کنفرانس بین المللی مدیریت و مهندسی صنایع
10 March 2015 International conference
ON MANAGEMENT AND INDUSTRIAL ENGINEERING
۱۹ اسفند ۱۳۹۳
مرکز همایش های بین المللی صدا و سیما

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

محمدرضا شهرکی[*۱]، بنفشه فرامرزپور[۲]

[*۱] نویسنده مسئول: دکتری صنایع، استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان
M.Reza.shahraki@gmail.com

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان
faramarzpoor.banafsheh@gmail.com

چکیده :

با بروز پدیده تغییرات آب و هوایی، دو سانحه طبیعی خشکسالی و سیل، بخش‌های مختلف کره زمین را تحت تاثیر قرار می دهند. کشور ما نیز در چند سال اخیر بطور مداوم دستخوش سیلاب‌ها و خشکسالی‌های شدید در برخی مناطق بوده است. از اثرات مخرب خشکسالی می توان به از بین رفتن پوشش گیاهی و نیز بروز سیلاب‌های مخرب که می تواند باعث آسیب رساندن به مزارع و شسته شدن خاک حاصلخیز شود، اشاره نمود. برای جلوگیری یا کاهش صدمات ناشی از خشکسالی و سیل، با احداث سدها، می توان ضمن پیشگیری از سیل، برای افزایش پتاسیل آبی موجود همچون افزایش رطوبت خاک، از تغذیه آبخوان‌های زیرزمینی نیز بهره برد. این تحقیق به تعیین ریسک ها و رتبه بندی آنها در پروژه های عمرانی؛ بخصوص پروژه های سد سازی با استفاده از روش دلفی و الگوریتم ژنتیک می پردازد. انتخاب و اجرای پروژه با کمترین ریسک، می تواند به صرفه جویی های اقتصادی، استفاده بهینه از منابع، بالا بردن بهره وری، مهار سیلابها و تامین آب مورد نیاز شرب، کشاورزی و صنعت منجر می گردد. برای ارزیابی ریسک پروژه ها ابتدا پارامترهای ریسک در پروژه ها مشخص و اولویت بندی گردیدند و سپس براساس الگوریتم ژنتیک، درمیان یکسری از جواب های مساله، بهترین گزینه انتخاب می گردد. نتایج این تحقیق نشان می دهد که با اولویت بندی معیارها و تعریف تابع هدف بهینه که بتواند برای همه گزینه ها و براساس اولویت معیارها، پروژه بهینه را با اعمال عملگرهای ژنتیک بر روی هر نسل و انتخاب بهترین ها برای نسل بعد، می توان کم ریسک ترین پروژه را انتخاب و اجرا نمود.

واژگان کلیدی: پروژه، سد سازی، ارزیابی، ریسک، الگوریتم ژنتیک

Developing a risk assessment model for dam projects, using the Delphi method and genetic algorithm

Abstract

The phenomenon of climate change, natural disasters, drought and flood two, different parts of the globe are affected. In recent years, our country is constantly undergoing severe floods and droughts in some regions, respectively. The destructive effects of drought can be the loss of vegetation and also destructive floods that can cause damage to crops and fertile soil leaching is cited. To prevent or reduce damage from drought and floods, the dams can be used as flood prevention, water potential exists to increase as soil moisture content, the nutritional benefit Aquifers are underground. This study was conducted to assess the risks and their ranking in construction projects, especially dam construction projects using Delphi method and genetic algorithm deals. Selection and implementation of projects with minimum risk can be economic savings, optimize resources, increase productivity, flood and water supply for drinking, agriculture and industry leads. The risk assessment of project risks in project parameters were then identified and prioritized based on genetic algorithms, discuss some of the solutions of the problem, the best option is selected. The results show that the prioritization criteria and definition of the objective function to be optimized for all options and criteria on the basis of priority, Project optimization by applying genetic operators on the generation and selection of the best for the next generation, can reduce the risk of project selection and implementation.

Keywords: Project, Dam, Evaluation, Risk, GA

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، 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). بنابراین 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).

