توسعه یک مدل ارزیابی ریسک پروژه های سد سازی با استفاده از روش دلفی و تحلیل سلسله مراتبی

دکتر محمد رضا شهرکی[1]«نویسنده مسئول»، دکتری صنایع
استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان
M.Reza.shahraki@gmail.com
بنفشه فرامرزپور[2]، مهندسی صنایع
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان
faramarzpoor.banafsheh@gmail.com
مهدیه رستم نژاد مقدم[3]، مهندسی صنایع
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان
Rostamnejad.mahdiyeh@gmail.com

[1] ۰۵۴۱-۸۰۵۶۴۴۱
[2] ۰۹۱۵۳۴۱۶۱۱۴
[3] ۰۹۱۵۹۴۰۲۴۵۴

Develop a risk assessment model for dam-building projects using Delphi and AHP

DR.Mohammadreza Shahraki,"Corresponding Author", PHD Industry
Department of Industrial Engineering, University of Sistan and Baluchestan
M.Reza.shahraki@gmail.com
Banafsheh Faramarzpoor, Industrial Engineering
faramarzpoor.banafsheh@gmail.com
Master of Industrial Engineering, University of Sistan and Baluchestan
Mahdiyeh Rostamnejad Moghaddam,Industrial Engineering
Master of Industrial Engineering, University of Sistan and Baluchestan
Rostamnejad.mahdiyeh@gmail.com

Abstract

This study Determines the importance of risks and rank the in construction projects and then prioritize risks according to various projects, especially dam-building projects using AHP deals. Selection and implementation of the project with the lowest risk of effects on development time and costs for projects and dam construction may have. Among these effects can be economic savings, efficient use of resources and enhance productivity mention. Risk factors for risk assessment of project is necessary to first identify and prioritize projects and The binary comparisons, rankings and their impact on project risk assessment is calculated. The AHP can be one of the solutions is evaluated. Our results show that prioritization criteria, perform paired comparisons and the calculation of the relative weight of each criterion can easily select and implement projects to reduce the risk.

Keywords: Projects, Dam-building Risk Assessment, AHP

توسعه یک مدل ارزیابی ریسک پروژه های سد سازی با استفاده از روش دلفی و تحلیل سلسله مراتبی

چکیده

این تحقیق به تعیین اهمیت ریسک ها و رتبه بندی آنها در پروژه های عمرانی و سپس اولویت بندی پروژه های مختلف براساس ریسک ها، بخصوص در پروژه های سد سازی، با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی می پردازد. انتخاب و اجرای پروژه با کمترین ریسک، می تواند اثرات زیادی بر زمان و هزینه اجرای پروژه های عمرانی و سد سازی داشته باشد. ازجمله این اثرات، می توان به صرفه جویی های اقتصادی، استفاده بهینه از منابع و بالا بردن بهره وری اشاره نمود. برای ارزیابی ریسک پروژه ها لازم است ابتدا پارامترهای ریسک در پروژه ها مشخص و اولویت بندی شوند و سپس با مقایسه های دودویی، رتبه ریسک ها تعیین و تاثیر آنها بر پروژه های مورد نظر محاسبه شود. بنابراین فرایند تحلیل سلسله مراتبی می تواند یکی از راه حل های این ارزیابی باشد. نتایج این تحقیق نشان می دهد که با اولویت بندی معیارها، انجام مقایسات زوجی و محاسبه وزن نسبی هر معیار به راحتی می توان کم ریسک ترین پروژه را انتخاب و اجرا نمود.

کلید واژه ها: پروژه، سد سازی، ارزیابی ریسک ، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، AHP

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 (اسکونژاد، 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).

