مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (زمستان ۱۴۰۱)
دوره‌ی ۱-۳۸، شماره‌ی ۲، ص. ۶۷-۷۸، (پژوهشی)

Original Article

ارزیابی ریسک پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب با استفاده از روش ANFIS

علی خورشیدپور نوبندگانی (کارشناس ارشد)
سلمان نظری شیرکوهی * (استادیار)
گروه مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشکده فنی فومن، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران
حمزه امین‌طهماسبی (استادیار)
گروه مهندسی صنایع، دانشکده‌ی فنی ـ مهندسی شرق گیلان، دانشگاه گیلان

با توجه به بحران خشک‌سالی سالیان اخیر، پروژه‌های بنیادی در حوزه‌ی آب حائز اهمیت هستند. مشارکت دولتی ـ خصوصی راهی است برای استفاده از سرمایه‌ی بخش خصوصی و جبران کمبود بودجه‌ی عمرانی دولت، برای ساخت و تکمیل پروژه‌های زیرساختی. در این پژوهش شناسایی و ارزیابی ریسک پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب مد نظر است. لذا ابتدا با مرور پیشینه و استفاده از روش دلفی تعداد ۳۰ عامل ریسک در شش حوزه به صورت جامع شناسایی شد. پرسش‌نامه‌ی عوامل ریسک با سه بعد «شدت اثر»، «احتمال وقوع» و «احتمال کشف» توزیع و جمع‌آوری شد. سپس با تبدیل متغیرهای زبانی به مقادیر فازی با استفاده از ماتریس ریسک سه‌بعدی، پایگاه داده تشکیل شد. در مرحله‌ی بعد، ریسک‌ها با استفاده از سیستم استنتاج عصبی ـ فازی سازگار (ANFIS) مورد بررسی قرارگرفتند. نتایج عددی میزان خطاها و همبستگی ریسک‌ها نشان داد که عملکرد روش ANFIS برای ارزیابی و پیش‌بینی ریسک این پروژه‌ها بسیار مناسب است.

واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک، مشارکت دولتی ـ خصوصی، انتقال و توزیع آب، سیستم استنتاج عصبی ـ فازی سازگار (ANFIS).

khorshidpour.ali@ut.ac.ir
snnazari@ut.ac.ir
amintahmasbi@guilan.ac.ir

۱. مقدمه

با توجه به تغییرات آب و هوایی و افزایش تدریجی دمای زمین، مناطق خشک در حال افزایش و الگوی بارندگی دچار تغییر شدید است و این خشک‌سالی از مناطق استوایی به سمت قطب‌ها در حرکت است. همچنین رشد بالای جمعیت موجب تشدید تقاضای آب شده است. استخراج روزانه‌ی آب زیرزمینی به منظور کشاورزی، نوشیدن و تولیدات صنعتی افزایش یافته و منابع آب زیرزمینی رو به اتمام است. آب، منبع اقتصادی و نیاز حیاتی انسان است. به همین ترتیب، عرضه‌ی آن از مسائل شدیداً سیاسی است.[۱] بحران‌های این ماده‌ی حیاتی باعث شده است که پروژه‌های انتقال و توزیع آب از اهمیت بالایی برخوردار باشند؛ مدیریت ریسک در این پروژه‌ها حائز اهمیت است و باید فرایندهای مدیریت ریسک در این پروژه‌های حیاتی به طور موفق مورد استفاده قرار گیرند.

«ریسک» در حوزه‌های کسب‌وکار، به ویژه در پروژه‌ها، یکی از پراهمیت‌ترین مفاهیم است. آلن[۲] در پژوهش خود چهار بعد: احتمال وقوع، شدت تأثیر، آمادگی برای تغییر و درجه‌ی وابستگی متقابل را برای ریسک در نظر گرفت. ریسک بیان‌گر موقعیت یا شرایطی است که در آن ارزش‌های انسانی در معرض خطر قرار گرفته و پیامدهای آن نیز با ابهام همراه است.[۳] ارزیابی ریسک یک روش منطقی برای تعیین مقدار کمی و کیفی ریسک‌ها و بررسی پیامدهای احتمالیِ حوادث احتمالی بر افراد، مواد، محصولات، تجهیزات و محیط است.

درکشورهای در حال توسعه، عموماً بودجه‌ی دولت برای ساخت پروژه‌های بنیادی و زیربنایی کفایت نمی‌کند. بنابراین دولت با واگذاری پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی (PPP) [۱] در مدل‌های قراردادی مختلف، از سرمایه‌ی بخش خصوصی برای ساخت و تکمیل پروژه‌های زیرساختی استفاده می‌کند. پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی (PPP) در ساخت‌وسازهای زیربنایی به طورگسترده‌یی مورد استفاده قرارگرفته است.[۴] مشارکت‌های دولتی ـ خصوصی، نمونه‌های برجسته‌یی از تلاش‌های مشترک است که در آن فعالان خصوصی منابع خود را با سازمان‌های بخش دولتی در یک همکاری مشترک طولانی‌مدت با هدف تأمین ارزش افزوده برای تمام طرف‌های درگیر جمع می‌کنند.[۵] مشارکت دولتی ـ خصوصی یک خدمت دولتی با مشاغل خصوصی است که از طریق مشارکت بین دولت و یک یا چند بخش خصوصی تأمین و اداره می‌شود. این یک همکاری نوآورانه بین بخش‌های دولتی و خصوصی است و شامل قراردادی است که در آن بخش خصوصی کالاها

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۴۰۰/۸/۱۰، اصلاحیه ۱۴۰۰/۱۲/۹، پذیرش ۱۴۰۰/۱۲/۲۳.
DOI:10.24200/J65.2022.57678.2209

یا خدمات عمومی را ارائه می‌دهد و در پروژه‌ی ریسک مالی، فنی و عملیاتی را به عهده می‌گیرد. رویکرد PPP باعث افزایش ارزش اقتصادی خروجی‌های زیرساخت می‌شود و توسعه‌ی کلی زیرساخت‌ها را تسهیل می‌کند.[۶]

امروزه بخش دولتی و شرکت‌های خصوصی به خوبی دریافته‌اند که به منظور موفقیت در پروژه‌ها با بالاترین عملکرد، باید به مقوله‌ی ریسک توجه ویژه داشته باشند. کشورهای در حال توسعه به دلیل افزایش شهرنشینی و رشد اقتصادی سریع همواره با کمبود سرمایه‌ی بخش دولتی روبه‌رو هستند، از این رو به مشارکت‌های دولتی ـ خصوصی برای احداث تأسیسات و زیرساخت‌های آب روی آورده‌اند. با این‌حال، مشارکت‌های دولتی ـ خصوصی آب نتایج متفاوتی را نشان داده است. بسیاری از آنها با مشکلاتی روبه‌رو شدند و حتی شکست خورده‌اند. با توجه به حساسیت بالای این نوع پروژه‌ها شناسایی جامع و ارزیابی دقیق ریسک‌های پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب بسیار حائز اهمیت است. نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند ذی‌نفعان مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب را در انجام اقدامات مناسب برای غلبه و کاهش ریسک‌ها و تضمین موفقیت در پروژه‌های آینده راهنمایی کند. لذا هدف اصلی پژوهش ارائه‌ی یک متدلوژی ساختاریافته برای ارزیابی ریسک‌های مؤثر بر پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب است. همچنین ارائه‌ی راهکار و تصمیمی مناسب برای ارزیابی ریسک‌ها در فضای دارای عدم قطعیت از دیگر اهداف این پژوهش است. در ادامه، به مرور پیشینه‌ی موضوع می‌پردازیم.

رومبوتسوس و آناگنوستوپولوس (۲۰۰۸) در مورد اولویت‌بندی و تخصیص ریسک بخش‌های دولتی و خصوصی و مؤسسات سرمایه‌گذاری در بازار PPP یونان تحقیق کرده، سپس یافته‌ها را با راهکارهای تخصیص ریسک اجرا شده در پروژه‌های تکمیل شده PPP در یونان و اولویت‌های تخصیص ریسک در انگلیس مقایسه کردند.[۷] زو و همکاران (۲۰۱۰) یک مدل ارزیابی مصنوعی فازی (FSE) [۲] را برای تعیین و تخصیص ریسک منصفانه بین بخش دولتی و بخش خصوصی در چین توسعه دادند.[۸] جین (۲۰۱۰) برای پیش‌بینی راهبرد کارآمد در زمینه تخصیص ریسک، یک سیستم تصمیم‌گیری ایجاد کرد که ترکیبی از منطق فازی و شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) [۳] است.[۹] وانگ و همکاران (۲۰۱۰) یک تحقیق به روش دلفی دومرحله‌یی برای شناسایی، اولویت‌بندی و تقسیم ریسک در پروژه‌های PPP چین انجام دادند.[۱۰] چان و همکاران (۲۰۱۵) شناسایی و ارزیابی ۱۶ فاکتور ریسک بحرانی برای پروژه‌های PPP در بخش تأمین آب را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد ریسک‌های تکمیل، تورم و تغییر قیمت دارای بیشترین تأثیر، و فساد دولت، قانون و سیستم نظارتی ناقص و تغییر تقاضای بازار دارای کم‌ترین تأثیر در این بخش هستند.[۱۱]

