

توسعه یک مدل ارزیابی ریسک پروژه های سد سازی با استفاده از روش دلفی و TOPSIS

محمدرضا شهرکی استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان*
بنفشه فرامرزپور دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان
*تلفن نویسنده اصلی: ۰۹۳۶۰۲۸۴۱۵۲ ، پست الکترونیکی: m.reza.shahraki@gmail.com

چکیده ← ۳ cm

یکی از عواملی که می تواند پروژه های بزرگ را از لحاظ اقتصادی، مقرون به صرفه کند، مدیریت اثربخش ریسک و فاکتورهای آن می باشد. پروژه های سدسازی با صرف زمان و هزینه های زیاد و شرایط مکانی پیچیده دارای ریسک بیشتری نسبت به سایر پروژه های عمرانی می باشند. این تحقیق به تعیین اهمیت ریسک ها و رتبه بندی آنها در پروژه های سدسازی و سپس اولویت بندی پروژه های مختلف براساس ریسک ها، با استفاده از روش دلفی و TOPSIS می پردازد. برای ارزیابی ریسک پروژه ها لازم است ابتدا پارامترهای ریسک در پروژه ها مشخص و اولویت بندی شوند و سپس با روش TOPSIS رتبه فاکتورهای ریسک تعیین و تاثیر آنها بر پروژه های مورد نظر محاسبه می شود. نتایج این تحقیق نشان می دهد که با اولویت بندی معیارها، محاسبه وزن نسبی هر معیار و ارزیابی پارامترهای ریسک در مجموع، به راحتی می توان کم ریسک ترین پروژه را انتخاب و اجرا نمود. کلید واژه ها: پروژه، سد سازی، ارزیابی، ریسک، TOPSIS، مدیریت

۱- مقدمه

انجمن بیمه و ریسک آمریکا، ریسک را عدم اطمینان از پیامد حادثه ای که دو احتمال یا بیشتر دارد تعریف نموده است (اوتریل، ۱۹۸۹). در مسائل اقتصاد مهندسی، ریسک مربوط به حالتی است که یک فرایند مالی آنطور که پیش بینی شده بود رفتار نکند (اسکونزاد، ۱۳۸۹). علاوه بر این ها ریسک ها به دو دسته ریسک های عمومی و ریسک های مربوط به پروژه نیز تقسیم می شوند که در مدل سازی های مختلف ریسک به شکل قابل ملاحظه ای مورد استفاده قرار می گیرند (دیکمن و همکاران، ۲۰۰۷).

با توجه به کمبود منابع آبی در کشور ایران و لزوم استفاده بهینه از آب های سطحی جهت امور شرب، کشاورزی، صنعت و نیز اهمیت تولید برق از طریق نیروگاه های برق-آبی سرمایه گذاری های عمده ای در بخش سدسازی انجام گرفته است (شول، فتحی زاده، ۱۳۸۸). از این رو تعریف پارامترهایی که در ارزیابی ریسک بکار می روند بسته به نوع پروژه و محیط قابل اجرای آن، متفاوت خواهد بود. برای تعیین پارامترهای ریسک، نیاز به دانش عمیق در مورد سازمان و پروژه، بازاری

که سازمان در آن فعالیت دارد، بستر حقوقی، اجتماعی، سیاسی و فرهنگی آن سازمان و نیز اطلاعات درست از اهداف استراتژیک و عملیاتی سازمان، خواهد بود (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور- وزارت نیرو، ۱۳۷۰). در این مقاله برای ارزیابی ریسک اجرای پروژه های سدسازی، ابتدا پارامترهای ریسک را برای این پروژه ها، مشخص می کنیم و سپس پارامترهای تعیین شده که به عنوان شاخص در نظر گرفته می شوند را براساس روش دلفی؛ که جمع آوری نظرات افراد خبره می باشد؛ اولویت بندی می کنیم (احمدی، ۱۳۸۸). در مرحله بعدی با استفاده از روش TOPSIS¹ پنج سد بوسیله پارامترهای تعریف و اولویت بندی شده مورد ارزیابی قرار می گیرد. (مومنی، ۱۳۸۵). نتایج حاصل از محاسبات براساس روش TOPSIS، کم ریسک ترین پروژه ها برای اجرا را مشخص خواهد نمود.

۱- بیان مسئله:

پروژه های سدسازی، به علت استراتژیک بودن تامین آب، پروژه هایی بسیار مهم و در عین حال پرهزینه ای برای هر کشوری می باشند. با توجه به محدودیت بودجه های عمرانی و تعهداتی که ناشی از اجرای پروژه های سدسازی می شود، ضروری است مطالعات ریسک این پروژه ها جهت شناسایی، اولویت بندی و ارزیابی ریسک ها صورت گیرد. در واقع اولویت بندی این پروژه ها و اجرای آنها با توجه به مطالعات ریسک، باعث بهره برداری بهینه از منابع محدود مالی و دستیابی به بهره وری بالاتر خواهد شد. عدم انتخاب صحیح پروژه های سدسازی برای اجرا، با توجه به پارامترهای ریسک آنها، باعث اتلاف سرمایه و منابع و نیز عدم دستیابی به اهداف تبیین شده پروژه خواهد شد. در قالب برنامه های تدوین شده برای بخش آب، طرح های آبرسانی به شهرها و روستاها، مهار سیلاب ها، جلوگیری از خروج آبهای مرزی، تامین آب شرب، کشاورزی، صنعت و ... به عنوان اهداف کلان اجرای سدها تعریف می شوند (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور- وزارت نیرو، ۱۳۷۰). برای دستیابی به این اهداف لازم است برنامه ریزی دقیق و مدونی انجام گیرد که اینکار با تعریف انواع پروژه ها و زیرپروژه ها صورت می پذیرد. در این مقاله هدف، ارزیابی ریسک در پروژه های سدسازی، جهت صرفه جویی های اقتصادی، استفاده بهینه از منابع، بالا بردن بهره وری و داشتن نتایج موثرتر می باشد.