امروزه سالانه در حدود ۳۸۰۰ کیلومتر مکعب آب شیرین از دریاچه ها، رودخانه ها و آبخوان‌ها برداشت می شود. این حجم دو برابر آبی است که ۵۰ سال پیش از منابع آبی موجود برداشت می شده است. رشد جمعیت، افزایش سطح فعالیت های اقتصادی، توسعه جوامع، تغییرات و پیشرفت در فناوری‌ها و ارتقای سطح رفاه اجتماعی از جمله عوامل اصلی رشد تقاضای بشر برای این ماده گرانبها و حیاتی می باشد. برای پاسخگویی به این نیاز روزافزون جوامع بشری، سازه‌های کنترل کننده و ذخیره جریان آب در گوشه و کنار دنیا در ۵۰ قرن گذشته ساخته شده است،تا آرامش و اطمینان را برای آنها از نظر تامین آب مورد نیاز برای مصارف مختلف شرب، کشاورزی و صنعت ایجاد کند (WCD, 2000).

در این مقاله برای ارزیابی ریسک اجرای پروژه های سدسازی، ابتدا پارامترهای ریسک را برای پروژه ها، مشخص می شوند (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور- وزارت نیرو، ۱۳۷۰) 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 (زهاری، ۱۳۸۹). در مرحله بعدی با استفاده از الگوریتم ژنتیک[1] (GA) گزینه ها به عنوان جمعیت مورد مطالعه و پارامترهای موثر در انتخاب بهترین گزینه، به عنوان کروموزوم، تعریف می شوند و سپس با اعمال عملگرهای ژنتیک، به تولیدمثل پاسخ‌ها (فرزندان)، می پردازیم و با محاسبه برازش برای هر پاسخ بهترین گزینه انتخاب می شود (مومنی، ۱۳۸۵ و باوی و صالحی، ۱۳۸۷). نتایج حاصل از محاسبات براساس روش GA، کم ریسک ترین پروژه ها برای اجرا را مشخص خواهد نمود. همچنین در این مقاله برای مطالعه موردی، داده های مربوط به ۵ پروژه سدسازی مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

۲- 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

[1] - Genetic Algorithms

گیرد که اینکار با تعریف انواع پروژه ها و زیرپروژه ها صورت می پذیرد.

۳- پیشینه تحقیق:

با توجه به اینکه ریسک ها، تاثیرات مهمی بر صرفه جویی های اقتصادی، استفاده بهینه از منابع، بالا بردن بهره وری و دستیابی به نتایج اثربخش تر می گذارند، در دهه های اخیر مقوله ارزیابی ریسک پروژه های سدسازی، با متدولوژی های مختلف، رشد چشمگیری داشته 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 مهم‌ترین و اثرگذارترین آنها در پروژه می پردازند و برای این ارزیابی از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. نتایج حاصل از این ارزیابی برای پروژه‌های سدسازی، جهت تعیین اهمیت منابع گوناگون ریسک در آنها حاکی از آن است که زیر فاکتورها ریسکی می تواند در ۴ فاکتور ریسکی متمایز گروه بندی شوند.

رجبی و همکاران (۱۳۸۷) برای تدوین یک مدل جامع برای ارزیابی فاکتورهای حیاتی در عملکرد اجرایی پروژه سد 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 معیارها در گروه های مختلف را طبقه بندی نمودند. در این تحقیق برای ارزیابی، سه معیار اصلی هزینه،زمان و کیفیت به عنوان معیارهای موفقیت پروژه درنظر گرفته شد و به تعیین ریسک اقدام گردید.

شمسایی و رزم آرا (۱۳۸۸) ضمن بررسی ریسک‌های مختلف بوجود آمده در پروژه‌های سدسازی، مزایای تلفیق تکنیک‌های 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 که مدیریت ریسک را به عنوان آیتم ارزش آفرین برای پروژه ها درنظر گرفته شده با استفاده مهندسی ارزش اجرای مناسب‌ترین گزینه های عملکردی را معرفی می کند.

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 مدلسازی شده است.

چینی‌چیان (۱۳۸۷) در تحقیقی 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 تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است. در نهایت با استفاده از مدل پیشنهادی و استاندارد PMBOK به اولویت بندی بین ریسک‌های شناسایی شده در پروژه سد دره سجین 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. دراین پژوهش ابتدا اصلی ترین ریسک پروژه از طریق پرسشنامه تعیین و سپس استراتژی های پاسخ برای مهم ترین ریسک بحرانی، مشخص و درنهایت بهترین استراتژی برای مهم‌ترین 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 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 فرایند تحلیل سلسله مراتبی 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، مدل ریسک کلی پروژه ارائه شده است.

