‌باشد.

در معیار مشکلات سیاسی و اجتماعی زیر معیار الف) مشکلات حقوقی و تملک اراضی ۰/۲۴۱ رتبه اول، و) تهیه و ارائه نقشه کاربری اراضی و نقشه کاداستر با وزن ۰/۲۳۱ رتبه دوم، ه) وجود قومیتی، فرهنگی، و بافت عشایری منطقه مورد مطالعه با وزن ۰/۱۹۸ رتبه سوم را دارا می‌باشد.

در معیار مشکلات محیطزیستی زیر معیار الف) تخریب محیطزیست در حین احداث خط لوله و تونل۰/۳۵۶ رتبه اول، ب) تخریب کیفیت آب و آلودگی منابع آب ۰/۲۷۵، ج) خشک شدن چاه‌ها و چشمه‌ها ۰/۲۴۶ رتبه سوم را دارا می‌باشد.

در معیار هزینه هر متر مکعب آب الف) سرمایه‌گذاری اولیه مورد نیاز برای ساخت سیستم انتقال آب با وزن ۰/۲۷۳ رتبه اول را دارا می‌باشد.

## نتیجه‌گیری

همزمان با افزایش جمعیت در استان قم و تخصیص ناکافی آب به این استان، مسئله کم آبی در این استان پر اهمیت، از آستانه بحران عبور کرد و موضوع انتقال آب از سایر حوضه‌ها امری بسیار جدی و اجتناب‌ناپذیر بود. به همین دلیل طرح انتقال آب از سرشاخه‌های دز به قمرود انجام شد. هدف از این پژوهش ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک انتقال آب بین حوضه‌ای بین حوضه دز به قمرود با استفاده از روش COPRAS می‌باشد. وزن‌دهی معیارها با استفاده از روش سلسله مراتبی، آنتونی شانون و دیمتل صورت گرفته است. این پژوهش، یک پژوهش توصیفی از نوع بنیادی است، چهار معیار کلی انتخاب شده در این پژوهش و زیرمعیارهای آنها به شرح زیر است:

C1: خطرات فنی و دشواری اجرا که شامل ۱۰ زیرمعیار می‌باشد.
C۲: مشکلات سیاسی و اجتماعی که شامل ۶ زیرمعیار می‌باشد.
C۳: مشکلات زیست محیطی که شامل ۳ زیرمعیار می‌باشد. C۴: هزینه هر متر مکعب آب که شامل ۴ زیرمعیار می‌باشد. وزن معیارها با روش تحلیل سلسله مراتبی بر اساس ماتریس مقایسه زوجی نظرات تصمیم گیرندگان و میزان ناسازگاری به دست آمد. روش تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که مجموعه ماتریس مقایسه زوجی برای به دست آوردن وزن معیارها با نرخ ناسازگاری ۰/۰۴۵ با رویکرد عدد صحیح و خاکستری و ۰/۰۶۱ با رویکرد فازی سازگار است. سپس از روش DEMATEL با سه رویکرد عدد صحیح، فازی و خاکستری برای تعیین وزن معیارها، افزایش اثربخشی و علت و معلولی معیارها استفاده شد. در این روش ابتدا یک ماتریس مقایسه زوجی تصمیم گیرندگان ایجاد شد و سپس با استفاده از روابط، وزن‌ها به دست آمد.

در نهایت با استفاده از روش کوپراس الف) تخریب محیط‌زیست در حین احداث خط لوله و تونل رتبه اول، الف) مشکلات زمین شناسی و آب بندی مخزن رتبه دوم، ج) خطرات تخصیص تقاضای آب منابع انتقال آب در برخی مناطق رتبه سوم را دارا می‌باشند.

## یادداشت‌ها

1. Inter-basin water transfers

## منابع


امیرنژاد، ح.، حسینی، س. و صابری، م. ۱۳۹۹. بررسی پیامدهای مثبت و منفی طرح‌های انتقال آب بین حوضه ای، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز سال یازدهم، شماره ۲۲، ص ۲۶۳- ۲۷۱.