در ادامه این تحقیق در بخش سوم به تحقیقات انجام شده در این زمینه اشاره خواهد شد. در بخش چهارم به معرفی پروژه و پارامترهای مورد استفاده در آن پرداخته می شود. سپس در بخش پنجم، شرح مختصری درباره روش استفاده شده و نتایج محاسبات، در این مقاله ارائه خواهد شد. در بخش پایانی به بحث و نتیجه گیری درباره روش و نتایج اشاره می شود.

۲- پیشینه تحقیق:

با توجه به اینکه موفقیت شرکت های پروژه محور، به شکل قابل ملاحظه ای وابسته به ارزیابی و مدیریت ریسک ها می باشد، در دهه های اخیر مقوله ارزیابی ریسک در پروژه ها، با متدولوژی های مختلف، رشد چشمگیری داشته است (اطمینان مقدم، ۱۳۸۴). ارزیابی و مدیریت موفق ریسک ها نیازمند شناسایی ریسک و ساخت مدل ریسک برای ارزیابی بزرگی آن است (بالوی، پرایس، ۲۰۰۳)، که در ادامه مطلب به برخی تحقیقات مرتبط با آنها اشاره شده است. شول و فتحی زاده (۱۳۸۸) با شناخت منابع ریسک و عدم اطمینان در پروژه های سدسازی و بررسی و ارزیابی این منابع، به تعیین مهم ترین و اثرگذارترین آنها در پروژه می پردازند. برای این ارزیابی از تکنیک تحلیل فاکتوری (AHP) استفاده شده است. نتایج حاصل از این ارزیابی برای ۵ پروژه سدسازی، جهت تعیین اهمیت منابع گوناگون ریسک در آنها حاکی

¹ Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

از آن است که ۳۵ زیر فاکتور ریسکی می تواند در ۴ فاکتور ریسکی متمایز گروه بندی شوند. ابزار اندازه گیری خاص نشان می دهد ۹ فاکتور بحرانی ریسک تحت آزمایش های قبلیت اعتماد، ساخت و ساز و اعتبار افتراقی قرار گرفته اند. رجیبی و همکاران (۱۳۸۷) برای تدوین یک مدل جامع برای ارزیابی فاکتورهای حیاتی در عملکرد اجرایی پروژه طالقان، ابتدا منابع معتبر موجود در این زمینه را مورد بررسی قرار داده و فاکتورهای حیاتی را تعیین کردند. سپس با تعریف «تعیین عوامل حیاتی در موفقیت طرح سد و نیروگاه طالقان» به عنوان سطح هدف، در سطوح بعدی فاکتورهای مرتبط با هریک از این گروه ها را با توجه به شرایط اجرایی پروژه سد و نیروگاه مذکور قرار دادند. برای جلوگیری از افزایش تعداد فاکتورها، فاکتورهای مرتبط را باهم ادغام نمودند. در این مقاله برای ارزیابی سه معیار اصلی مثلث طلایی (هزینه، زمان و کیفیت) به عنوان معیارهای موفقیت پروژه در نظر گرفته شد. داده های حاصل از پرسشنامه ها با استفاده از ترکیب نرم افزار Expert Choice و Excel مورد تجزیه و تحلیل و ارزیابی قرار گرفت و با استفاده از آنالیز سلسله مراتبی نظرات کارشناسان جمع گردید.