رضائی‌نوروموسوی صالح (۲۰۱۸) ارزیابی و رتبه‌دهی ریسک‌های مشارکت‌های عمومی ـ خصوصی پروژه‌های تأمین آب را با در نظرگیری ۲۲ عامل به عنوان ریسک‌های بحرانی مطالعه کرده، از روش ارزیابی مصنوعی فازی برای اندازه‌گیری سطح کلی ریسک استفاده که به ترتیب به زیرگروه‌های مالی، حقوقی و فنی اولویت‌بندی شدند.[۱۲] محمد و جوهر (۲۰۱۸) فاکتورهای مهم موفقیت پروژه‌های مشارکت دولتی و خصوصی در بخش مسکن را در مطالعه‌یی مقایسه‌یی مابین مالزی و نیجریه مورد مطالعه قرار دادند. نتایج بررسی نشان داد که تخصیص عادلانه ریسک، نظام سیاسی پایدار و توسعه دهنده معتبر از فاکتورهای مهم موفقیت در نیجریه و فاکتورهای اقدام علیه توسعه‌دهنده خطا، نظارت مستمر و تقاضای خریدار خانه از عوامل تأثیرگذار در مالزی بودند.[۱۳] شیخ‌علی و همکاران (۲۰۱۹) ریسک تأسیسات زیرساختی آب و فاضلاب شهر تهران را با فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) [۴] و «مدیریت و تحلیل ریسک برای حفاظت بحرانی سرمایه» (RBACAP) [۵] مورد بررسی قرار دادند.[۱۴] رفعت و همکاران (۲۰۲۰) بررسی اولویت‌بندی تخصیص ریسک با رویکرد نظر اکثریت برای بخش تصفیه فاضلاب خانگی و نمک‌زدایی آب دریا را در پروژه‌های PPP مصر مورد بحث قرار داده و نتایج را با یافته‌های مشابهی در چین مقایسه کردند. نتایج این مطالعه ضمن جلوگیری از مذاکرات طولانی‌مدت، باعث ایجاد قراردادهای متعادل‌تری شد.[۱۵] زو و وانگ (۲۰۲۰) نیز یک روش ارزیابی عملکرد با مشارکت طرفین مختلف در پروژه‌های مشارکت عمومی ـ خصوصی تصفیه‌ی آب رودخانه در چین را توسعه داده، یک مدل ریاضی پرداخت مرحله‌یی را معرفی و در نهایت از نظریه‌ی بازی تکاملی برای تجزیه و تحلیل تغییرات پویا در رفتار مشارکتی احزاب مختلف استفاده کردند.[۱۶] نیزکورودو (۲۰۲۰) تأثیرات و توزیع ریسک مشارکت‌های دولتی و خصوصی پایدار بخش آب و بررسی فرایند اثرات اقتصادی و زیست‌محیطی نشان‌دهنده‌ی پتانسیل پروژه‌های PPP در افزایش تأمین و بهبود مدیریت آب در کالیفرنیا را مورد مطالعه قرار دادند.[۱۷] امین‌طهماسبی و زارع‌پور (۲۰۲۰) ریسک‌های پروژه‌های آب و فاضلاب روستایی در استان گیلان را شناسایی و با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه در محیط فازی ریسک‌ها را ارزیابی و اولویت‌بندی کردند.[۱۸] جوکار و همکاران (۲۰۲۱) ریسک‌های پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی را شناسایی کردند و با استفاده از تحلیل نسبت ارزیابی تدریجی، وزن معیارها را در پروژه‌ی آزادراه تهران ـ شمال به دست آوردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که ریسک‌های کیفیت پایین مواد و تجهیزات، مقاومت از طرف ذی‌نفعان برای تصویب و نداشتن اهداف واقع‌بینانه از اهمیت بالایی برخوردار هستند.[۱۹] طاهری و جاوید (۲۰۲۱) مدلی بر پایه‌ی PPP برای مشارکت دولت و بخش خصوصی در پروژه‌های ایمن‌سازی نقاط حادثه‌خیز حوزه‌ی راه‌سازی و بررسی ریسک سرمایه‌گذاری شرکت‌های بیمه ارائه کردند. آنها به روش شبیه‌سازی بوت‌استرپ [۶] مدل خود را تشکیل دادند و با محاسبه‌ی ریسک نرخ بازگشت درونی (IRR) [۷] برای شرکت بیمه و بخش دولتی، به تصمیم‌گیری در مورد سرمایه‌گذاری و بررسی ریسک پرداختند.[۲۰]

یکی از روش‌های مهم و مؤثر در ارزیابی ریسک، تحلیل اثرات شکست (FMEA) [۸] است که دارای محدودیت‌ها و معایب به شرح زیر است:

۱. به دلیل پیامدهای ریسک پنهان، مقدار برتری ریسک (RPN) [۹] را می‌توان با ترکیبات مختلف احتمال وقوع (O) [۱۰]، شدت اثر (S) [۱۱] و احتمال کشف (D) [۱۲] به دست آورد، اگرچه مقادیر عوامل خطر آنها کاملاً متفاوت است.[۲۱-۲۲]

۲. نقطه‌ی ضعف دیگر، فرم ریاضی اتخاذ شده برای محاسبه‌ی RPN است که به شدت به تغییرات در ارزیابی عوامل ریسک حساس است و مبانی علمی کاملی ندارد.[۲۱-۲۳]

۳. ارزیابی دقیق عوامل خطر دشوار است. بنابراین برای بیان قضاوت در مورد این سه عامل نیاز به اصطلاحات زبانی مانند «مهم» یا «کم» وجود دارد، زیرا نمی‌توان دقیقاً چنین قضاوت‌هایی را تقریب زد.

۴. در روش FMEA سه عامل ریسک به یک اندازه و بدون در نظرگرفتن اهمیت نسبی هرکدام، مهم فرض شده است. با این حال، هر عامل ممکن است رتبه بندی‌های متفاوتی برای حالت‌های خرابی مختلف داشته باشد.[۲۱]

۵. از جمله معایب دیگر FMEA به دلیل امتیاز RPN متعارف آن، می‌توان به عدم قطعیت در مقادیر عوامل خطر اشاره کرد.[۲۴]

بنابر فرایند کلی مدیریت ریسک، پس از شناسایی ریسک‌ها، ضروری است تا ارزیابی دقیقی بر آنها صورت گرفته و قوانین مناسبی برای مدیریت آنها تعیین گردد. محدودیت‌های مالی، زمانی، تدارکاتی و غیره موجب می‌شود تا این‌گونه پروژه‌ها نتوانند به طور هم‌زمان نسبت به مدیریت تمامی ریسک‌ها اقدام کنند.

با توجه به آنچه که در مرور پیشینه مشاهده می‌شود، تاکنون دسته‌بندی جامع و کامل از ریسک‌های پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب در هیچ مطالعه‌یی ارائه نشده است. همچنین در تجزیه و تحلیل پرسش‌نامه‌های ریسک، برای تبدیل پاسخ‌های زبانی به داده‌ها و متغیرهایی که قادر به پردازش در سیستم‌های فازی هستند، یک پیش‌پردازش لازم است. روش ماتریس ریسک سه‌بعدی فازی جهت ارزیابی ریسک در محیط فازی، در این پژوهش برای اولین بار مورد استفاده قرارگرفته است. از سوی دیگر بیشتر روش‌های ارزیابی ریسک بر اساس روش‌های آماری یا محاسباتی سنتی است. بسیاری از این روش‌ها نمی‌توانند داده‌های مربوط به فاکتورهای کیفی را تحت تأثیر قرار دهند، که تأثیر زیادی در ارزیابی ریسک دارند. بنابراین، به دلیل توانایی بالای شبکه‌ی عصبی مصنوعی در پیش‌بینی، یادگیری و مدل سازی دانش بشری، از مقایسه و بررسی روش‌های سیستم استنتاج عصبی فازی تطبیقی (ANFIS)، [۱۳] بر اساس نظرات کارشناسان برای ارزیابی ریسک پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب استفاده شد.