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 درنظر 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 فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP[٤])، سطوح شاخص ها، تعریف می شوند و سپس ماتریسهای مقایسات زوجی را برای شاخص ها و پروژه ها تشکیل می دهیم(مومنی، ۱۳۸۵). نتایج حاصل از محاسبات براساس روش AHP، کم ریسک ترین پروژه ها برای اجرا را مشخص خواهد نمود. همچنین در این مقاله برای مطالعه موردی، داده های مربوط به پنج پروژه سدسازی مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

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

[٤] - Analytical Hierarchy Process

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- مبانی نظری و پیشینه پژوهش:

با توجه به اینکه موفقیت شرکت های پروژه محور، به شکل قابل ملاحظه ای وابسته به ارزیابی و مدیریت ریسک‌ها می باشد، در دهه های اخیر مقوله ارزیابی ریسک در پروژه ها، با متدولوژی های مختلف، رشد چشمگیری داشته است (اطمینان‌مقدم، ۱۳۸۴). ارزیابی و مدیریت موفق ریسک‌ها نیازمند شناسایی ریسک و ساخت مدل ریسک برای ارزیابی بزرگی آن است (بالوی، پرایس، ۲۰۰۳). تعدادی از تحقیقات مرتبط جهت شناسایی ریسک های مربوط به پروژه های مختلف در ادامه مطلب آمده است.

زارع و احمدی ناصری (۱۳۸۷) پروژه های عملی را با استفاده از AHP فازی مورد ارزیابی قرارداده 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 درنهایت 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 مدلسازی 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.

جهانتیغ (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 AHP و انجام 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، مدلسازی 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. دراین 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 قرارگرفته است. تارون، یانگ و لیو (۲۰۱۱) ریسک در پروژه های عمرانی را ارزیابی و مدلسازی 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 سدسازی را براساس ریسک های مختلفی که با آن مواجه می باشند، اولویت بندی و اجرا نمود.

۳- توسعه فرضیه ها و مدل مفهومی:

برای ارزیابی پروژه سدسازی در مرحله اول ضروری است تا پارامترهای مورد نیاز برای ارزیابی ریسک، در این پروژه ها را تعریف کنیم. پارامترهای ریسک پروژه های سدسازی 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 سدسازی، با استناد به « فهرست خدمات مرحله شناسایی سدسازی»، 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. بکار گیری روش دلفی عمدتاً با هدف کشف ایده‌های 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 پاسخ ها 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.
   ۲-۱- 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.
   ۲-۳- صنعت که حجم آب مصرف شده برای صنایع موجود در منطقه را نشان می دهد.
   ۲-۴- 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 زیرکشت 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.

٤- روش شناسی:

در دهه ۱۹۷۰، روش AHP، برای تجزیه و تحلیل مسائل و کمک به تصمیم گیری ها، معرفی گردید، که این متدولوژی از شیوه تجزیه و تحلیل مسائل در مغز انسان، الگوبرداری شده است (مومنی، ۱۳۸۵). به کمک AHP می توان پارامترها یا معیارهای هر مساله را بصورت ساختار سلسله مراتبی تعریف و با انجام مقایسات زوجی بین پارامترها اولویت ها را مشخص نمود. این ابزار از تصمیم گیری های اجرایی پشتیبانی می کند؛ با تصمیم گیری های پیشنهادی ارتباط برقرار می نماید؛ از ادراک، دانش و تجربه بهره می گیرد؛ اولویت ها را استخراج و گزینه ها را رتبه بندی می کند (قدسی پور، ۱۳۷۵).

فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر سه اصل زیر استوار است:

الف) اصل اول، ایجاد یک ساختار و قالب رده ای برای مساله (اصغرپور، ۱۳۷۷)، یا ترسیم درخت سلسله مراتبی می باشد. درک پدیده ها و مسائل بزرگ و پیچیده برای ذهن انسان می تواند مشکل آفرین باشد، از این رو تجزیه یک مساله بزرگ به عناصر جزئی آن، با استفاده از یک ساختار سلسله مراتبی، می تواند به درک انسان کمک نماید .ارتباط هر عنصر با سایر عناصر باید در ساختار رده ای و در سطوح مختلف مشخص گردیده و ارتباط هدف اصلی موجود در مساله با پایین ترین رده موجود از سلسله مراتب تشکیل شده دقیقا روشن شده باشد (مومنی، ۱۳۸۵).