رجا، ا.، و پارسی‌نژاد، م. ۱۳۹۹. نگرش همه جانبه بر انتقال آب بین حوضه ای، مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۵، شماره ۲، صص ۱۵۲-۱۶۵.

باندیوپادهیای، ج. ۱۳۹۶. آب، بوم سازگان‌ها و جامعه. ترجمه: ویدا نوشین فر. تهران، نشر فرهنگ هنر و ارتباطات.

تیموری یگانه، م. ۱۴۰۱. مروری بر طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای در جهان و تأثیر آن بر عوامل محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی، مجله آب و توسعه پایدار، سال ۹، شماره ۲، صص ۵۷-۶۸.

توکلی شیرازی، ن. و اکبری، غ. ۱۳۹۱. انتقال آب بین حوضه‌ای، رویکردی پایدار در مدیریت منابع آب، همایش ملی انتقال آب بین حوضه‌ای(چالش‌ها و فرصت‌ها)، شهرکرد.

غنیان، ط.، و روزبهانی، ع. ۱۴۰۰. تحلیل ریسک طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای با روش تحلیل خطای فازی (مطالعه موردی: فلات مرکزی ایران)، مجله آب و آبیاری، دوره ۱۱، شماره۲، صص ۳۵۷-۳۷۳.

محمدی، ح. ر.، حکیمی‌خرم، ع.، و احمدی، ا. ۱۳۹۸. امکان سنجی اجرای پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای در ایران (مطالعهٔ موردی: طرح انتقال آب بهشت آباد-فلات مرکزی)، پژوهش‌های‌جغرافیای‌انسانی،دوره، ۵۱ شماره ۴، صص ۱۰۹۲-۱۰۷۳.

Allan, J., 2003. Integrated water resources management is more a political than a technical challenge. Dev. Water Sci. 50, 9–23. https://doi.org/10.1016/S0167-5648 (03)80004-7.

Aishan, T.; Halik, Ü.; Kurban, A.; Cyffka, B.; Kuba, M.; Betz, F.; Keyimu, M. Eco-morphological response of floodplain forests (Populus euphratica Oliv.) to water diversion in the lower Tarim River, northwest China. Environ. Earth. Sci. 2015, 73, 533–545

Barnett, J.; Rogers, S.; Webber, M.; Finlayson, B.; Wang, M. 2022, Transfer project cannot meet China's water needs. Nature, 527, 295–297.

Deines, J.M.; Liu, X.; Liu, J.G. Telecoupling in urban water systems: An examination of Beijing's imported water supply. Water Int. 2015.

Eakin, H.; DeFries, R.; Kerr, S.; Lambin, F.E.; Liu, J.G.; Marcotullio, P.J.; Messerli, P.; Reenberg, A.; Rueda, X.; Swaffield, R.S. 2019, Significance of telecoupling for exploration of land-use change. In Book Rethinking Global Land Use in an Urban Era; Karen, C.S., Anette, R., Eds.; MIT Press: Cambridge, MA, USA; Volume 14, pp. 141–161

Fu, X., Zhu, Q., Sarkis, J., 2012. Evaluating green supplier development programs at a telecommunications systems provider. Int. J. Prod. Econ. 140 (1), 357–367.

Gupta, J., van der Zaag, P., 2008. Interbasin water transfers and integrated water resources management: Where engineering, science and politics interlock. Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C 33 (1–2), 28–40. https://doi.org/10.1016/j.pce.2007.04.003.

He, W.M.; He, Q.L.; Zhou, J. 2022, Soil weathering-water environment-ecological risks in Hanjiang River Basin, China. Quatern. Int. 380, 297–304.