فریفته 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. 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 و همکاران (۲۰۱۱) ریسک در پروژه های عمرانی را ارزیابی و مدلسازی نموده اند و ارزیابی هزینه های ریسک را به عنوان مهمترین عامل در انواع روشهای ارزیابی در نظر گرفته است.

کاباران زاده قدیم و رفوگر آستانه (۱۳۸۸) یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری (DSS[1]) در مدیریت را برای حل مساله تسطیح منابع در مدیریت پروژه، با رویکرد الگوریتم ژنتیک طراحی کردند. روش بهینه سازی که برای حل این نوع مسائل بکار می رود روش سیمپلکس است، ولی وقتی تعداد متغیرها و محدودیت های مسأله افزایش یابد این روش کارایی خود را از دست می دهد . الگوریتم ژنتیک موثر ترین روش فرا ابتکاری است که برای حل مسائل انتخاب می شود و هر چه مسأله بزرگتر باشد اهمیت الگوریتم نسبت به دیگر روش های بهینه سازی آشکارتر می شود. نتایج تحقیق نشان می دهد که این الگوریتم قادر است جوابهای بسیار خوب را در زمان قابل قبولی ارائه دهد.

محمدیان و ابوطالبی (۱۳۸۷) تک ثبت سیگنال های ERP[2] را به منظور آشکارسازی تحریک هدف، با استفاده از الگوریتم ژنتیک و طبقه بندی کننده‌ی تفکیک پذیر خطی، طبقه بندی نموده اند. هدف از این تحقیق، طراحی و ارزیابی یک آشکارساز تحریک هدف، براساس تشخیص مولفه شناختی P300[3] آنها بوده است. جهت پردازش، چندین روش بر روی داده های ثبت شده پیاده سازی و مورد ارزیابی قرار گرفتند تا بهترین آنها انتخاب شوند. پس از استخراج مجموعه ویژگی هایی چون فرکانس بیشینه، فرکانس میانگین، فرکانس میانه، ضرایب تبدیل موجک گسسته و غیره، مجموعه بهینه ای از ویژگی ها با استفاده از جستجوی ژنتیک انتخاب شد. نتایج، دقت نهایی تشخیص تحریک هدف و داده های آموزش و آزمایش شده را با استفاده از ۱۸ ویژگی انتخابی الگوریتم ژنتیک و طبقه بندی کننده تفکیک پذیر خطی بدست داده است.

مهرگان و فراست (۱۳۸۷) یک الگوریتم ترکیبی برای حل مساله طراحی مقاوم با چندین متغیر پاسخ ارائه داده اند، که ترکیبی از شبکه های عصبی و تکامل توام ژنتیکی است. در این الگوریتم شبکه های عصبی به عنوان تقریب زننده تابع، نگاشت بین متغیرهای فرایند را تقریب زده و الگوریتم تکامل توام ژنتیکی مدل ساخته با هدف مقاوم ساختن متغیرهای پاسخ فرایند، را حل می نماید و نتایج الگوریتم پیشنهاد شده با الگوریتم ژنتیک مقایسه می شود که برتری نسبی عملکرد تکامل توام را

[1] -Decision Support System
[2] -Event Related Potential
[3] مولفه شناختي p300 در هنگام مواجه افراد با تحريك هدف در سيگنال مغزي آنها ظاهر مي شود.

نشان می دهد.

عظیمی و همکاران (۱۳۸۸) در مدل کیفیت آب *Qual2kw* به منظور یافتن مقادیر بهینه ضرایب و ثوابت مورد استفاده در مدلسازی، از الگوریتم ژنتیک استفاده کرده اند. در این مقاله مهم ترین و حساس ترین قسمت الگوریتم ژنتیک، تعریف تابع هدف برای آن عنوان شده است. در همین راستا سه تابع هدف معکوس مجموع مربعات خطای نرمال شده، معکوس میانگین جذر مربعات خطای نرمال شده و ضریب دترمینان نرمال شده تعریف گردیده است که درنهایت دومین مورد به عنوان تابع هدف برتر معرفی شده است. همچنین پس از یافتن تابع هدف مناسب، با آزمودن ترکیبات مختلف میان پارامترهای این الگوریتم، ترکیب مناسبی از پارامترها پیشنهاد شده است.

طارقیان و همکاران (۱۳۸۶) در حل مسائل زمانبندی پروژه با منابع محدود به کمک الگوریتم ژنتیک، افراد یا کروموزوم های جمعیت در یک نسل را برطبق احتمالات جهش و تقاطع به نسل بعدی منتقل می کنند. بدین ترتیب اگر زمان انجام پروژه نسبت به جمعیت کم باشد یعنی تابع تناسب بزرگ باشد روی آن تقاطع و در غیر اینصورت جهش انجام می شود و نسل بعد به راه حل بهینه مساله نزدیکتر خواهد بود.