ب) اصل بعدی، تدوین و تعیین اولویت ها است. ابتدا، برای ارزش گذاری معیارها نسبت به هم از جدول (۱) استفاده می شود که به این ترتیب، ترجیحات از طریق مقایسات زوجی مشخص می گردد و نتایج این مقایسات بصورت جدول (۲) نشان داده می شود، که در آن هر عضو ماتریس مقایسات زوجی a_{ij}، از مقایسه شاخص i با شاخص j و براساس مقادیر جدول (۱) بدست می آید (مومنی، ۱۳۸۵).

جدول۱- مقیاس AHP (مؤمنی، ۱۳۸۵)

شرح	تعریف	درجه اهمیت
دو عنصر، اهمیت یکسانی داشته باشند.	اهمیت یکسان	۱
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، نسبتاً ترجیح داده می شود.	نسبتاً مرجح	۳
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، زیاد ترجیح داده می شود.	ترجیح زیاد	۵
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، بسیار زیاد ترجیح داده می شود.	ترجیح بسیار زیاد	۷
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، ترجیح فوق العاده زیادی دارد.	ترجیح فوق العاده زیاد	۹
	ارزش های بینابین در قضاوتها	۶ ، ۴ ، ۲

جدول۲- مقایسات زوجی شاخص ها (مومنی، ۱۳۸۵)

شاخص ها	شاخص ۱	شاخص ۲	...	شاخص n
شاخص ۱	۱	$a_{۱۲}$	...	$a_{۱n}$
شاخص ۲	$a_{۲۱}$	۱	...	$a_{۲n}$
...	...	...	۱	...
شاخص n	$a_{n۱}$	$a_{n۲}$	...	۱

در مرحله بعد ماتریس بی مقیاس یا به هنجار را با تقسیم هر عضو a_{ij} در ماتریس مقایسات زوجی بر جمع ستون مربوطه تشکیل می دهیم. سپس وزن نسبی هر شاخص را با محاسبه میانگین حسابی هر سطر بدست می آوریم، که به آن بردار وزن نسبی شاخص ها (W) می گویند. ماتریس مقایسات زوجی را برای گزینه ها نسبت به هر شاخص (معیار) نیز بدست می آوریم. اکنون وزن نسبی شاخص ها را در ماتریس وزن نسبی گزینه ها با توجه به هر شاخص ضرب کرده و طبق آن گزینه ها را اولویت بندی می کنیم (قدسی پور، ۱۳۷۵).

برای ارزیابی وزن ها، بعد از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی، می توان از روش های مختلفی همچون روش آنتروپی، روشLinmap ، روش کمترین مجذورات وزین شده و یا روش بردار ویژه استفاده نمود (اصغرپور، ۱۳۷۷).

ج) آخرین اصل، سازگاری منطقی قضاوت ها می باشد. در این قسمت، نرخ ناسازگاری AHP محاسبه و تصمیم گیری در مورد سازگاری قضاوت های ذهنی تصمیم گیرنده انجام می شود (مومنی، ۱۳۸۵).

برای محاسبه شاخص ناسازگاری، در گام نخست، بردار مجموع وزنی (WSV) را با ضرب ماتریس مقایسات زوجی شاخص ها (D) در بردار وزن های نسبی شاخص ها (W) بدست می آوریم. در گام بعد هریک از عناصر بردار مجموع وزنی (WSV) را بر هریک از عناصر بردار وزن های نسبی (W) تقسیم کرده تا بردار سازگاری (CV) حاصل گردد. در سومین گام، میانگین حسابی عناصر بردار CV را محاسبه می کنیم و حاصل را با λ_{max} مشخص می کنیم. در گام چهارم با استفاده از معادله (۱)، شاخص ناسازگاری را محاسبه می کنیم.

$$II = \frac{\boldsymbol{\lambda_{max} - n}}{\boldsymbol{n-1}} \qquad (۱)$$

در معادله (۱)، n تعداد شاخص ها (معیارها) در مساله می باشد. در آخرین گام، برای محاسبه نرخ ناسازگاری از معادله (۲) استفاده می کنیم.

$$IR = \frac{\boldsymbol{II}}{\boldsymbol{IRI}} \qquad (۲)$$

در معادله (۲)، مقدار IRI که به آن شاخص ناسازگاری تصادفی گفته می شود را از جدول (۳) و براساس تعداد شاخص های مساله (n)، بدست می آوریم (مومنی، ۱۳۸۵).