شمسایی و رزم آرا (۱۳۸۸) ضمن بررسی ریسک های مختلف بوجود آمده در پروژه های سدسازی، مزایای تلفیق تکنیک های مدیریت ریسک و مهندسی ارزش را ارائه نموده اند. در این تحقیق از مهندسی ارزش و مدیریت ریسک به عنوان دو جزء جدایی ناپذیر از یکدیگر نامبرده شده است و با تلفیق مدیریت ریسک و مهندسی ارزش، تا حد امکان راهکاری برای جلوگیری از بروز ریسک ها ارائه می نماید. در نهایت می توان با به حداقل رساندن تاثیرات آنها، دوره های زمانی و هزینه های اجرایی این پروژه ها را تا میزان زیادی کاهش داده و به سطح قابل قبولی رساند. ولایتی و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیقی تحت عنوان اهمیت مدیریت ریسک سیلاب در برنامه ریزی روستایی، به شناسایی عوامل ریسک سیلاب در حوضه آبریز کارده پرداخته و مدلی را برای مدیریت ریسک سیلاب برای این حوضه ارائه نموده اند. در این تحقیق ریسک سیلاب های جریان یافته در حوضه مذکور با استفاده از سه مدل آماری شامل توابع توزیع احتمال، مدل رگرسیونی و مدل سری زمانی ARIMA مدل سازی شده است. نتایج حاصل از آزمون مدل های بدست آمده نشان می دهد توابع توزیع احتمال، بخوبی قادر به مدل سازی ریسک سیلاب های حوضه نبودند؛ مدل رگرسیونی نیز به علت اینکه از یک روند کلی تبعیت می کند، جواب های قابل قبولی ارائه نمی کند؛ در نهایت مدل های سری زمانی ARIMA از مراتب مختلف، مورد آزمون قرار گرفتند و در نتیجه مدل $ARIMA(1,2,3)$ بهترین برازش آماری را ارائه نمود، که بصورت کاربردی و عملیاتی قابل استفاده برای حوضه های آبریز مشابه نیز می باشد.

چینیان (۱۳۸۷) در مقاله خود به ارائه مدل جدید رتبه بندی فازی در فرایند مدیریت ریسک پروژه ها می پردازد. مدل ارائه شده، بر مبنای داده های کیفی کارشناسان، مجموعه های فازی گسسته، تئوری رتبه بندی در حالت گسسته و فرایند رتبه بندی سلسله مراتبی (AHP) است. در نهایت با استفاده از مدل پیشنهادی و استاندارد PMBOK به اولویت بندی بین ریسک های شناسایی شده در پروژه سد دره سچین واقع در استان زنجان می پردازد. دری و حمزه ای (۱۳۸۹) با استفاده از تکنیک ANP به عنوان یکی از تکنیک های تصمیم گیری چند شاخصه به انتخاب یک راهبرد از بین چند راهبرد پاسخ مربوط به یک ریسک می پردازند. در این پژوهش ابتدا اصلی ترین ریسک پروژه از طریق پرسشنامه تعیین شده است. سپس استراتژی های پاسخ برای مهم ترین ریسک بحرانی، مشخص و در نهایت با کمک پژوهش های دیگر و تکنیک گروه اسمی، مدل تصمیم گیری تهیه و از طریق مقایسات زوجی، بهترین استراتژی برای مهم ترین ریسک در پروژه توسعه میدان نفتی آزادگان شمالی انتخاب شده است.

زارع و احمدی ناصری (۱۳۸۷) پروژه های عملی را با استفاده از AHP فازی مورد ارزیابی قرار داده اند. در این تحقیق ضمن اشاره به نقایص مربوط به ارزیابی به روش سنتی، چگونگی استفاده از روش AHP فازی جهت ارزیابی پروژه های عملی بررسی شده و پروژه های عملی را نسبت به هم و نسبت به معیارهای متعدد موجود مقایسه نموده است. نجفی و

کریمی پور (۱۳۸۸) با استفاده از یک الگوی مناسب پیش بینی، میزان ریسک پیاده سازی پروژه های تولیدی را بررسی نمودند. در این مقاله با استفاده از متدولوژی AHP فازی و انجام مقایسات زوجی، اولویت های موثر در فاکتورها و دسته بندی عوامل مختلف در میزان ریسک پروژه های تولیدی بررسی گردیده است و در نهایت پیش بینی میزان ریسک براساس عوامل با اهمیت تخمین زده می شود.

کاظم زاده و موسوی (۱۳۸۹) با ارائه مدلی ریسک پذیری زمانی پروژه های عمرانی را براساس ارزیابی ریسک پذیری فازی (FAHP)، بررسی نموده اند. در این مقاله با ارائه یک متدولوژی به تخمین ریسک زمانی پروژه در فاز اجرا پرداخته شده و مدل سازی ریسک های هر فعالیت بصورت مجزا، دقت بیشتر مدل و تصویر جامع تری از مدل ریسک کلی پروژه را فراهم کرده است؛ که در نتیجه این تحقیق، فرایند ارزیابی ریسک، مدون گردیده است و مدل پیشنهادی براساس ریسک های تعریف شده برای هر سازمان دیگری نیز قابل تعمیم می باشد.

فریفته جهانیغ (۱۳۹۰) امکان سنجی احداث سد زیرزمینی را با استفاده از متدولوژی تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مورد ارزیابی قرار داده است. در این مطالعه معیارهای موثر در مکان یابی سد شناسایی و با استفاده از روش مقایسات زوجی بین معیارها، بهترین مکان سد پیشنهاد می گردد. بلویی و پرایس (۲۰۰۳) عوامل ریسک را که بر عملکرد هزینه پروژه های عمرانی موثر می باشند، با متدولوژی تحلیل سلسله مراتبی، مدل سازی نموده اند، که نتیجه آن دسته بندی عمده برای ریسک های موجود در پروژه های عمرانی بوده است. لینکوف و همکارانش (۲۰۰۶) ارزیابی ریسک را با استفاده از روش های تجزیه و تحلیل تصمیم گیری چند معیاره انجام داده اند و مدلی را برای ارزیابی های ریسک ارائه داده اند.