شیرزادیان (۱۳۹۰) برای بدست آوردن مدلی جهت ارزیابی ریسک و بررسی سیستم ایمنی براساس لایه های محافظتی مستقل بکاررفته در ساختار دیگ بخار، از درخت رویداد هوشمند و الگوریتم ژنتیک بهره برده است. در این مقاله به ترکیب آنالیز درخت رویداد و الگوریتم ژنتیک برای دست یافتن به مدل یکپارچه ای به منظور رسیدن به هدف پرداخته شده است. و در نهایت مدلی ارائه می شود که می تواند طراحی بهینه ای را با درنظر گرفتن فاکتورهای ذکر شده بدست دهد.

۴- روش تحقیق:

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 های مختلف مورد استفاده قرار می گیرند بسیار زیاد هستند، لذا باید براساس نوع ارزیابی، معیارهای خاص و مهمتر را که در ارزیابی نقش دارند، بکار ببریم. معیارهای تعریف شده در این مقاله جهت تعیین و ارزیابی ریسک پروژه های سدسازی، با استناد به « فهرست خدمات مرحله شناسایی سدسازی»، مصوب 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 (Adler and Ziglio, 1996). 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 (زهاری، ۱۳۸۹).

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 : میزان آب قابل ذخیره در پشت سد
۲. تامین آب : مورد مصرف آب ذخیره شده

۲-۱- شرب: حجم آب مصرف شده برای تامین آب شرب ساکنین منطقه

۲-۲- کشاورزی : حجم آب مصرف شده برای سطح زیر کشت مورد نظر

۲-۳- صنعت : حجم آب مصرف شده برای صنایع موجود در منطقه

۲-۴- زیست محیطی :

اولویت بندی تامین آب با توجه به شرایط منطقه تعیین گردیده است.

۳. مهار سیلاب : 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 (B/C) : 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 : با احداث سد چه مقدار شغل برای منطقه ایجاد خواهد شد. (کشاورزی،صنعت و ...)

۶. خروج آبهای مرزی : سد احداث شده به چه میزان از خروج آب از رودخانه های مرزی جلوگیری خواهد کرد.

۷. اجتماعی : ساخت سد تا چه اندازه بر سطح رفاه و جلوگیری از کوچ مردم منطقه موثر خواهد بود.

۸. امنیتی : 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

از سال ۱۹۶۰ تقلید از موجودات زنده برای استفاده در الگوریتم های قدرتمند برای مسایل بهینه سازی مورد توجه قرار گرفت که «تکنیک های محاسبه تکاملی[1]» نام گرفتند. الگوریتم ژنتیک اولین بار توسط جان هالند و همکارانش در دانشگاه میشیگان در سال ۱۹۶۵-۱۹۶۲ ضمن درسی که تحت عنوان سیستم های تطبیقی ارایه می داد، مطرح شد که نتایج تلاش های آنها پیدایش الگوریتم ژنتیک بود (مومنی، ۱۳۸۵).

در سال ۱۹۸۶ گلدبرگ الگوریتم ژنتیک را توسعه داد. در این الگوریتم سه عملگر اصلی انتخاب، تکثیر و جهش می باشند. بطور کلی الگوریتم ژنتیک، زیرمجموعه الگوریتم های تکاملی به حساب می آیند (باوی و صالحی، ۱۳۸۷).

اکثر روش های سنتی بهینه یابی دارای این اشکال عمده است که به محض رسیدن به اولین نقطه «بهینه موضعی» متوقف شده و توانایی خروج از این نقطه و حرکت بسوی نقطه «بهینه مطلق» را ندارند. در میان الگوریتم های تصادفی که ویژگی جستجو بر روی یکسری از جواب های مساله، به امید بدست آوردن جواب های بهتر را طبق قانون بقای بهترین ها اعمال می کنند، الگوریتم ژنتیک از کارایی بالایی برخوردار بوده و کاربردهای فراوانی دارد. از مهمترین کاربردهای الگوریتم ژنتیک، بهینه سازی پارامترهای طراحی، بهینه سازی توابع، بهینه سازی ترکیبی، پردازش تصمیم، تعلیم شبکه های عصبی، سیستم های کنترل می باشد (مومنی، ۱۳۸۵).