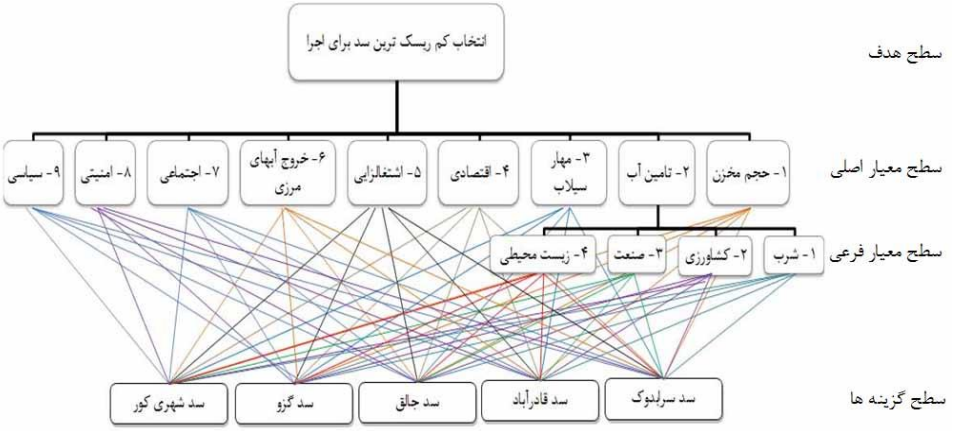
جدول ۳- شاخص ناسازگاری تصادفی (مومنی، ۱۳۸۵)

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
IRI	۰	۰	۰,۵۸	۰,۹۰	۱,۱۲	۱,۲۴	۱,۳۲	۱,۴۱	۱,۴۵	۱,۵۱

بنابراین AHP در ابتدا، یک مسأله پیچیده و چندمعیاره را به سلسله سطوح تجزیه می نماید که هر سطح از چندین عنصر تشکیل شده است؛ سپس این عناصر نیز به مجموعه دیگری از عناصر تجزیه می گردند (اصغرپور، ۱۳۷۷).

۵- تحلیل داده ها:

درادامه این تحقیق، با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، ابتدا درخت سلسله مراتبی را برای سطوح مختلف تشکیل می دهیم (شکل۱). اولویت های معیارها را نیز با جمع آوری نظرات افراد خبره و با روش دلفی بدست می آوریم.



شکل ۱ – درخت سلسله مراتبی برای تحلیل ریسک پروژه های سدسازی

حال ماتریس های مقایسات زوجی را برای معیارهای اصلی و فرعی و گزینه ها که همان پنج سد مورد مطالعه هستند تشکیل داده و درجه اهمیت معیارها را نسبت به هم، تعیین می کنیم. سپس محاسبات مربوط به وزن معیارها را انجام داده و کلیه نتایج را در جدول مقایسات زوجی نهایی، ترکیب می کنیم. پس از آن با محاسبه IR، سازگاری منطقی بین معیارها را تعیین می کنیم. اگر جواب IR از ۰,۱ کوچکتر بود معیارها با هم سازگار هستند و درغیر اینصورت باید مجدداً در مقایسات زوجی معیارها تجدید نظر و محاسبات تکرار شود. نتیجه نهایی پس از محاسبه بصورت دو جدول، شامل جدول (۴) که حاوی نتایج مقایسات زوجی بین معیارها و وزن نسبی هر معیار و جدول (۵) حاوی مقایسات زوجی بین معیارها و گزینه ها و ترکیب آنها برای یافتن کم ریسک ترین پروژه سد سازی، خواهد بود.