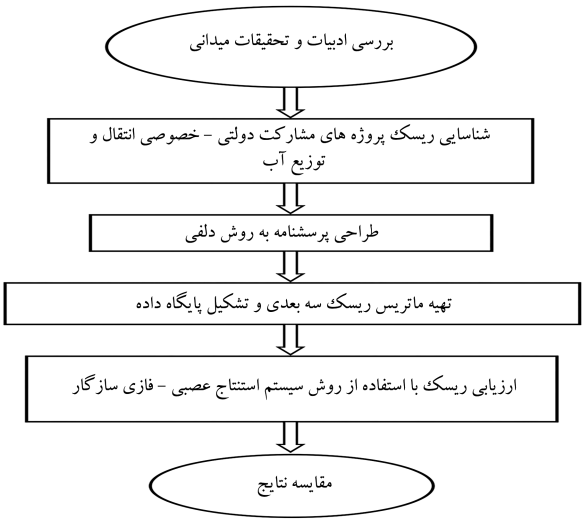
این رویکرد به مدیران کمک می‌کند تا تجزیه و تحلیل حساسیت برای عوامل ریسک را شناسایی کنند و برای عوامل حساس و بحرانی ریسک، برنامه‌های مناسبی تهیه و تدوین کنند. همچنین این رویکرد دارای دقت قابل‌توجهی در پیش‌بینی است؛ بنابراین مدیران این نوع پروژه‌ها قادر خواهند بود مقدار قابل توجهی از هزینه و زمان را ذخیره کنند.

در ادامه در بخش دوم، روش تحقیق بیان می‌شود. در بخش سوم، یافته‌های پژوهش بررسی و ریسک‌های پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب اولویت‌بندی و تشریح می‌شوند و در بخش چهارم نتایج حاصل از پژوهش ذکر شده است.

۲. روش تحقیق

در این پژوهش ابتدا ریسک‌های پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی آب استخراج، سپس دسته‌بندی کلی آنها با نظر خبرگان در شش حوزه مدیریتی، اجتماعی، مالی، فنی، عملیاتی و سیاسی ـ اقتصادی ارائه شد. پس از آن ریسک‌ها به منظور تأیید از طریق روش دلفی، در قالب پرسش‌نامه‌یی تهیه و بین خبرگان توزیع می‌شود. در این مرحله پاسخ‌دهندگان نظرات خود را به هریک از ابعاد شدت اثر، احتمال کشف و احتمال وقوع برای عوامل ریسک، در قالب طیف پنج گزینه‌یی برای ریسک‌های مشخص شده می‌دهند.

پاسخ‌های جمع‌آوری شده با توجه به ماتریس ریسک سه‌بعدی و اعداد فازی متناظر جمع‌بندی می‌شود. سپس ریسک‌ها با استفاده از سیستم استنتاج عصبی ـ فازی سازگار (ANFIS) مورد بررسی و ارزیابی قرارگرفته و میزان خطاها و همبستگی‌ها تعیین می‌شود. در شکل ۱، فلوچارت روند پژوهش نشان داده شده است. خبرگان شناسایی شده شامل ۸۰ نفر در شرکت‌های مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران و نیز سهامی آب منطقه‌یی پنج استان تهران، فارس، خوزستان، گیلان و سیستان و بلوچستان بودند که دارای بیشینه‌ی ۳۰ سال سن و تحصیلات دست‌کم کارشناسی و تجربه‌ی بالای ۱۰ سال در پروژه‌ها بودند که در نهایت ۶۰



شکل ۱. فلوچارت فرایند انجام پژوهش.

پرسش‌نامه‌ی معتبر جمع‌آوری شد. مشخصات جمعیت آماری پاسخ‌دهندگان در جدول ۱ قابل مشاهده است. اکثر پرسش‌نامه‌ها به صورت برخط توزیع و جمع‌آوری شد.

۱.۲. روش دلفی

روش دلفی یک رویکرد تحقیق کیفی است که برای به دست آوردن اجماع نظر متخصصان در مورد یک مسئله در دنیای واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش عملکردی انعطاف‌پذیر است و ارتباط بین محقق و متخصصان می‌تواند به صورت الکترونیکی تکمیل شود، این یک رویکرد ایده‌آل برای کمک به یک گروه در ایجاد اجماع است و می‌تواند در موقعیت‌های مختلف مورد استفاده قرارگیرد.[۲۵] در روش دلفی از طرح تحقیق پیمایشی با سؤالات ساختاریافته استفاده می‌شود.[۲۶] محققان با استفاده از این روش می‌توانند داده‌های صحیح و موثق را از طریق چندین دور پرسش‌نامه‌به دست آورند.[۲۷] در تمام مطالعات مربوط به موضوعات انسانی، اصول اخلاقی مستلزم آن است که مطالعات با استفاده از روش دلفی توسط یک هیئت مناسب، بررسی و نهادینه شود.[۲۸] ناشناس ماندن، نگهداشتن اطلاعات یک شرکت‌کننده و غیرقابل ردیابی بودن توسط سایر شرکت‌کنندگان و محافظت از داده‌های تعیین شده از ارتباط با نام شرکت‌کنندگان از اصول اساسی در مطالعات دلفی است.[۲۹]

در این پژوهش برای به اجماع رسیدن در عوامل ریسک پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب از روش دلفی سه‌مرحله‌یی و برای پاسخ پرسش‌نامه‌ها از طیف ۵ گزینه‌یی لیکرت استفاده شد. نتایج حاصل برای هر سؤال در هر دور به روش میانگین محاسبه شده و با توجه به نظرات خبرگان، زمانی که ۷۰٪ پاسخ‌دهندگان جواب یکسانی به یکی از گزینه‌های پاسخ بدهند، توافق نظر و اجماع در مورد آن سؤال حاصل شده است.

۲.۲. سیستم استنتاج عصبی ـ فازی سازگار (ANFIS)

در این بخش روش هوشمند سیستم استنتاج عصبی ـ فازی سازگار (ANFIS) برای ارزیابی عوامل ریسک در پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب بررسی و به صورت کامل تشریح شد. فازی ـ عصبی یک روش هوش مصنوعی

جدول ۱. مشخصات جمعیت آماری پرسش‌نامه.

سن				
سن	۲۰ تا ۳۰ سال	۳۱ تا ۴۰ سال	۴۱ تا ۵۰ سال	بالاتر با ۵۰ سال
تعداد نفرات	۰	۶	۱۴	۴۰
درصد از کل	٪۰	٪۱۰	٪۲۳	٪۶۷
میزان سابقه‌ی کاری در سازمان یا پروژه‌های آب				
میزان سابقه	کمتر از ۵ سال	۵ تا ۱۰ سال	۱۱ تا ۱۵ سال	بیشتر از ۱۵ سال
تعداد نفرات	۰	۰	۱۶	۴۴
درصد از کل	٪۰	٪۰	٪۲۷	٪۷۳
تحصیلات				
تحصیلات	فوق دیپلم و پایین‌تر	کارشناسی	کارشناسی ارشد	دکتری
تعداد نفرات	۰	۱۵	۳۸	۷
درصد از کل	٪۰	٪۲۵	٪۶۳	٪۱۲
سمت				
سمت	مدیرعامل	مدیر	معاون	کارشناس	سایر
تعداد نفرات	۰	۳۲	۹	۱۹	۰
درصد از کل	٪۰	٪۵۳	٪۱۵	٪۳۲	٪۰
واحد فعالیت					
واحد فعالیت	حوزه‌ی مدیرعامل	حوزه‌ی معاونت تحقیقات و پشتیبان	حوزه‌ی معاونت حفاظت و بهره‌برداری	حوزه‌ی معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی	حوزه‌ی معاونت طرح و توسعه	سایر
تعداد نفرات	۱۷	۳	۴	۲۵	۱۱	۰
درصد کل	٪۲۸	٪۵	٪۷	٪۴۲	٪۱۸	٪۰

ترکیبی است که از ترکیب منطق فازی و شبکه‌های عصبی مصنوعی تشکیل شده است. ANFIS یکی از محبوب‌ترین سیستم‌های عصبی فازی است که توسط جانگ در سال ۱۹۹۳ پیشنهاد شد.[۳۰] در این سیستم، توانایی یادگیری و ساختار ارتباطی شبکه‌های عصبی مصنوعی با سازوکار تصمیم‌گیری منطق فازی ترکیب شده است. این سیستم با استفاده از مجموعه‌ی سلسله داده‌ها، مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی، یادگیری را با نمونه‌ها تحقق می‌بخشد و با این روش ایده‌آل‌ترین ساختار ANFIS برای حل مسائل مربوط به دست می‌آید. ساختار به دست آمده به منظور مشاهده‌ی تأثیر آن بر نمونه‌های دیده نشده، در معرض فرایند آزمایش قرار دارد. مقادیر خطای پایین نشان‌گر مناسب بودن مدل ANFIS است. یکی از مهم‌ترین معایب شبکه‌ی عصبی مصنوعی این است که مقادیر وزن به دست آمده را نمی‌توان توضیح داد؛ این مضرات توسط سیستم استنتاج فازی که در ساختار ANFIS یافت می‌شود، از بین می‌رود. به همین دلیل است که این ساختار، در حل بسیاری از مسائل دنیای واقعی استفاده می‌شود.[۳۱] در سیستم عصبی ـ فازی سوگنو، نتایج هریک از قوانین فازی به صورت تابع خطی[۱۴] است.[۳۲] ساختار ANFIS به ترتیب توسط پنج لایه تشکیل شده است:

- **لایه‌ی فازی:** عضویت در لایه فازی به منظور به دست آوردن خوشه‌های فازی از مقادیر ورودی توابع است. پارامترهایی که تابع عضویت را تعیین می‌کنند به عنوان پارامتر فرض نامیده می‌شوند. خروجی این لایه طبق رابطه‌ی ۱ محاسبه می‌شود. $\mu_{A_i}(x)$ و $\mu_{B_i}(x)$ توابع عضویت در مجموعه‌های فازی A و B هستند.

$$\begin{cases} O_i = \mu_{A_i}(x); & i = ۱, ۲; \\ O_i = \mu_{B_{i-۲}}(x); & i = ۳, ۴; \end{cases} \qquad (۱)$$

- **لایه‌ی قاعده یا قانون:** در این لایه از اپراتورهای AND یا OR برای دست‌یابی به خروجی استفاده می‌شود. این مقدار مشخص می‌کند که یک مقدار ویژه در مقادیر مختلف ورودی‌ها چقدر صحیح است. خروجی این لایه با w نشان داده شده که طبق رابطه‌ی ۲ محاسبه شود.

$$O_i = w_i = \mu_{A_i}(x).\mu_{B_i}(x); \qquad i = ۱, ۲ \qquad (۲)$$

- **لایه‌ی نرمال‌سازی:** در این لایه مطابق رابطه‌ی ۳، هریک از خروجی‌های لایه‌ی قبلی به کلیه‌ی خروجی‌های آن قانون تقسیم می‌شود.

$$O_i = \overline{w_i} = \frac{w_i}{\sum_i w_i} \qquad (۳)$$

- **لایه‌ی ضد انعطاف‌ناپذیر:** در این لایه، دخالت هر قانون برای محاسبه‌ی خروجی مدل توسط رابطه‌ی ۴ محاسبه می‌شود. در این‌جا، w_i خروجی لایه‌ی نرمال‌سازی است و مجموعه پارامتر $\{p_i, q_i, r_i\}$ پارامترهای نتیجه نامیده می‌شوند.

$$O_i = \overline{w_i} f_i = \overline{w_i}(p_i x + q_i y + r_i); \qquad i = ۱, ۲ \qquad (۴)$$

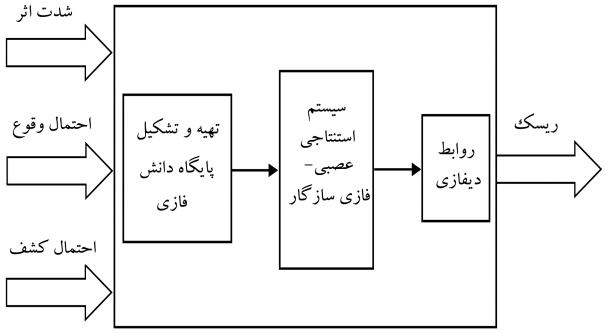
- **لایه‌ی جمع‌بندی:** خروجی واقعی ANFIS با جمع‌کردن خروجی‌های به دست آمده و خروجی‌های فازی به خروجی‌های عددی تبدیل می‌شوند:

$$f(x,y) = \frac{w_۱ f_۱(x,y) + w_۲ f_۲(x,y)}{w_۱(x,y) + w_۲(x,y)} = \frac{w_۱ f_۱ + w_۲ f_۲}{w_۱ + w_۲}$$

$$O_i = f(x,y) = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \qquad (۵)$$

جدول ۲. ماتریس ریسک سه‌بعدی.

احتمال وقوع	احتمال کشف	شدت اثر: خیلی کم					کم					متوسط					زیاد					خیلی زیاد				
		خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
خیلی کم		۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۳	٤	۳	۳	۳	۳
کم		۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۱	۱	۱	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۳	٤	٤	٤	۳	۳
متوسط		۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۱	۱	۳	۳	۳	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۳	٤	٤	٤	٤	۳
زیاد		۱	۱	۲	۱	۱	۳	۲	۲	۲	۱	٤	۳	۳	۳	۳	۳	۳	٤	٤	٤	٥	٥	٤	٤	٤
خیلی زیاد		۱	۲	۲	۱	۱	۳	۳	۲	۲	۲	٤	٤	۳	۳	۳	۳	٥	٤	٤	٤	٥	٥	٥	٥	٤



شکل ۲. سیستم فازی برای ارزیابی ریسک.

۳.۲. جمع‌آوری داده‌ها

پس از جمع‌آوری ۳۵ عامل ریسک از مرور ادبیات، جلسات حضوری با مدیران و خبرگان حوزه‌ی آب در شرکت مادر تخصصی مدیریت آب ایران برگزار شد. در این مرحله عوامل ریسک در پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب برای انتخاب واژگان مناسب، حذف واژگان نامعلوم و نامفهوم و تدوین پرسش‌نامه‌ی دلفی بررسی شد. در گام بعد پرسش‌نامه‌ی دور اول دلفی تنظیم و برای خبرگان ارسال شد. سپس از طریق محاسبه‌ی میانگین و طبق نظر خبرگان، عواملی که کم‌تر از ۷۰٪ امتیاز را دریافت می‌کردند، حذف شد. در هر مرحله از دلفی، نتایج دور قبل برای تمرکز بیشتر در پاسخ به سؤالات برای خبرگان ارسال شد. نهایتاً در دور سوم تعداد ۳۰ عامل ریسک در پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب به اجماع و اتفاق نظر رسید.

۴.۲. تشکیل پایگاه داده

در مطالعات گذشته و در فضای فازی، برای به دست آوردن میزان ریسک با توجه به دو بعد شدت اثر و احتمال وقوع برای هر فاکتور از لحاظ متغیر زبانی از جدول مقادیر فازی ناشی از انستیتو مدیریت پروژه (PMI) [۱۵][۳۳] استفاده شده، اما در این پژوهش بعد احتمال کشف نیز برای اندازه‌گیری میزان هر ریسک در نظر گرفته شده است. تعیین قابلیت کشف به منظور شناسایی علت وقوع ریسک است؛ به عبارت دیگر احتمال کشف، توانایی پی بردن به وقوع ریسک قبل از رخداد آن است.[۳۴] هرچه احتمال کشف یک خرابی بیشتر باشد، میزان ریسک کم‌تر است و هرچه احتمال کشف یک خرابی کم‌تر باشد، میزان ریسک بالاتر می‌رود. اندازه ریسک برای هر فاکتور از لحاظ متغیر زبانی از طریق جدول ۲ به دست آمد. در این جدول مفهوم اعداد ریسک به ترتیب ۱ (خیلی کم)، ۲ (کم)، ۳ (متوسط)، ۴ (زیاد) و ۵ (خیلی زیاد) است. با استفاده از این روش داده‌های زبانی شدت اثر، احتمال وقوع، احتمال کشف و ریسک هر عامل مشخص شد. در مرحله‌ی بعد این داده‌ها به داده‌های فازی تبدیل شد. برای تبدیل داده‌های زبانی به فازی از اعداد فازی مثلثی استفاده و مقادیر فازی هریک از این متغیرهای زبانی در جدول ۳ نشان داده شده است.

پس از تبدیل متغیرهای زبانی به اعداد فازی مثلثی، از روش مرکز منطقه (COA) [۱۶][۳۸] برای دی‌فازی کردن اعداد فازی با بهترین عملکرد غیرفازی (BNP) [۱۷] استفاده شده است. در روش BNP، اگر اعداد فازی مثلثی به صورت $A = (a_l a_m a_u)$ باشد، آنگاه مقدار قطعی آن از رابطه‌ی ۶ به دست آمد:

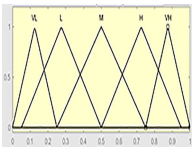
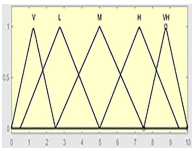
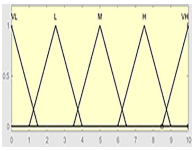
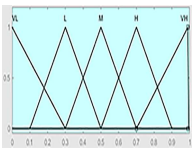
$$A = \frac{(a_u - a_l) + (a_m - a_l)}{۳} + a_l \qquad (۶)$$

با انجام این مراحل برای همه ۶۰ خبره و کارشناس، پایگاه داده دانش این سیستم فازی برای ارزیابی ریسک پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب ایجاد شد. برای توضیح بیشتر، برای نمونه داده‌های استخراج شده از ۵ عامل ریسک مربوط به متخصص اول در جدول ۴ نشان داده شده است. مقادیر عددی شدت اثر، احتمال وقوع، احتمال کشف و اندازه ریسک هر عامل را می‌توان با استفاده از مقادیر جدول ۳ و روش BNP رابطه‌ی ۶ محاسبه کرد.