دیکمن و همکارانش (۲۰۰۷) از ارزیابی ریسک فازی، برای تعیین نرخ ریسک هزینه ها، در پروژه های عمرانی، استفاده نموده اند. در این تحقیق با توجه به عدم قطعیت در نرخ ریسک هزینه ها، از متدولوژی AHP فازی برای تعیین این نرخ در پروژه های عمرانی استفاده گردیده، که در نتیجه آن، تاثیر عواملی همچون نوسان های قیمت، بازپرداخت های مالی و سایر هزینه ها بر عملکرد ضعیف مالی پروژه ها، مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفته است. تارون، یانگ و لیو (۲۰۱۱) ریسک در پروژه های عمرانی را ارزیابی و مدل سازی نموده اند. این مطالعه به بررسی تاریخچه ارزیابی های ریسک و متدولوژی های مورد استفاده در آنها پرداخته است و در نهایت ارزیابی هزینه های ریسک را به عنوان مهمترین عامل در انواع روشهای ارزیابی در نظر گرفته است.

در این تحقیق نسبت به ارائه یک مدل ارزیابی ریسک برای اجرای پروژه های سد سازی با رویکرد تحلیل سلسله مراتبی اقدام خواهد شد، تا از این طریق بتوان، پروژه های سد سازی را براساس ریسک های مختلفی که با آن مواجه می باشند، اولویت بندی و اجرا نمود.

۳ - روش تحقیق:

برای ارزیابی پروژه سد سازی در مرحله اول ضروری است تا پارامترهای مورد نیاز برای ارزیابی ریسک، در این پروژه ها را تعریف کنیم. پارامترهای ریسک پروژه های سد سازی که به عنوان معیاری برای ارزیابی مورد استفاده قرار می گیرند بسیار زیاد هستند، لذا باید براساس نوع ارزیابی، معیارهای خاص و مهمتر که در ارزیابی نقش دارند، تعیین شوند. معیارهای تعریف شده در این مقاله جهت تعیین و ارزیابی ریسک پروژه های سد سازی، با استناد به «فهرست خدمات مرحله شناسایی سد سازی»، شرکت مدیریت منابع آب ایران، می باشد (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور - وزارت نیرو، ۱۳۷۰). در این تحقیق برای انتخاب و اولویت بندی معیارهای مورد نیاز، از روش دلفی استفاده شده است. بکارگیری روش دلفی عمدتاً با هدف کشف ایده های خلاقانه و قابل اطمینان و یا تهیه اطلاعاتی مناسب به منظور تصمیم گیری است. روش دلفی

فرایندی ساختار یافته برای جمع آوری و طبقه بندی دانش موجود در نزد گروهی از کارشناسان و خبرگان است که از طریق توزیع پرسشنامه‌هایی در بین این افراد و بازخور کنترل شده پاسخ‌ها و نظرات دریافتی صورت می‌گیرد. اساس و پایه تکنیک دلفی بر این است که نظر متخصصان هر حوزه علمی در مورد پیش بینی آینده درست ترین نظر است. بنابراین برخلاف روشهای تحقیق پیمایشی، اعتبار روش دلفی نه به تعداد شرکت کنندگان در تحقیق که به اعتبار علمی متخصصان شرکت کننده در پژوهش بستگی دارد. شرکت کنندگان در تحقیق دلفی از ۵ تا ۲۰ نفر را شامل می‌شوند (عالی‌زاده، ۱۳۸۵؛ احمدی، ۱۳۸۸).

پس از جمع آوری و طبقه بندی نظرات کارشناسان و خبرگان درباره معیارهای پروژه های سدسازی با روش دلفی، نتیجه حاصل، انتخاب ۹ معیار اصلی و ۴ معیار فرعی به عنوان شاخص برای ارزیابی ریسک در پروژه های سدسازی می باشد. معیارهای اصلی و فرعی مورد استفاده با اولویت تعیین شده به شرح زیر می باشد:

۱. حجم مخزن که توسط میزان آب قابل ذخیره در پشت سد تعیین می شود.
 ۲. تامین آب که شامل موارد مصرف آب ذخیره شده می باشد.
 - ۱-۲- شرب که حجم آب مصرف شده برای تامین آب شرب ساکنین منطقه را نشان می دهد.
 - ۲-۲- کشاورزی که حجم آب مصرف شده برای سطح زیر کشت مورد نظر را نشان می دهد.
 - ۳-۲- صنعت که حجم آب مصرف شده برای صنایع موجود در منطقه را نشان می دهد.
 - ۴-۲- زیست محیطی اولویت بندی تامین آب با توجه به شرایط منطقه را تعیین می کند.
 ۳. مهار سیلاب که نشان می دهد با توجه به شرایط اقلیمی و امکان بارش های فصلی که باعث ایجاد سیلاب خواهد شد، ساخت سد تا چه اندازه میتواند در مهار این سیلاب ها موثر باشد.
 ۴. اقتصادی ($\frac{B}{C}$) که میزان سودآوری سد ساخته شده نسبت به هزینه های اجرای آن است. مقدار سود و هزینه محاسبه شده بر اساس داده های مربوط به بخش کشاورزی خواهد بود به این معنی که میزان سودآوری از فروش محصول کشاورزی از سطح زیر کشت نسبت به هزینه های اجرای سد و حجم آب تحویلی به بخش کشاورزی محاسبه خواهد شد.
 ۵. اشتغالزایی مشخص می کند که با احداث سد چه مقدار شغل برای منطقه ایجاد خواهد شد. (کشاورزی، صنعت و ...)
 ۶. خروج آبهای مرزی نشان می دهد که سد احداث شده به چه میزان از خروج آب از رودخانه های مرزی جلوگیری خواهد کرد.
 ۷. اجتماعی مبین این است که ساخت سد تا چه اندازه بر سطح رفاه و جلوگیری از کوچ مردم منطقه موثر خواهد بود.
 ۸. امنیتی که تعیین می کند، ساخت سد در منطقه با توجه به پارامتر اجتماعی که از کوچ مردم منطقه؛ بخصوص در مناطق مرزی؛ جلوگیری می کند باعث خواهد شد که امنیت منطقه توسط ساکنین آنجا برقرار گردد.
 ۹. سیاسی، ایجاد نگرش مثبت مردم نسبت به دولت را نشان می دهد.
- اکنون که پارامترهای پروژه معین و با روش دلفی اولویت بندی گردیده، برای مشخص نمودن کم ریسک ترین پروژه سدسازی در این تحقیق، روش TOPSIS انتخاب شده است.

مدل TOPSIS توسط هوانگ و یون^۲ در سال ۱۹۸۱، پیشنهاد شد. این مدل یکی از بهترین مدل های تصمیم گیری چند شاخصه است و از آن استفاده زیادی می شود، در این روش m گزینه بوسیله n شاخص، مورد ارزیابی قرار می گیرد. اساس

² Hwang and Yoon

این تکنیک، بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، باید کمترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد (مومنی، ۱۳۸۵).
واقعیات زیربنایی این روش به قرار زیر است:

الف- مطلوبیت هر شاخص باید بطور یکنواخت افزایشی (یا کاهششی) باشد که بدین صورت بهترین ارزش موجود از یک شاخص نشان دهنده ایده آل آن بوده و بدترین ارزش موجود آن مشخص کننده ایده آل منفی برای آن خواهد بود.
ب- فاصله یک گزینه از ایده آل مثبت (منفی) ممکن است بصورت فاصله اقلیدسی (از توان دوم) و یا بصورت مجموع قدرمطلق از فواصل خطی (معروف به فواصل بلوکی) محاسبه گردد، که این امر بستگی به نرخ تبادل و جایگزینی در بین شاخصها دارد (اصغریپور، ۱۳۷۷).

حل مساله با روش TOPSIS، مستلزم طی شش گام می باشد:

- ۱- کمی کردن و بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم (N) که برای اینکار از بی مقیاس سازی نرم طبق معادله (۱) استفاده می شود. (a_{ij} بیانگر عناصر ماتریس تصمیم می باشند).

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (1)$$

- ۲- بدست آوردن ماتریس بی مقیاس موزون (V) که با ضرب ماتریس بی مقیاس شده (N) در ماتریس قطری وزن ها ($W_{n \times n}$) طبق معادله (۲) حاصل می شود.

$$V = N \times W_{n \times n} \quad (2)$$

لازم به ذکر است برای محاسبه ماتریس بی مقیاس موزون، لازم است اوزان شاخص ها را داشته باشیم. در این مقاله برای اینکار، ابتدا با استفاده از تکنیک آنتروپی شانون (یا هر روش دیگر)، اوزان شاخص ها ($W_{n \times n}$) را براساس معادلات و الگوریتم زیر بدست می آوریم و سپس در ماتریس بی مقیاس شده ضرب می کنیم.
گام ۱- محاسبه P_{ij} طبق معادله (۳)

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad (3)$$

- گام ۲- محاسبه مقدار آنتروپی E_j طبق معادله (۴)

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m [P_{ij} \ln P_{ij}] \quad (4)$$

در معادله (۴) مقدار K را از معادله (۵) بدست می آوریم و m تعداد گزینه ها می باشد.

$$K = \frac{1}{\ln(m)} \quad (5)$$

- گام ۳- محاسبه مقدار عدم اطمینان d_j با معادله (۶)

$$d_j = 1 - E_j \quad (6)$$

- گام ۴- محاسبه اوزان W_j طبق معادله (۷)

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (7)$$

- گام ۵- محاسبه اوزان تعدیل شده W'_j با استفاده از معادله (۸)

$$W'_j = \frac{\lambda_j W_j}{\sum_{j=1}^n \lambda_j W_j} \quad (8)$$

در معادله (۸)، λ_j اوزان ذهنی (قضاوتی) می باشند که در صورتیکه این اوزان وجود نداشته باشند گام ۵ را انجام نخواهیم داد و اوزان بدست آمده در گام ۴ را مورد استفاده قرار می دهیم. اکنون می توانیم ماتریس مربعی $W_{n \times n}$ را که قطر اصلی آن اوزان شاخص ها می باشد را در ماتریس بی مقیاس شده (N) ضرب کنیم.