Jiang, R.G.; Xie, J.C.; Zhu, J.W.; Liu, H.H. Theoretical framework for ecological compensation of inter-basin water transfer project. Bull. Soil Water Conserv. 2015, 35, 273–278.

Khadem, M., Roug´ e, C., Harou, J.J., Hansen, K.M., Medellin-Azuara, J., Lund, J.R., 2021. Estimating the Economic Value of Interannual Reservoir Storage in Water Resource Systems. Water Resour. Res. 54 (11), 8890–8908. https://doi.org/10.1029/2017WR022336.

Li, L.C.; Zhang, L.P.; Xia, J.; Christopher, J.G.; Wang, R.C.; Zeng, S.D. 2021, Implications of modelled climate and land cover changes on runoff in the Middle Route of the South to North Water Transfer Project in China. Water Resour. Manag. 29, 2563–2579.

Micklin, P.P.; Aladin, N.V. 2018, Reclaiming the Aral Sea. Sci. Am. 298, 64–71

Roozbahani, A, Ghased, H, Hashemy Shahedany, M., (2020), Inter-basin water transfer planning with grey COPRAS and fuzzy COPRAS techniques: A case study in Iranian Central Plateau, Science of the Total Environment, Vol 726, 138499

Zhang, L.; Li, S.; Loaiciga, H.A.; Zhang, Y.; Du, Y. Opportunities and challenges of interbasin water transfers: A literature review with bibliometric analysis. Scientometrics 2015, 105, 279–294.

Zhuang, W., 2016. Eco-environmental impact of inter-basin water transfer projects: a review. Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 23 (13), 12867–12879. https://doi.org/ 10.1007/s11356-016-6854-3.

Zhu, M.Y.; Tan, S.D.; Zhang, Q.F. 2023, Economic loss estimation of soil erosion in water source area of Middle Route of South-to-North Water Transfer Project. Bull. Soil Water Conserv. 34, 190–195.

# Valuation and Prioritization of Inter- Basin Water Transfer Risks Using AHP and COPRAS Method (Case Study: Dez to Qomroud)

**Hassan Esmaelim Zadeh[1], Ghasemi Ziarani[2*], Shahrokh Mahmoudi[3]**

1. Associate Professor, Department of Environmental Planning and Design, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran
2. PhD Student, Environmental Science Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Major: Environmental Science and Engineering
3. PhD Student, University of Tehran, Major: Environmental Engineering_Water Resources

(Received: 2024/05/06 Accepted: 2023/11/01)

## Abstract:

Due to its location in the center of the country, increasing population and having a dry and semi-arid climate, Qom province is facing the challenge of water scarcity. To solve this problem, the water transfer project between the basins from Dez to Qomroud tributaries was implemented. The purpose of this research is to evaluate and prioritize the risks of inter-basin water transfer in Dez to Qamroud region. For this purpose, at first, the criteria and sub-criteria were identified by studying the sources and background of the research. In total, 4 criteria including technical risks and difficulty of implementation, political and social problems, environmental problems and the cost of each cubic meter of water and 23 sub-criteria were selected based on UNESCO standards. For weighting the criteria and sub-criteria, hierarchical method (AHP), Dimtel, Shannon entropy and fuzzy hierarchy were used and to rank these criteria due to the lack of data for the sub-criteria and due to their quality, the criteria and sub-criteria except for the price Each cubic meter was selected by the non-hierarchical process of the COPRAS technique. The opinions of 30 experts were used to weight the criteria and sub-criteria and they were asked to rate only the weight of the general criteria by considering the small criteria and their impact on the main criteria. During the construction of the pipeline and tunnel, geological problems and sealing of the tank rank second, the risks of allocating water demand, water transmission sources in some areas have the third rank.

**Key words**: Inter-basin water transfer, Hierarchical method, Shannon entropy method, Dimitl method, Dez Beh Qamroud

*Corresponding author: Email: e_ghasemiziarani@sbu.ac.ir
DOI: 10.22034/eiat.2025.217699