الگوریتم ژنتیک با انتخاب یک جمعیت تصادفی آغاز می شود. هر کدام از افراد جمعیت، که تقریب‌هایی از جواب نهایی‌اند، بصورت رشته هایی (کروموزوم[2]) از حروف یا ارقام کدگذاری می شوند. متداول‌ترین حالت نمایش، با ارقام صفر و یک است. حالت های دیگر، مثل استفاده از سه رقم، اعداد حقیقی و اعداد صحیح هم مورد استفاده قرار می گیرند. مقادیر موجود بر روی کروموزم‌ها، به تنهایی معنای خاصی ندارند، بلکه باید از حالت کد شده خارج شوند تا به عنوان متغیرهای تصمیم‌گیری

[1] - Evolutionary computation techniques

[2] Chromosome

دارای معنی و نتیجه باشند. باید توجه داشت که فرایند جستجو بر روی اطلاعات کد شده انجام می گیرد؛ مگر درصورتی که از ژن[1]هایی با مقادیر حقیقی استفاده شود (باوی و صالحی، ۱۳۸۷).

بعد از اینکه کروموزوم‌ها از حالت کدگذاری شده خارج شدند، می توان کارایی با برازش هر فرد از جمعیت را محاسبه کرد. برازش مقیاسی است نسبی که شایستگی افراد برای تولید نسل بعد را نشان می دهد. در طبیعت، برازش معادل توانایی فرد برای بقا می باشد. تابع هدف در تعیین برازش افراد نقش تعیین کننده ای دارد (باوی؛ صالحی، ۱۳۸۷).

در هنگام تکثیر به کمک اطلاعات اولیه‌ای که از تابع هدف بدست می آید، برازش هر فرد مشخص می گردد. از این مقادیر، در فرایند انتخاب استفاده می شود تا آن را به سمت انتخاب افراد مناسب سوق دهد. هرچه برازش فرد نسبت به جمعیت بالاتر باشد، احتمال بیشتری دارد که انتخاب شود. هرچه برازش نسبی آن کمتر باشد، احتمال انتخاب آن برای تولید نسل بعدی کمتر می شود (مومنی، ۱۳۸۵).

وقتی که برازش تمام افراد جمعیت مشخص شد، هرکدام با احتمالی که متناسب با میزان برازش آنها است، می توانند برای تولید نسل بعد انتخاب شوند. عمل تکثیر در الگوریتم ژنتیک، برای رد و بدل اطلاعات ژنتیکی بین یک جفت و یا تعداد بیشتری از افراد به کار می رود. ساده ترین نوع تکثیر، تقاطع یک نقطه ای است. این عملگر الزاماً بر تمامی رشته های یک جمعیت اعمال نمی شود؛ بلکه برای اعمال آن بر یک جفت کروموزوم، یک احتمال نسبت داده می شود. بعد از این مرحله، با یک احتمال جدید، عملگر جهش بر روی رشته های تولید شده اعمال می گردد. در جهش، هر فرد به تنهایی، با توجه به قوانین احتمال می تواند تغییر کند. در نمایش دودویی کروموزوم ها، جهش به معنی تغییر مقدار یکی از خانه های رشته، از صفر به یک و یا از یک به صفر می باشد. به جز دو عملگر تقاطع و جهش که در تمام الگوریتم های ژنتیک کاربرد دارند، عملگرهای دیگری هم هستند که در مسائل خاص استفاده می شوند. از آن جمله می توان عملگر جمع یا حذف و همچنین عملگر جابجایی را نام برد (باوی؛ صالحی، ۱۳۸۷).

بعد از مرحله تکثیر و جهش، کروموزوم ها از حالت کد شده خارج می شوند و مقدار تابع هدف هر یک محاسبه می شود. سپس به هرکدام برازشی اختصاص می یابد. حال اگر لازم باشد، دوباره مراحل انتخاب، تکثیر انجام می شود. در طول این فرایند انتظار می رود که کارایی متوسط این جمعیت جواب‌ها افزایش یابد. الگوریتم وقتی پایان می یابد که هدف خاصی برآورده شود. به عنوان مثال، تعداد مشخصی نسل[2] ایجاد شده باشد، سپری شدن مدت زمان معین، انحراف میانگین کارایی افراد به مقدار مشخصی برسد، به یک نقطه خاص در فضای جستجو برسیم و یا تعداد محدودی تکرار متوالی، به قسمی که بهبود محسوسی در جواب حاصل نشود (مومنی، ۱۳۸۵).