۳ - تعیین راه حل ایده آل مثبت و منفی که براساس معادلات (۹) و (۱۰) بدست خواهند آمد.

$$(9) \quad [\text{بردار بهترین مقادیر هر شاخص در ماتریس } V] = \text{راه حل ایده آل مثبت } (V_j^+)$$

$$(10) \quad [\text{بردار بدترین مقادیر هر شاخص در ماتریس } V] = \text{راه حل ایده آل منفی}$$

$$(V_j^-)$$

بهترین مقادیر، برای شاخص های مثبت، بزرگ ترین مقادیر و برای شاخص های منفی کوچکترین مقادیر است. بدترین مقادیر، برای شاخص های مثبت، کوچکترین مقادیر و برای شاخص های منفی بزرگ ترین مقادیر می باشد.

۴ - بدست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده آل های مثبت و منفی که معادلات آن براساس محاسبه فاصله

اقلیدسی هر گزینه از ایده آل مثبت () و ایده آل منفی () بصورت زیر خواهند بود.

$$(11) \quad d_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$(12) \quad d_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

۵ - تعیین نزدیکی نسبی یک گزینه به راه حل ایده آل (CL^*) طبق فرمول (۱۳)

$$(13) \quad CL_i^* = \frac{d_j^-}{d_j^- + d_j^+}$$

۶ - رتبه بندی گزینه ها براساس مقادیر CL ، به اینصورت که هرچه مقدار CL بزرگتر باشد، گزینه ما به راه حل ایده

آل مثبت نزدیکتر و از راه حل ایده آل منفی دورتر است و گزینه بهتری برای انتخاب خواهد بود (مومنی، ۱۳۸۵).

۴ - تجزیه و تحلیل:

در این مقاله با توجه به پارامترهای تعیین شده و اولویت بندی آنها براساس روش دلفی، ماتریس تصمیم بصورت جدول

(۱) می باشد:

جدول ۱- ماتریس تصمیم

سیاسی	امنیتی	اجتماعی	خروج آبهای مرزی	اشتغالزایی	اقتصادی	مهار سیلاب	تامین آب	حجم مخزن	شاخص های اصلی
۸	۸	۶	۲	۶	۹	۴	۶	۱۲	سد سرابدوک
۳	۳	۳	۴	۳	۷	۲	۴	۳	سد قادرآباد
۵	۵	۴	۵	۴	۶	۵	۵	۱۰	سد جالق
۷	۷	۸	۷	۸	۴	۸	۷	۳۰	سد گزو
۲	۲	۹	۸	۹	۳	۹	۸	۶۰	سد شهری کور

اکنون طبق گام های الگوریتم، ماتریس تصمیم را با استفاده از روش نورم بی مقیاس می کنیم و نتیجه به صورت جدول (۲)

خواهد بود.

جدول ۲- ماتریس بی مقیاس شده (N)

سیاسی	امنیتی	اجتماعی	خروج آبهای مرزی	اشتغالزایی	اقتصادی	مهار سیلاب	تامین آب	حجم مخزن	شاخص های اصلی
۰.۶۵۱	۰.۶۵۱	۰.۴۱۸	۰.۱۵۹	۰.۴۱۸	۰.۶۵۱	۰.۲۹۰	۰.۴۳۵	۰.۱۷۴	سد سرابدوک
۰.۲۴۴	۰.۲۴۴	۰.۲۰۹	۰.۳۱۸	۰.۲۰۹	۰.۵۰۷	۰.۱۴۵	۰.۲۹۰	۰.۰۴۴	سد قادرآباد
۰.۴۰۷	۰.۴۰۷	۰.۲۷۹	۰.۳۹۸	۰.۲۷۹	۰.۴۳۴	۰.۳۶۳	۰.۳۶۳	۰.۱۴۵	سد جالق
۰.۵۷۰	۰.۵۷۰	۰.۵۵۷	۰.۵۵۷	۰.۵۵۷	۰.۲۸۹	۰.۵۸۰	۰.۵۰۸	۰.۴۳۵	سد گزو
۰.۱۶۳	۰.۱۶۳	۰.۶۲۷	۰.۶۳۶	۰.۶۲۷	۰.۲۱۷	۰.۶۵۳	۰.۵۸۰	۰.۸۷۰	سد شهری کور

حال با استفاده از تکنیک آنتروپی شانون، اوزان پارامترها را بدست می آوریم و ماتریس حاصل بصورت جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- ماتریس مربعی اوزان شاخص ها ($W_{n \times n}$)

۰.۷۶۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰	۰.۰۲۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰.۰۶۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰.۰۳۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰	۰.۰۲۷	۰	۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۲۸	۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۱۹	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۲۳	۰	۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۱۷	۰

با ضرب ماتریسی جدول ۲ در جدول ۳ ماتریس بی مقیاس موزون (V) بصورت جدول ۴ خواهد بود.