جدول ۴ – مقایسات زوجی معیارها و وزن نسبی هر معیار

شاخص های اصلی	حجم مخزن	تامین آب	مهار سیلاب	اقتصادی	اشتغالزایی	خروج آبهای مرزی	اجتماعی	امنیتی	سیاسی	وزن نسبی
حجم مخزن	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۰,۳۰۷
تامین آب	۰,۵	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۰,۲۱۸
مهار سیلاب	۰,۳۳۳	۰,۵	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۰,۱۵۴
اقتصادی	۰,۲۵	۰,۳۳۳	۰,۵	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۰,۱۰۹
اشتغالزایی	۰,۲	۰,۲۵	۰,۳۳۳	۰,۵	۱	۲	۳	۴	۵	۰,۰۷۶
خروج آبهای مرزی	۰,۱۶۷	۰,۲	۰,۲۵	۰,۳۳۳	۰,۵	۱	۲	۳	۴	۰,۰۵۳
اجتماعی	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۰,۲	۰,۲۵	۰,۳۳۳	۰,۵	۱	۲	۳	۰,۰۳۷
امنیتی	۰,۱۲۵	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۰,۲	۰,۲۵	۰,۳۳۳	۰,۵	۱	۲	۰,۰۲۶
سیاسی	۰,۱۱۱	۰,۱۲۵	۰,۱۴۳	۰,۱۶۷	۰,۲	۰,۲۵	۰,۳۳۳	۰,۵	۱	۰,۰۱۹
جمع	۲,۸۲۹	۴,۷۱۸	۷,۵۹۳	۱۱,۴۵۰	۱۶,۲۸۳	۲۲,۰۸۳	۲۸,۸۳۳	۳۶,۵۰۰	۴۵,۰۰۰	۹,۴۰۹
IR										۰,۰۳۵

جدول ۵– مقایسات زوجی معیارها و گزینه ها

شاخص های اصلی	حجم مخزن	تامین آب	مهار سیلاب	اقتصادی	اشتغالزایی	خروج آبهای مرزی	اجتماعی	امنیتی	سیاسی	ترکیب
وزن اهمیت	۰,۳۰۷	۰,۲۱۸	۰,۱۵۴	۰,۱۰۹	۰,۰۷۶	۰,۰۵۳	۰,۰۳۷	۰,۰۲۶	۰,۰۱۹	
سد سرابدوک	۰,۱۳۷	۰,۳۲۶	۰,۰۷۱	۰,۴۱۷	۰,۱۳۷	۰,۰۴۲	۰,۱۳۷	۰,۵۰۹	۰,۵۰۹	۰,۲۱۰
سد قادرآباد	۰,۰۳۶	۰,۲۰۵	۰,۰۳۵	۰,۳۰۸	۰,۰۳۶	۰,۰۸۴	۰,۰۳۶	۰,۰۶۴	۰,۰۶۴	۰,۱۰۶
سد جالق	۰,۰۷	۰,۲۲۳	۰,۱۱۳	۰,۱۶۶	۰,۷	۰,۱۷۷	۰,۰۷	۰,۱۱۶	۰,۱۱۶	۰,۱۷۶
سد گزو	۰,۲۴	۰,۷۲۷	۰,۲۵۹	۰,۰۷۴	۰,۲۴	۰,۲۷۳	۰,۲۴	۰,۲۷۳	۰,۲۷۳	۰,۳۳۴
سد شهری کور	۰,۵۱۷	۰,۵۱۹	۰,۵۲۲	۰,۰۳۶	۰,۵۱۷	۰,۴۲۵	۰,۵۱۷	۰,۰۳۸	۰,۰۳۸	۰,۴۳۹

با توجه به ستون ترکیب در جدول (۵) اولویت بندی کم ریسک ترین 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.