۵- تجزیه و تحلیل

درادامه این تحقیق، با استفاده از الگوریتم ژنتیک ابتدا به تعریف تابع هدف می پردازیم که بصورت معادله (۱) آنرا تعریف می کنیم.

$$f_{(x)} = ۹x_۱ + ۸x_۲ + ۷x_۳ + ۶x_۴ + ۵x_۵ + ۴x_۶ + ۳x_۷ + ۲x_۸ + x_۹ \qquad (۱)$$

در معادله (۱) متغیرهای x_1 تا x_9 نماینده پارامترهای مساله می باشند که این پارامترها همان معیارهای شناسایی شده هشتند و ضرایب آنها نیز میزان اهمیت این پارامترها را که با استفاده از روش دلفی آنها را مشخص کرده ایم، نشان می دهد.

جمعیت اولیه، پنج سد مورد مطالعه می باشد که شامل سدهای سرابدوک، قادرآباد، جالق، شهری کور و گزو هستند. کروموزوم‌ها نیز بیانگر پارامترهای ریسک پروژه‌های سدسازی دراین تحقیق می باشند. در این مقاله از روش کدگذاری جایگشتی استفاده شده است. در این روش کروموزوم‌ها بصورت رشته ای از اعداد طبیعی نشان داده می شوند که هرکدام از این اعداد،

[1] Genome

[2] به هربار تکرار الگوریتم ژنتیک نسل گفته می شود.

مربوط به پارامتر ویژه ای در فضای مساله است و طول رشته دقیقاً با تعداد پارامترهای تعریف شده در مسئله برابر است (باوی و صالحی، ۱۳۸۷).

بهترین مقداری که می تواند برای تابع حاصل شود زمانی است که مقادیر x_1 تا x_9 مطابق با میزان اهمیت آنها یعنی از ۹ تا ۱، مقداردهی شوند که در این مقدار ۴۰۵ خواهد بود که باید پاسخ بهینه مساله به سمت این مقدار همگرا شود.

اکنون برای اجرای اولین مرحله از الگوریتم ژنتیک، مقدار کروموزوم‌ها را در جمعیت اولیه بصورت تصادفی در نظر می گیریم و مقدار تابع هدف را برای هریک از افراد جمعیت محاسبه می کنیم، که نتیجه آن جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- مقادیر تصادفی کروموزوم‌ها و محاسبه تابع هدف برای آنها

شاخص های اصلی	حجم مخزن	تامین آب	مهار سیلاب	اقتصادی	اشتغالزایی	خروج آبهای مرزی	اجتماعی	امنیتی	سیاسی	f(x)
سد سرابدوک	2	8	9	9	4	2	6	4	6	59
سد قادرآباد	1	3	3	7	1	1	4	1	4	23
سد جالق	9	2	2	8	3	1	7	4	5	212
سد گزو	3	4	3	1	8	5	2	7	3	69
سد شهری کور	5	8	4	7	8	5	9	6	7	85

اکنون باید تعدادی از کروموزوم‌ها را برای تولیدمثل نسل بعد انتخاب کنیم که می توان از روشهای مختلف انتخاب همچون چرخ رولت یا انتخاب مسابقه ای استفاده نمود. دراین تحقیق از روش انتخاب مسابقه ای بهره برده شده است که در آن کروموزوم‌هایی به عنوان والد به مرحله بعد می روند که مقدار برازش آنها (مقدار حاصل از تابع هدف) بیشترین باشد. با این توضیح سدهای شهری کور و سرابدوک به عنوان والدین برای تولید فرزندان جدید به مرحله بعد می روند.

در این مرحله لازم است از عملگر تقاطع برای تولید فرزندان جدید استفاده شود. با فرض اینکه احتمال تقاطع ۰.۷۵ باشد و از تقاطع تک نقطه ای نیز استفاده کنیم، برای یافتن نقطه تقاطع باید یک عدد تصادفی از ۱ تا تعداد ژن‌ها منهای یک، انتخاب کنیم. در محاسبات انجام شده نقطه تقاطع ۳ انتخاب گردیده است. با اعمال این عملگر نتیجه بصورت جدول (۲) خواهد بود.