جدول ۴- ماتریس بی مقیاس موزون (V)

سیاسی	امنیتی	اجتماعی	خروج آبهای مرزی	اشتغالزایی	اقتصادی	مهار سیلاب	تامین آب	حجم مخزن	شاخص های اصلی
۰.۰۱۱	۰.۰۱۵	۰.۰۰۸	۰.۰۰۴	۰.۰۱۱	۰.۰۲۱	۰.۰۱۸	۰.۰۱۰	۰.۱۳۴	سد سرابدوک
۰.۰۰۴	۰.۰۰۶	۰.۰۰۴	۰.۰۰۹	۰.۰۰۶	۰.۰۱۶	۰.۰۰۹	۰.۰۰۶	۰.۰۳۳	سد قادرآباد

سد جالق	۰.۱۱۱	۰.۰۰۸	۰.۰۲۳	۰.۰۱۴	۰.۰۰۸	۰.۰۱۱	۰.۰۰۵	۰.۰۰۹	۰.۰۰۷
سد گزو	۰.۳۳۴	۰.۰۱۱	۰.۰۳۷	۰.۰۰۹	۰.۰۱۵	۰.۰۱۶	۰.۰۱۱	۰.۰۱۳	۰.۰۱۰
سد شهری کور	۰.۶۶۸	۰.۰۱۳	۰.۰۴۱	۰.۰۰۷	۰.۰۱۷	۰.۰۱۸	۰.۰۱۲	۰.۰۰۴	۰.۰۰۳

اکنون ایده آل‌های مثبت و منفی را براساس جدول ۴ برای هر شاخص بدست می‌آوریم و جدول‌های ۵ و ۶ حاصل خواهند شد.

جدول ۵ - بردار ایده‌آل مثبت

سیاسی	امنیتی	اجتماعی	خروج آبهای مرزی	اشتغالزایی	اقتصادی	مهار سیلاب	تامین آب	حجم مخزن	شاخص های اصلی
۰.۰۱۱	۰.۰۱۵	۰.۰۱۲	۰.۰۱۸	۰.۰۱۷	۰.۰۲۱	۰.۰۰۹	۰.۰۱۳	۰.۶۶۸	V_j^+

جدول ۶ - بردار ایده‌آل منفی

سیاسی	امنیتی	اجتماعی	خروج آبهای مرزی	اشتغالزایی	اقتصادی	مهار سیلاب	تامین آب	حجم مخزن	شاخص های اصلی
۰.۰۰۳	۰.۰۰۴	۰.۰۰۴	۰.۰۰۴	۰.۰۰۶	۰.۰۰۷	۰.۰۴۱	۰.۰۰۶	۰.۰۳۳	V_j^-

با توجه به مقادیر جداول ۴، ۵ و ۶ نیز معادلات (۱۱)، (۱۲) و (۱۳) مقادیر نزدیکی نسبی گزینه‌ها به راه‌حل ایده‌آل را محاسبه نموده و نتایج آن در جدول ۷ بصورت زیر خواهد بود.

جدول ۷ - مقادیر نزدیکی نسبی گزینه‌ها به راه‌حل ایده‌آل

سد سرابدوک	CL_1^*	۰.۱۶۴
سد قادرآباد	CL_2^*	۰.۰۵۱
سد جالق	CL_3^*	۰.۱۲۷
سد گزو	CL_4^*	۰.۴۷۳
سد شهری کور	CL_5^*	۰.۹۴۴

با توجه به اینکه هرچه مقدار CL بزرگ‌تر باشد بهتر خواهد بود براساس مقادیر CL در جدول (۷) اولویت بندی کم ریسک‌ترین پروژه سد سازی برای پنج سد مورد مطالعه بصورت زیر خواهد بود.

سد قادرآباد > سد جالق > سد سرابدوک > سد گزو > سد شهری کور

با توجه به نتیجه بدست آمده اجرای سد شهری کور با کمترین ریسک و بالاترین اولویت، بهترین گزینه برای دستیابی به بیشترین صرفه جویی اقتصادی و استفاده بهینه از منابع، خواهد بود.

۵- نتیجه گیری:

در این مقاله با استفاده از متدولوژی TOPSIS، ارزیابی ریسک پارامترهای پروژه های سدسازی برای پنج سد مورد مطالعه، بررسی گردید. این روش می تواند برای پارامترها و سدهای بیشتر و حتی پروژه های دیگر نیز مورد استفاده قرار گیرد که نتایج سودمندی برای تصمیمات مهم خواهند داشت. در نهایت می توان گفت ارزیابی ریسک های هر پروژه با توجه به فاکتورهای تاثیرگذار آن ها، قابلیت مقابله با ریسک را افزایش و اثرات ریسک ها بر پروژه را به شکل قابل ملاحظه ای کاهش می دهد. بنابراین سازمانهای مختلف با پروژه های متفاوت و معیارهای خاص، می توانند از این مدل بهره برده و با استفاده از نتایج بدست آمده، بهترین تصمیم را اتخاذ نمایند. لازم به ذکر است نتایج بدست آمده با این متدولوژی با نتایج بدست آمده با متدولوژی AHP در مقاله ای از همین نویسندگان کاملاً مطابقت دارد. برای تحقیقات آینده می توان با توجه به عدم قطعیت در پارامترهای پروژه از متدولوژی AHP فازی، جستجوی ممنوع، شبکه های عصبی و یا اینکه از سایر روشهای تصمیم گیری چند معیاره استفاده نمود و نتایج بدست آمده را با نتایج این تحقیق مقایسه نمود.