٦- نتیجه گیری:

در این مقاله با استفاده از متدولوژی AHP، 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 آن‌ها، قابلیت مقابله با ریسک را افزایش و اثرات ریسک‌ها 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. برای تحقیقات آینده می توان با توجه به عدم قطعیت در پارامترهای پروژه از متدولوژی AHP فازی، یا اینکه از سایر روشهای تصمیم گیری چند معیاره استفاده نمود و نتایج بدست آمده را با نتایج این تحقیق مقایسه نمود.

منابع :

۱. مؤمنی، منصور، ۱۳۸۵، مباحث نوین در تحقیق در عملیات، تهران، چ چهارم، مولف.
۲. اصغرپور، محمدجواد، ۱۳۷۷، تصمیم گیری‌های چندمعیاره، تهران، چ دهم، انتشارات دانشگاه تهران.
۳. قدسی‌پور، سیدحسن، ۱۳۷۵، فرایند سلسله مراتبی (AHP)، تهران، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۴. شهرکی، علیرضا و همکاران، ۱۳۹۰، مدیریت پروژه، تهران، نشر ترمه.
۵. اسکونژاد، محمدمهدی، ۱۳۸۹، اقتصاد مهندسی یا ارزیابی اقتصادی پروژه های صنعتی، تهران، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۶. اوتریل، ژان فرانسوا، ۱۹۸۹، نشریه انجمن بیمه و ریسک آمریکا، ص۲۳
۷. عالی زاده، عبدالرضا، ۱۳۸۵، اجرای تحقیق به روش دلفی، تهران، نشر یوسف.
۸. اطمینان مقدم، ف، ۱۳۸۴، بررسی تحلیلی شناسایی ریسک‌های معمول در پروژه‌های ساختمانی، کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، ۱۳۸۴
۹. برادران کاظم زاده، رضا؛ شریف موسوی، سید مهدی، ۱۳۸۹، ارائه یک مدل ارزیابی ریسک پذیری فازی برای ارزیابی ریسک پذیری زمانی پروژه های عمرانی، پژوهش های مدیریت در ایران، بهار ۱۳۹۰
۱۰. نجفی، اسداله؛ کریمی پور، مهدی، ۱۳۸۸، بهینه سازی در بخشهای تولیدی با استفاده از الگوی مناسب پیش بینی میزان ریسک پیاده سازی پروژه های تولیدی، *در دومین کنفرانس مهندسی ساخت و تولید ایران*، اردیبهشت ۱۳۸۸
۱۱. زارع، آصف؛ سید محسن احمدی ناصری، ۱۳۸۷، ارزشیابی پروژه های عملی با استفاده از AHP فازی، *در شانزدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران*، اردیبهشت ۱۳۸۷
۱۲. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور– وزارت نیرو، ۱۳۷۰، فهرست خدمات مرحله شناسایی سدسازی، تهران، انتشارات سازمان برنامه و بودجه
۱۳. احمدی، نسیبه، ۱۳۸۸، معرفی و نقد روش دلفی، *علوم اجتماعی*، ۲۲، دی ۱۳۸۸
۱۴. فریفته جهانتیغ، محمد، ۱۳۹۰، امکان سنجی احداث سد زیرزمینی در منطقه کهیر– چابهار، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی زاهدان
۱۵. Baloi D. , Price A.D. ; Modelling global risk factors affecting construction cost performance ; International Journal of Project Management, ۲۱ (۳), ۲۰۰۳.
۱۶. Dikmen I., Birgonul T. , Han S. ; Using fuzzy risk assessment to rate cost overrun risk in international construction projects ; International Journal of Project Management, ۲۵ (۸), ۲۰۰۷.

١٧. 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, ٣٢ (٨),٢٠٠٦
١٨. Taroun, A., Yang, J.B. and Lowe, D. ; Construction Risk Modelling and Assessment: Insights from a Literature Review, The Built & Human Environment Review, Volume ٤, Special Issue ١, ٢٠١١