جدول۲ - جمعیت جدید پس از اعمال عملگر تقاطع

شاخص های اصلی	حجم مخزن	تامین آب	مهار سیلاب	اقتصادی	اشتغالزایی	خروج آبهای مرزی	اجتماعی	امنیتی	سیاسی	f(x)
فرزند اول	2	8	9	7	8	5	9	6	7	293
سد شهری کور	5	8	4	7	8	5	9	6	7	285
سد سرابدوک	2	8	9	9	4	2	6	4	6	259
فرزند دوم	5	8	4	9	4	2	6	4	6	251
سد جالق	9	2	2	8	3	1	7	4	5	212

همانطور که در جدول (۲) مشاهده می شود، مقدار برازش بوسیله تابع هدف محاسبه شده است و کروموزوم‌ها برای اعمال عملگر جهش انتخاب شده اند.

برای اعمال عملگر جهش ابتدا فرض می کنیم احتمال جهش ۰.۱ باشد، بنابراین برای بدست آوردن حداکثر تعداد کروموزوهایی که باید جهش داده شوند کافی است تعداد افراد جمعیت را در تعداد ژن های کرموزوم‌ها و سپس در مقدار

احتمال جهش ضرب کنیم. در این مساله این مقدار از معادله (۲) بدست آمده است.

$$۵ \times 9 \times 0.1 = 4.5 \approx 5 \qquad (۲)$$

برای یافتن مکان ژنی که باید جهش یابد، ابتدا باید به تعداد کل ژنها اعداد تصادفی در بازه [۱و۰] ایجاد کنیم. سپس هریک از این اعداد از ۰.۱ کوچکتر بود مکان این عدد نشان دهنده مکان ژنی است که باید جهش یابد. در این تحقیق پس از اعمال عملگر جهش، نتایج در جدول (۳) آورده شده است.

جدول۳- جمعیت جدید پس از اعمال عملگر جهش

شاخص های اصلی	حجم مخزن	تامین آب	مهار سیلاب	اقتصادی	اشتغالزایی	خروج آبهای مرزی	اجتماعی	امنیتی	سیاسی	f(x)
فرزند اول	2	8	9	7	8	5	9	6	7	293
سد شهری کور	5	9	4	7	9	5	9	8	7	302
سد سرابدوک	2	8	9	9	8	2	6	4	6	279
فرزند دوم	5	9	4	9	4	2	6	4	6	259
سد جالق	9	2	2	8	3	1	7	4	5	212

همانطور که در جدول (۳) مشخص است بیشترین مقدار تابع برازش که به مقدار بهینه تابع هدف یعنی ۴۰۵، نیز نزدیک است مقدار ۳۰۲ است که مربوط به سد شهری کور می باشد. لازم به ذکر است در الگوریتم ژنتیک، هدف پیدا کردن نزدیکترین مقدار تابع برازش به مقدار بهینه تابع هدف است و لزوماً رتبه بندی انجام نمی شود. البته می توان با انتخاب بهترین افراد نسل قبل و انتقال آنها به نسلهای آینده که برای انتخاب بهترین‌ها به نسل بعد باید از الگوریتم نخبه گرا استفاده کنیم و نیز انتقال فرزندانی که مقدار تابع برازش آنها از سایرین بیشتر است، الگوریتم ژنتیک را برای چندین نسل و تا رسیدن به پاسخهای بهینه بعدی، تکرار نمود.

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.

۶- نتیجه گیری:

در این مقاله با استفاده از متدولوژی الگوریتم ژنتیک، ارزیابی ریسک پارامترهای پروژه های سدسازی برای ۵ سد مورد مطالعه، بررسی گردید. ارزیابی ریسک های هر پروژه با توجه به فاکتورهای تاثیرگذار آن‌ها، قابلیت مقابله با ریسک را افزایش و اثرات آنها 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. احمدی، ن، ۱۳۸۸، معرفی و نقد روش دلفی، علوم اجتماعی، ۲۲، دی ۱۳۸۸
۲. اسکونژاد، م، ۱۳۸۹، اقتصاد مهندسی یا ارزیابی اقتصادی پروژه های صنعتی، تهران، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۳. اصغرپور، م، ۱۳۷۷، تصمیم گیری‌های چندمعیاره، تهران، چ دهم، انتشارات دانشگاه تهران.
۴. اطمینان مقدم، ف، ۱۳۸۴، بررسی تحلیلی شناسایی ریسک‌های معمول در پروژه‌های ساختمانی، کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، ۱۳۸۴
۵. اوتریل، ژ، ۱۹۸۹، نشریه انجمن بیمه و ریسک آمریکا، ص۲۳