۵.۲. ارزیابی ریسک با روش ANFIS

در طراحی سازمان‌یافته‌ی سیستم‌های فازی با استفاده از شبکه‌ی عصبی، شدت اثر، احتمال وقوع و احتمال کشف به عنوان ورودی سیستم و اندازه ریسک به عنوان خروجی سیستم است و قادر به اندازه‌گیری میزان ریسک است. در شکل ۲ این سیستم فازی به صورت طرح کلی ارائه شده است. در ادامه چگونگی ارزیابی ریسک و نحوه‌ی عملکرد سیستم طراحی شده برای عامل «مدیریت سنتی در بهره‌برداری آب» نزد ۵ متخصص اول طبق جدول ۵ توضیح داده می‌شود. در این جدول مقادیر متغیر زبانی شدت اثر، احتمال وقوع و احتمال کشف، مستخرج از پاسخ خبرگان به پرسش‌نامه است و اندازه متغیر زبانی ریسک از جدول ۲ ماتریس ریسک سه‌بعدی به دست آمده است. سپس با توجه به جدول ۳ معادل فازی مقادیر زبانی به دست آمده و با روش BNP رابطه‌ی ۶ مقادیر عددی شدت اثر، احتمال وقوع، احتمال کشف و ریسک محاسبه شده است. در این پژوهش، ۷۵ درصد از کل داده‌ها (۴۵ عدد از پایگاه داده) برای آموزش سیستم و ۲۵ درصد باقی‌مانده (۱۵ عدد) نیز برای آزمایش سیستم استفاده شده است. ساختار شبکه‌ی ANFIS به کار رفته

جدول ۳. مقادیر زبانی و فازی احتمال وقوع، شدت اثر، احتمال کشف و ریسک.

متغیر زبانی	مقدار فازی			نمودار گرافیکی	منبع
	کران پایین (l)	محتمل ترین مقدار (m)	کران بالا (U)		
احتمال وقوع					
خیلی کم (۱)	۰	۰/۱۲۵	۰/۲۵		[۳۵]
کم (۲)	۰/۰۵	۰/۲۷۵	۰/۵		
متوسط (۳)	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵		
زیاد (۴)	۰/۵	۰/۷۲۵	۰/۹۵		
خیلی زیاد (۵)	۰/۷۵	۰/۸۷۵	۱		
شدت اثر					
خیلی کم (۱)	۰	۱/۲۵	۲/۵		[۳۵]
کم (۲)	۰/۵	۲/۷۵	۵		
متوسط (۳)	۲/۵	۵	۷/۵		
زیاد (۴)	۵	۷/۲۵	۹/۵		
خیلی زیاد (۵)	۷/۵	۸/۷۵	۱۰		
احتمال کشف					
خیلی کم (۱)	۰	۰	۱/۵		[۳۶]
کم (۲)	۱	۲/۵	۴		
متوسط (۳)	۳/۵	۵	۶/۵		
زیاد (۴)	۶	۷/۵	۹		
خیلی زیاد (۵)	۸/۵	۱۰	۱۰		
ریسک					
خیلی کم (۱)	۰	۰	۰/۳		[۳۷]
کم (۲)	۰/۱	۰/۳	۰/۵		
متوسط (۳)	۰/۳	۰/۵	۰/۷		
زیاد (۴)	۰/۵	۰/۷	۰/۹		
خیلی زیاد (۵)	۰/۷	۰/۹۹	۰/۹۹		

جدول ۴. شدت اثر، احتمال وقوع و احتمال کشف ۱۰ عامل اول ریسک (خبره‌ی اول).

عامل	متغیر زبانی کدگذاری شده				مقدار عددی		
	شدت اثر	احتمال وقوع	احتمال کشف	ریسک	شدت اثر	احتمال وقوع	احتمال کشف	ریسک
۱	۵	۳	۴	۴	۸/۷۵	۰/۵	۷/۵	۰/۷
۲	۳	۲	۴	۲	۵	۰/۲۷۵	۷/۵	۰/۳
۳	۵	۳	۴	۴	۸/۷۵	۰/۵	۷/۵	۰/۷
۴	۴	۳	۵	۳	۷/۲۵	۰/۵	۹/۵	۰/۵
۵	۲	۲	۴	۱	۲/۷۵	۰/۲۷۵	۷/۵	۰/۱

جدول ۵. داده‌های قابل استفاده برای ریسک فاکتور مدیریت سنتی دربهره‌برداری آب در پایگاه داده.

خبره	متغیر زبانی کدگذاری شده				مقدار عددی			
	شدت اثر	احتمال وقوع	احتمال کشف	ریسک	شدت اثر	احتمال وقوع	احتمال کشف	ریسک
۱	۵	۳	۴	۴	۸/۷۵	۰/۵	۷/۵	۰/۷
۲	۴	۴	۲	۴	۷/۲۵	۰/۷۲۵	۲/۵	۰/۷
۳	۴	۴	۴	۳	۷/۲۵	۰/۷۲۵	۷/۵	۰/۵
۴	۴	۳	۳	۳	۷/۲۵	۰/۵	۵	۰/۵
۵	۳	۴	۳	۳	۵	۰/۷۲۵	۵	۰/۵

در این سیستم متشکل از پنج لایه‌ی: ورودی‌ها (شدت اثر، احتمال وقوع و احتمال کشف)، توابع عضویت ورودی‌ها (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد)، قوانین (۱۰ قانون برای هر ریسک)، توابع عضویت خروجی‌ها و خروجی (ریسک) است. همچنین تنها عملگر منطقی مورد استفاده در ترکیب قوانین AND است که گره‌های لایه‌ی قانون حاکی از این است.

با توجه به انتخاب بهترین عملکرد عضویت[18]، سناریوهای مختلفی انجام شده که در آن بین، سناریو با بیشینه‌ی خطا انتخاب شده است. در مورد سیستم فازی طراحی شده، سه نوع خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) [19]، درصد میانگین مطلق خطاهای پیش‌بینی (MAPE) [20] و میانگین خطای مطلق (MAE) [21] وجود دارد. همچنین ضریب همبستگی (R) [22] بین داده‌های واقعی و داده‌های پیش‌بینی شده به ترتیب با استفاده از رابطه‌های ۷ تا ۱۰ محاسبه می‌شود. A_t، F_t و N داده‌های واقعی، داده‌های پیش‌بینی شده و تعداد داده‌ها را نشان می‌دهد. همچنین $\bar{A} = (\sum_{t=1}^{N} A_t)/N$ و $\bar{F} = (\sum_{t=1}^{N} F_t)/N$ محاسبه می‌شود.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}(A_t - F_t)^2} \quad (۷)$$

$$MAPE = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}\left|\frac{A_t - F_t}{A_t}\right| \times 100 \quad (۸)$$

$$MAE = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}|A_t - F_t| \quad (۹)$$

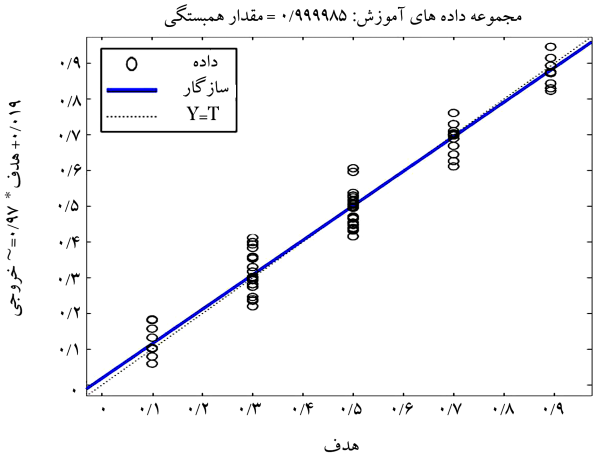
$$R = \frac{\sum_{t=1}^{N}(A_t - \bar{A})(F_t - \bar{F})}{\sqrt{\sum_{t=1}^{N}(A_t - \bar{A})^2 \times \sum_{t=1}^{N}(F_t - \bar{F})^2}} \quad (۱۰)$$

۳. یافته‌های پژوهش

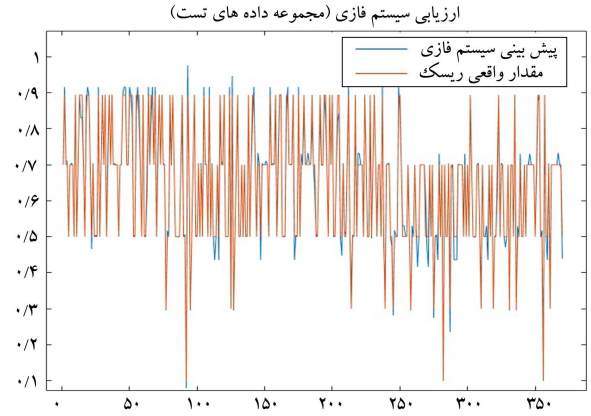
در این بخش داده‌هایی که به وسیله‌ی پرسش‌نامه از خبرگان نمونه گردآوری شده‌اند، به روش هوشمند ANFIS تجزیه و تحلیل و خروجی پژوهش به طورکامل تشریح شده است. از نرم‌افزار اکسل برای انجام مراحل دلفی و تشکیل پایگاه داده و از نرم‌افزار MATLAB R۲۰۱۹b برای تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش استفاده شده است.