۴- مراجع

- [1] مؤمنی، منصور، ۱۳۸۵، مباحث نوین در تحقیق در عملیات، تهران، چ چهارم، مولف.
- [2] اصغرپور، محمدجواد، ۱۳۷۷، تصمیم گیری های چندمعیاره، تهران، چ دهم، انتشارات دانشگاه تهران.
- [3] قدسی پور، سیدحسن، ۱۳۷۵، فرایند سلسله مراتبی (AHP)، تهران، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- [4] شهرکی، علیرضا و همکاران، ۱۳۹۰، مدیریت پروژه، تهران، نشر ترمه.
- [5] اسکونژاد، محمدمهدی، ۱۳۸۹، اقتصاد مهندسی یا ارزیابی اقتصادی پروژه های صنعتی، تهران، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- [6] اوتریل، ژان فرانسوا، ۱۹۸۹، نشریه انجمن بیمه و ریسک آمریکا، ص ۲۳
- [7] عالی زاده، عبدالرضا، ۱۳۸۵، اجرای تحقیق به روش دلفی، تهران، نشر یوسف.
- [8] شول، عباس؛ فتحی زاده، علیرضا، ۱۳۸۸، ارزیابی ریسک و عدم اطمینان در پروژه های سدسازی ایران با استفاده از روش AHP، کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه، ۱۳۸۸
- [9] رجبی، مهدی و همکاران، ۱۳۸۷، تحلیل سلسله مراتبی عوامل موثر در موفقیت اجرای طرح سد، چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه، ۱۳۸۷
- [10] چینی چیان، فاطمه، ۱۳۸۷، رتبه بندی فازی در مدیریت ریسک، چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه، ۱۳۸۷
- [11] دری، بهروز؛ حمزه ای، احسان، ۱۳۸۹، تعیین استراتژی پاسخ به ریسک در مدیریت ریسک بوسیله تکنیک ANP، نشریه مدیریت صنعتی، ۲، ۴، بهار و تابستان ۱۳۸۹، ۷۵-۹۲
- [12] شمسایی، ابوالفضل؛ رزم آرا، پریسا، ۱۳۸۸، کاهش ریسک پروژه های سدسازی با استفاده از تلفیق تفکر مدیریت ریسک و مهندسی ارزش، دومین همایش ملی سدسازی، ۱۳۸۸
- [13] ولایتی، سعدالله و همکاران، ۱۳۸۴، اهمیت مدیریت ریسک سیلاب در برنامه ریزی روستایی، مجله جغرافیا و توسعه، پاییز و زمستان ۱۳۸۴

- [14] اطمینان مقدم، ف، ۱۳۸۴، بررسی تحلیلی شناسایی ریسک‌های معمول در پروژه‌های ساختمانی، کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، ۱۳۸۴
- [15] برادران کاظم زاده، رضا؛ شریف موسوی، سید مهدی، ۱۳۸۹، ارائه یک مدل ارزیابی ریسک پذیری فازی برای ارزیابی ریسک پذیری زمانی پروژه‌های عمرانی، پژوهش‌های مدیریت در ایران، بهار ۱۳۹۰
- [16] نجفی، اسداله؛ کریمی پور، مهدی، ۱۳۸۸، بهینه‌سازی در بخشهای تولیدی با استفاده از الگوی مناسب پیش‌بینی میزان ریسک پیاده‌سازی پروژه‌های تولیدی، در دومین کنفرانس مهندسی ساخت و تولید/ایران، اردیبهشت ۱۳۸۸
- [17] زارع، آصف؛ سید محسن احمدی ناصری، ۱۳۸۷، ارزشیابی پروژه‌های عملی با استفاده از AHP فازی، در شانزدهمین کنفرانس مهندسی برق/ایران، اردیبهشت ۱۳۸۷
- [18] سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور- وزارت نیرو، ۱۳۷۰، فهرست خدمات مرحله شناسایی سدسازی، تهران، انتشارات سازمان برنامه و بودجه
- [19] احمدی، نسیم، ۱۳۸۸، معرفی و نقد روش دلفی، علوم/اجتماعی، ۲۲، دی ۱۳۸۸
- [20] فریفته جهانتیغ، محمد، ۱۳۹۰، امکان سنجی احداث سد زیرزمینی در منطقه کهیر- چابهار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی زاهدان

- [21] Baloi D. , Price A.D. ; Modelling global risk factors affecting construction cost performance ; International Journal of Project Management, 21 (3), 2003.
- [22] Dikmen I., Birgonul T. , Han S. ; Using fuzzy risk assessment to rate cost overrun risk in international construction projects ; International Journal of Project Management, 25 (8), 2007.
- [23] Linkov I., Kiker G., Batchelor C., Bridges T., Ferguson E. , Satterstrom F.K. ; From comparative risk assessment to multi-criteria decision analysis and adaptive management: Recent developments and appli , Environment International, 32 (8), 2006
- [24] Taroun, A., Yang, J.B. and Lowe, D. ; Construction Risk Modelling and Assessment: Insights from a Literature Review, The Built & Human Environment Review, Volume 4, Special Issue 1, 2011