۶. باوی، ا؛ صالحی، م، ۱۳۸۷، الگوریتم های ژنتیک و بهینه سازی سازه های مرکب، تهران، چ دوم، انتشارات عابد.
۷. برادران کاظم زاده، ر؛ شریف موسوی، م، ۱۳۸۹، ارائه یک مدل ارزیابی ریسک پذیری فازی برای ارزیابی ریسک پذیری زمانی پروژه های عمرانی، پژوهش های مدیریت در ایران، بهار ۱۳۹۰
۸. تیموری، ا؛ حافظ الکتب، اشکان، ۱۳۸۷، طراحی شبکه تامین چند محصولی با استفاده از برنامه ریزی غیرخطی دو هدفه و بکارگیری روش AHP، فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، ۴۷، تابستان ۱۳۸۷
۹. چینی‌چیان، ف، ۱۳۸۷، رتبه بندی فازی در مدیریت ریسک، چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه، ۱۳۸۷
۱۰. دری، ب؛ حمزه‌ای، ا، ۱۳۸۹، تعیین استراتژی پاسخ به ریسک در مدیریت ریسک بوسیله تکنیک ANP، نشریه مدیریت صنعتی، ۲، ۴، بهار و تابستان ۱۳۸۹، ۷۵-۹۲
۱۱. رجبی، م و همکاران، ۱۳۸۷، تحلیل سلسله مراتبی عوامل موثر در موفقیت اجرای طرح سد، چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه، ۱۳۸۷
۱۲. زارع، آ؛ احمدی ناصری، س م، ۱۳۸۷، ارزشیابی پروژه های عملی با استفاده از AHP فازی، در شانزدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران، اردیبهشت ۱۳۸۷
۱۳. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور- وزارت نیرو، ۱۳۷۰، فهرست خدمات مرحله شناسایی سدسازی، تهران، انتشارات سازمان برنامه و بودجه
۱۴. شمسایی، ا؛ رزم آرا، پ، ۱۳۸۸، کاهش ریسک پروژه های سدسازی با استفاده از تلفیق تفکر مدیریت ریسک و مهندسی ارزش، دومین همایش ملی سدسازی، ۱۳۸۸
۱۵. شهرکی، ع؛ زارع، ه؛ زارع، آ، ۱۳۹۰، مدیریت پروژه، تهران، نشر ترمه.
۱۶. شول، ع؛ فتحی زاده، ع، ۱۳۸۸، ارزیابی ریسک و عدم اطمینان در پروژه های سدسازی ایران با استفاده از روش AHP، کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، ۱۳۸۸
۱۷. صادقیه، ا، ۱۳۸۴، تصمیم گیری براساس الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی، انتشارات دانشگاه یزد.
۱۸. عالی زاده، ع، ۱۳۸۵، اجرای تحقیق به روش دلفی، تهران، نشر یوسف.
۱۹. فریفته جهانتیغ، م، ۱۳۹۰، امکان سنجی احداث سد زیرزمینی در منطقه کهیر- چابهار، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی زاهدان
۲۰. کاباران زاده قدیم، م؛ رفوگر آستانه، ح، ۱۳۸۸، طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری (DSS) در مدیریت برای حل مساله تسطیح منابع در مدیریت پروژه با رویکرد الگوریتم ژنتیک (GA)، نشریه مدیریت فناوری اطلاعات، ۳،پاییز و زمستان ۱۳۸۸، ۶۹-۸۸
۲۱. مؤمنی، م، ۱۳۸۵، مباحث نوین در تحقیق در عملیات، تهران، چ چهارم، مولف.
۲۲. نجفی، ا؛ کریمی پور، م، 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
۲۳. ویلیام د، و، ۱۳۸۵، مفاهیم و مسائل ژنتیک، ترجمه حمیده علمی غروی، انتشارات فاطمی.
۱۲. ولایتی، سعدالله و همکاران، ۱۳۸۴، اهمیت مدیریت ریسک سیلاب در برنامه ریزی روستایی، مجله جغرافیا و توسعه، پاییز و زمستان ۱۳۸۴

25. Baloi D. , Price A.D. ; Modelling global risk factors affecting construction cost performance ; *International Journal of Project Management*, 21 (3), 2003.
27. 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.
28. 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
29. 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*
30. WCD,2000, Dams and Development, www.dams.org