شکل ۳ نمودار رگرسیون (نمودار مجموعه داده‌های آموزش) را نشان می‌دهد که برای تحلیل خطای مدل کارآمد است. همچنین شکل ۴ نمودار ارزیابی سیستم فازی (مجموعه داده‌های تست) است. این نمودارها بازگوکننده‌ی همبستگی میان مقادیر واقعی و تخمین زده شده توسط مدل هستند. بر این اساس، هرچه خط برازش شده بر روی داده‌ها، به مقدار ۱ نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده‌ی همبستگی بیشتر مقادیر واقعی و تخمین زده شده از مدل است (مقادیر واقعی بسیار نزدیک به مقادیر تخمینی هستند). جدول ۶ عوامل ریسک و خطاهای RMSE، MAPE، MEA و مقدار همبستگی (R) بین داده‌های آزمون و داده‌های پیش‌بینی شده توسط ANFIS برای ۳۰ فاکتور ریسک این نوع پروژه‌ها را نشان می‌دهد.

میانگین نتایج عملکرد روش ANFIS، برای داده‌های آموزش و تست تمام عوامل در جدول ۷ نشان داده شده است. خروجی روش حل نشان‌دهنده‌ی عملکرد مناسب روش ANFIS است. چنان که مشاهده می‌شود، میانگین خطای مطلق (RMSE) در تست ۰/۰۳۴۶۷، درصد میانگین خطای مطلق (MAPE) در تست ۳/۱۷۸۵۴۲ و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) برابر ۰/۹۸۳۳۴۵ است که نشان‌دهنده خطای بسیار پایین و مورد قبول روش ANFIS برای پیش‌بینی میزان



شکل ۳. نمودار مجموعه داده‌های آموزش ANFIS.



شکل ۴. نمودار ارزیابی سیستم فازی (مجموعه داده‌های تست ANFIS).

ریسک است. همچنین مثبت بودن ضریب همبستگی (R)، به این معناست که در بررسی انجام شده، افزایش یک پارامتر ریسک با افزایش پارامتر دیگر و نیز کاهش آن پارامتر با کاهش پارامتر دیگر همراه است و نزدیک به ۱ بودن ضریب همبستگی نشان‌دهنده‌ی هم‌جهت بودن پارامترهای ریسک با یکدیگر است. نتایج در آموزش و تست بسیار مورد قبول است و می‌توان از روش ANFIS برای پیش‌بینی دقیق میزان ریسک و با کم‌ترین خطا استفاده کرد.

در جدول ۸، رتبه‌بندی ریسک‌ها با روش‌های FMEA و ANFIS انجام شده است. ریسک پیش‌بینی شده توسط روش ANFIS تقریباً با امتیازات ریسک محاسبه شده روش FMEA مطابقت دارد.

در جدول ۹، مقایسه و رتبه‌بندی گروه‌های ریسک با روش‌های FMEA و ANFIS انجام و مشخص شد که گروه‌های ریسک فنی و مدیریتی به ترتیب دارای بیشترین و کم‌ترین میزان ریسک در پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب را دارند.

۴. نتیجه‌گیری

امروزه دولت‌ها و شرکت‌های خصوصی به خوبی دریافته‌اند که به منظور موفقیت در پروژه‌ها با بالاترین عملکرد، باید توجه خاصی به ریسک آنها داشته باشند. به طور معمول ترکیبی از ریسک‌ها که به طور هم‌زمان یا متوالی رخ می‌دهند، می‌تواند باعث

جدول ۶. معرفی و گروه بندی عوامل ریسک و عملکرد ANFIS برای فاکتورهای ریسک.

ردیف	حوزه‌های ریسک	نوع ریسک	فاکتورهای ریسک	درصد میانگین خطای مطلق	میانگین خطای مطلق	میانگین قدر مطلق خطا	ضریب همبستگی
۱	مدیریتی	داخلی	مدیریت سنتی در بهره‌برداری آب	۱۰/۴۵۰۳۴۰	۰/۰۹۲۱۱۷	۰/۰۴۱۲۵۵	۰/۸۰۲۷۲۴
۲		داخلی	نظارت مستمر	۳/۳۲۰۷۹۴	۰/۱۱۰۷۳۹	۰/۰۲۱۶۱۲	۰/۸۷۹۱۹۴
۳	اجتماعی	خارجی	مخالفت عمومی/پشتیبانی عمومی و اجتماعی	۲/۵۱۶۳۹۴	۰/۰۵۳۴۰۲	۰/۰۱۱۰۹۷	۰/۹۹۱۵۷۰
۴		داخلی	تغییر در تقاضا	۱/۵۱۲۳۴۶	۰/۰۲۰۹۱۸	۰/۰۰۹۲۰۷	۰/۹۹۱۰۸۲
۵		خارجی	تغییرات اقلیمی غیرقابل پیش‌بینی/آب‌وهوا	۱/۰۵۹۴۴۲	۰/۰۱۹۹۸۳	۰/۰۰۵۴۱۷	۰/۹۷۸۶۹۳
۶		خارجی	سرقت آب	۲/۴۴۱۷۹۸	۰/۰۲۷۱۰۱	۰/۰۰۸۹۲۳	۰/۹۸۴۳۷۰
۷		خارجی	حوادث غیرمترقبه/جنگ، شورش، حمله تروریستی و ...	۳/۲۴۸۳۶۷	۰/۰۹۲۳۶۱	۰/۰۲۳۹۷۴	۰/۹۰۸۷۵۲
۸	مالی	داخلی	هزینه‌های عملیاتی بالا	۰/۲۴۳۴۶۶	۰/۰۰۲۳۰۴	۰/۰۰۱۸۱۴	۰/۹۹۹۶۹۱
۹		داخلی	مالی و بازپرداخت	۱/۰۷۰۲۰۶	۰/۰۳۱۸۷۵	۰/۰۰۸۶۹۱	۰/۹۷۶۳۱۸
۱۰		خارجی	نوسان نرخ بهره	۰/۹۳۳۳۹۰	۰/۰۰۷۲۵۸	۰/۰۰۳۶۰۱	۰/۹۹۹۰۳۴
۱۱		خارجی	تغییر در قوانین مالیاتی	۲/۳۲۹۸۲۵	۰/۰۷۷۱۲۴	۰/۰۱۵۹۸	۰/۹۸۵۹۰۷
۱۲	فنی	داخلی	طراحی قرارداد ضعیف	۰/۴۳۹۶۳۲	۰/۰۰۷۷۰۱	۰/۰۰۲۹۱۱	۰/۹۹۸۹۷۸
۱۳		داخلی	کمبود تجربه در مشارکت دولتی ـ خصوصی	۵/۵۵۷۸۶۳	۰/۰۷۹۹۵۶	۰/۰۱۸۱۱۵	۰/۹۸۲۱۳۸
۱۴		داخلی	عدم پشتیبانی زیرساخت‌ها	۳/۱۰۹۱۲۰	۰/۰۴۴۷۲۴	۰/۰۰۹۷۸۰	۰/۹۴۸۷۹۳
۱۵		داخلی	کمبود تدارکات ـ عدم دسترسی به مواد/کار	۰/۲۹۷۴۵۸	۰/۰۰۲۲۹۶	۰/۰۰۱۷۲۵	۰/۹۹۹۸۲۰
۱۶		خارجی	عدم اطمینان از دارایی آب ـ کمبود آب/ترسالی ـ خشک‌سالی	۰/۴۱۲۳۷۴	۰/۰۰۲۴۵۸	۰/۰۰۱۸۰۴	۰/۹۹۹۸۱۷
۱۷		داخلی	نارسایی فنی/طراحی فنی ضعیف	۱/۶۰۸۷۶۹	۰/۰۴۵۸۷۲	۰/۰۱۴۵۷۹	۰/۹۴۶۷۸۲
۱۸	عملیاتی	داخلی	تغییر در عملیات پروژه	۰/۲۱۶۳۷۴	۰/۰۰۱۸۴۲	۰/۰۰۱۳۲۱	۰/۹۹۹۸۷۳
۱۹		داخلی	ساخت ضعیف	۴/۵۷۳۵۷۹	۰/۰۷۷۸۶۹	۰/۰۲۶۸۹۷	۰/۹۱۹۴۲۷
۲۰		خارجی	کیفیت پایین آب	۸/۱۵۲۱۴۳	۰/۰۵۰۱۷۶	۰/۰۱۶۷۵۹	۰/۹۵۷۴۸۹
۲۱		داخلی	خرابی در خط انتقال و توزیع	۳/۵۰۴۲۷۸	۰/۰۴۸۷۶۹	۰/۰۲۳۶۸۷	۰/۹۵۷۸۶۴
۲۲		خارجی	تأثیر پروژه بر محیط‌زیست/اعتراض محیط‌زیست	۱۰/۴۳۸۷۹۴	۰/۰۸۹۰۴۵	۰/۰۳۲۴۱۵	۰/۹۷۱۰۳۵
۲۳		داخلی	محافظت کیفی و کمی از منبع آب	۰/۳۲۷۸۴۱	۰/۰۰۱۹۷۸	۰/۰۰۱۷۴۳	۰/۹۹۸۷۵۶
۲۴	سیاسی ـ اقتصادی	داخلی	فساد دولتی	۰/۳۴۱۷۸۹	۰/۰۰۳۳۱۷	۰/۰۰۱۸۷۹	۰/۹۹۷۵۳۰
۲۵		خارجی	نرخ تورم	۱/۴۵۷۸۹۳	۰/۰۴۶۸۷۴	۰/۰۱۱۴۱۷	۰/۹۲۷۴۵۷
۲۶		خارجی	تحریم و خشونت‌های سیاسی	۲/۵۲۷۴۸۶	۰/۰۵۷۸۵۲	۰/۰۲۰۱۴۳	۰/۹۴۷۶۳۴
۲۷		خارجی	عدم ثبات اقتصادی	۰/۳۶۷۸۳۴	۰/۰۰۲۹۷۴	۰/۰۰۲۴۱۷	۰/۹۹۸۷۴۵
۲۸		داخلی	سلب مالکیت (ملی شدن)	۱/۸۸۷۴۵۲	۰/۰۳۰۷۴۲	۰/۰۰۹۸۷۴	۰/۹۷۴۷۳۰
۲۹		داخلی	معارضت سازمان‌ها و اداره‌های دولتی (ریسک هماهنگی)	۰/۲۸۵۶۷۱	۰/۰۰۱۸۷۴	۰/۰۰۱۵۶۹	۰/۹۹۹۷۳۸
۳۰		خارجی	تغییرات قوانین	۱/۷۲۴۷۱۹	۰/۰۳۵۸۷۳	۰/۰۱۱۴۷۴	۰/۹۷۷۴۸۲
			میانگین	۲/۵۴۵۲۴۷	۰/۰۳۸۹۱۲	۰/۰۱۲۰۷۰	۰/۹۶۶۷۱۴

جدول ۷. عملکرد نتایج آموزش و نتایج تست ANFIS.

شاخص خطا	نتایج آزمون ANFIS	نتایج تست ANFIS
درصد میانگین خطای مطلق	۰/۱۱۴۲۸۶	۳/۱۷۸۵۴۲
میانگین خطای مطلق	۰/۰۰۷۸	۰/۰۳۴۶۷
ضریب همبستگی	۰/۹۹۹۹۸۴	۰/۹۸۳۳۴۵

عدم موفقیت پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی آب شود. در این پژوهش، ریسک‌های این دسته پروژه‌ها با روش دلفی سه‌مرحله‌یی به طور کامل شناسایی و دسته‌بندی جامعی از آنها ارائه شد. در مرحله‌ی بعد، نظرات ۶۰ خبره در پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی آب برای یک پرسش‌نامه‌با ۳۰ سؤال در مورد شدت اثر، احتمال وقوع و احتمال کشف ریسک جمع‌آوری شد. با استفاده از ماتریس ریسک سه‌بعدی تبدیل متغیرهای زبانی به متغیرهای فازی صورت گرفت و در نهایت

جدول ۸. رتبه‌بندی ریسک‌ها با روش‌های FMEA و ANFIS.

ردیف	حوزه‌های ریسک	فاکتورهای ریسک	نرمال‌سازی شده			FMEA		ANFIS	
			شدت اثر (S)	احتمال وقوع (O)	احتمال کشف (D)	میزان ریسک	رتبه	میزان ریسک	رتبه
۱	مدیریتی	مدیریت سنتی در بهره‌برداری آب	۰/۸۰۳۹	۰/۲۴۹۴	۰/۵۹۱۰	۰/۱۱۸۵	۹	۰/۵۸۶۷	۷
۲		نظارت مستمر	۰/۶۹۹۳	۰/۱۲۰۷	۰/۶۰۵۱	۰/۰۵۱۱	۲۶	۰/۴۶۶۷	۲۸
۳	اجتماعی	مخالفت عمومی/پشتیبانی عمومی و اجتماعی	۰/۷۲۹۵	۰/۲۰۰۱	۰/۶۳۸۶	۰/۰۹۳۲	۱۳	۰/۵۵۸۱	۱۰
۴		تغییر در تقاضا	۰/۸۲۵۰	۰/۱۵۳۹	۰/۶۷۳۵	۰/۶۷۳۵	۱۶	۰/۵۳۹۴	۱۴
۵		تغییرات اقلیمی غیرقابل پیش‌بینی/آب و هوا	۰/۷۳۳۵	۰/۱۳۳۸	۰/۵۶۲۲	۰/۰۵۵۲	۲۵	۰/۴۷۰۸	۲۷
۶		سرقت آب	۰/۶۹۵۳	۰/۰۰۰۰	۰/۵۹۵۷	۰/۰۰	۳۰	۰/۴۴۱۷	۳۰
۷		حوادث غیرمترقبه/جنگ، شورش، حمله تروریستی و ...	۰/۷۷۱۷	۰/۱۰۲۶	۰/۵۷۵۶	۰/۰۴۵۶	۲۷	۰/۴۹۵۸	۲۵
۸	مالی	هزینه‌های عملیاتی بالا	۰/۷۸۰۸	۰/۲۰۷۲	۰/۵۰۰۵	۰/ ۰۸۱۰	۱۸	۰/۵۳۶۴	۱۵
۹		مالی و بازپرداخت	۰/۷۸۹۸	۰/۱۷۸۰	۰/۶۱۵۱	۰/۰۸۶۵	۱۵	۰/۵۴۷۵	۱۳
۱۰		نوسان نرخ بهره	۰/۸۵۳۲	۰/۲۳۹۴	۰/۷۲۷۸	۰/۱۴۸۶	۵	۰/۵۱۲۱	۲۳
۱۱		تغییر در قوانین مالیاتی	۰/۸۲۱۰	۰/۱۶۵۹	۰/۷۲۵۸	۰/۰۹۸۹	۱۱	۰/۵۴۹۰	۱۱
۱۲	فنی	طراحی قرارداد ضعیف	۰/۸۳۹۱	۰/۲۱۷	۰/۵۷۴۲	۰/۱۰۴۷	۱۰	۰/۵۷۰۷	۸
۱۳		کمبود تجربه در مشارکت دولتی/خصوصی	۰/۹۰۵۵	۰/۳۰۰۷	۰/۶۵۷۴	۰/۱۷۹۰	۲	۰/۶۴۶۵	۱
۱۴		عدم پشتیبانی زیرساخت‌ها	۰/۸۳۰۰	۰/۳۰۷۸	۰/۶۳۹۹	۰/۱۶۳۵	۴	۰/۵۹۹۲	۴
۱۵		کمبود تدارکات ـ عدم دسترسی به مواد/کار	۰/۹۴۵۷	۰/۳۱۰۸	۰/۵۷۹۶	۰/۱۷۰۳	۳	۰/۶۴۶۵	۲
۱۶		عدم اطمینان از دارایی آب ـ کمبود آب/ترسالی ـ خشک‌سالی	۰/۸۴۳۱	۰/۲۳۶۳	۰/۶۳۵۹	۰/۱۲۶۷	۷	۰/۵۴۳۵	۵
۱۷		نارسایی فنی/طراحی فنی ضعیف	۰/۸۲۲۰	۰/۱۶۷۰	۰/۴۱۴۰	۰/۰۵۶۸	۲۴	۰/۵۳۹۰	۲۶
۱۸	عملیاتی	تغییر در عملیات پروژه	۰/۸۵۱۲	۰/۲۱۵۲	۰/۵۱۱۹	۰/۰۹۳۸	۱۲	۰/۵۳۵۳	۱۷
۱۹		ساخت ضعیف	۰/۸۴۴۱	۰/۱۵۴۹	۰/۵۵۷۵	۰/۰۷۲۹	۲۰	۰/۵۵۲۷	۱۸
۲۰		کیفیت پایین آب	۰/۷۹۷۸	۰/۱۶۱۹	۰/۵۶۲۲	۰/۰۷۲۶	۲۱	۰/۴۷۰۵	۱۹
۲۱		خرابی در خط انتقال و توزیع	۰/۸۰۸۹	۰/۱۳۶۸	۰/۶۳۷۹	۰/۰۷۰۶	۲۲	۰/۵۲۹۵	۲۰
۲۲		تأثیر پروژه بر محیط‌زیست/اعتراض محیط‌زیست	۰/۸۲۶۰	۰/۱۷۷۰	۰/۵۴۶۷	۰/۰۷۹۹	۱۹	۰/۵۸۸۸	۲۱
۲۳		محافظت کیفی و کمی از منبع آب	۰/۷۶۲۶	۰/۱۴۱۸	۰/۶۰۹۱	۰/۰۶۵۹	۲۳	۰/۴۹۴۵	۲۲
۲۴	سیاسی ـ اقتصادی	فساد دولتی	۰/۸۲۲۰	۰/۱۶۳۹	۰/۶۵۰۰	۰/۰۸۷۶	۱۴	۰/۵۴۷۹	۱۲
۲۵		نرخ تورم	۱/۰۰۰۰	۰/۴۲۱۴	۰/۵۴۷۴	۰/۲۳۰۷	۱	۰/۶۱۱۳	۳
۲۶		تحریم و خشونت‌های سیاسی	۰/۹۳۳۶	۰/۳۲۴۹	۰/۳۹۱۹	۰/۱۱۸۸	۸	۰/۵۸۷۱	۶
۲۷		عدم ثبات اقتصادی	۰/۷۹۶۸	۰/۲۲۸۳	۰/۶۹۹۶	۰/۱۲۷۳	۶	۰/۵۵۸۳	۹
۲۸		سلب مالکیت (ملی شدن)	۰/۸۴۴۱	۰/۱۶۵۹	۰/۵۸۳۰	۰/۰۸۱۷	۱۷	۰/ ۵۲۹۰	۱۶
۲۹		معارضت سازمان‌ها و اداره‌های دولتی (ریسک هماهنگی)	۰/۸۰۵۹	۰/۰۰۸۰	۰/۴۹۳۱	۰/۰۰۳۲	۲۹	۰/۵۱۱۷	۲۴
۳۰		تغییرات قوانین	۰/۶۸۴۲	۰/۱۰۳۶	۰/۵۰۷۲	۰/۰۳۵۹	۲۸	۰/۴۵۴۱	۲۹

روش سیستم استنتاج عصبی ـ فازی سازگار (ANFIS) برای ارزیابی ریسک‌ها مورد استفاده قرارگرفت. با بررسی میزان خطاها و همبستگی ریسک‌های مختلف، عملکرد مناسب روش ANFIS مشاهده شد. در نهایت با محاسبه‌ی میزان ریسک، مشخص شد که گروه ریسک فنی با ۰/۵۳۶۲ به عنوان بحرانی‌ترین و پرریسک‌ترین گروه تعیین شد. همچنین گروه ریسک محیطی /اجتماعی با ۰/۵۰۱۲ به عنوان کم اهمیت‌ترین ریسک شناسایی شد.

نتایج حاصل از این مطالعه ذی‌نفعان مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب را در انجام اقدامات مناسب برای غلبه و کاهش ریسک‌ها و تضمین موفقیت در پروژه‌های آینده تسهیل می‌کند. با توجه به این پژوهش، چارچوبی برای ارزیابی ریسک پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب ایجاد شده است و مدیران و مسئولان این حوزه به درک کامل از ماهیت ریسک‌های درگیر این پروژه‌ها خواهند رسید. شناسایی و ارزیابی ریسک‌ها در هر مرحله از ساخت

جدول ۹. مقایسه رتبه‌بندی گروه‌های ریسک با روش‌های FMEA و ANFIS.

گروه ریسک	FMEA		ANFIS	
	میزان ریسک	رتبه	میزان ریسک	رتبه
مدیریتی	۰/۰۸۴۸	۴	۰/۵۲۶۷	۵
محیطی/اجتماعی	۰/۰۶۱۳	۶	۰/۵۰۱۲	۶
مالی	۰/۱۰۴۹	۳	۰/۵۳۶۲	۳
فنی	۰/۱۱۶۳	۱	۰/۵۹۰۸	۱
عملیاتی	۰/۰۷۶۲	۵	۰/۵۲۸۵	۴
سیاسی/دولتی/اقتصادی	۰/۱۰۷۹	۲	۰/۵۴۲۸	۲

و ساز، می‌تواند مدیران را در برنامه‌ریزی و تصمیمات مناسب علیه این ریسک‌ها کمک کند.

این مطالعه نشان می‌دهد که مدیران پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب می‌توانند گروه‌های اصلی خطرات را با عوامل فرعی در نظر بگیرند. کمیته‌ی ارزیابی ریسک می‌تواند گروه‌های اصلی ریسک، عوامل فرعی ریسک را با توجه به زمینه‌یی که برای ارزیابی ریسک پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب را اصلاح، اضافه یا حذف کند. قدرت روش پیشنهادی در این مطالعه این است که به مدیران پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب و دست‌اندرکاران اجازه می‌دهد که رویکردی ساده و کارآمد نسبت به سایر روش‌های سنتی در ارزیابی ریسک به شیوه‌یی مناسب به کار گیرند.

به طور کلی، مزایای سیستم هوشمند طراحی شده در این پژوهش عبارت است از:

۱. ارزیابی ریسک بر اساس تعداد زیاد نظرات کارشناسان؛

۲. توانایی یادگیری از تجربه و دانش گذشته؛

۳. توانایی القای دانش به شرایط آینده با یادگیری و به روزرسانی خود؛

۴. قابلیت درخواست برای عوامل کمی و کیفی؛

۵. توانایی انجام تجزیه و تحلیل حساسیت و شناسایی ریسک‌های حیاتی؛

۶. توانایی استفاده از نتایج به دست آمده برای برنامه‌ریزی علمی جهت کنترل ریسک؛

۷. امکان استفاده از نتایج برای پیش‌بینی عوامل ریسک در پروژه‌های مشارکت دولتی ـ خصوصی انتقال و توزیع آب؛

۸. امکان استفاده از نتایج برای رتبه‌بندی ریسک‌ها؛

۹. درک مناسبی از موانع و ریسک‌های موجود ایجاد می‌کند و می‌تواند اهمیت و اولویت مواجهه با هر ریسک را روشن کند.

با چنین درکی، شرکت‌های بخش دولتی و خصوصی می‌توانند منابع خود را برای کنترل ریسک‌ها اختصاص داده و برنامه‌ریزی‌های مناسب را انجام دهند و با افزایش عملکرد این پروژه‌ها، بیشترین بازده را با کاهش تأثیر ریسک‌های این‌گونه پروژه‌ها داشته باشند.

به منظور بهبود و توسعه‌ی پروژه‌های PPP در آینده می‌توان چنین پژوهشی را در پروژه‌ها و صنایع دیگر نظیر پروژه‌های راه‌سازی، توزیع نفت و گاز و تولید انجام داد. از نظر موقعیت مکانی، اطلاعات این پژوهش از چند استان جمع‌آوری شده که این امر ممکن است در نحوه‌ی پاسخ‌دهی به سؤالات اثرگذار بوده و قابل‌تعمیم به مطالعات سطوح بالاتر و کشورهای دیگر نباشد. تجارب و درس‌های PPP انتقال و توزیع آب در کشورهای پیشرفته، می‌تواند در آینده مورد بررسی قرار گیرد به نحوی که در مصاحبه‌ها و نظرسنجی‌های ساختاری پرسش‌نامه می‌توان متخصصان بین‌المللی را مد نظر قرار داد. همچنین برای پژوهش های آتی می توان از روش های هوش مصنوعی اشاره شده در پژوهش های غفارنیا[۳۹] و یزدی و همکاران[۴۰] برای مقایسه نتایج بهره برد.

پانوشت‌ها

1. public-private partnerships (PPP)
2. fuzzy synthetic evaluation
3. artificial neural networks
4. analytical hierarchy process
5. risk analysis and management for critical asset protection
6. boot strap
7. internal rate of return
8. failure mode and effects analysis
9. risk priority number
10. occurrence
11. severity
12. detect
13. adaptive neuro fuzzy inference system
14. linear function
15. project management institute
16. center of area
17. best non-fuzzy performance
18. best membership function
19. root-mean-square deviation
20. mean absolute percentage error
21. mean square error
22. correlation coefficient

منابع (References)

1. Wu, X., Schuyler House, R. and Peri, R. "Public-private partnerships (PPPs) in water and sanitation in India: lessons from China". *Water Policy*, **18**(S1), pp.153-176 (2016).
2. Allen, D.E. ed. "Risk management in business". *MCB University Press*, pp.11-12 (1995).
3. Morallos, D. and Amekudzi, A. "The state of the practice of value for money analysis in comparing public private partnerships to traditional procurements". *Public Works Management & Policy*, **13**(2), pp.114-125 (2008).
4. Liu, J. and Wei, Q. "Risk evaluation of electric vehicle charging infrastructure public-private partnership projects in China using fuzzy TOPSIS". *Journal of Cleaner Production*, **189**, pp.211-222 (2018).

5. Grimsey, D. and Lewis, M.K. "Evaluating the risks of public private partnerships for infrastructure projects". *International journal of project management*, **20**(2), pp.107-118 (2002).

6. Liu, T., Wang, Y. and Wilkinson, S. "Identifying critical factors affecting the effectiveness and efficiency of tendering processes in public–private partnerships (PPPs): A comparative analysis of Australia and China". *International Journal of project management*, **34**(4), pp.701-716 (2016).

7. Roumboutsos, A. and Anagnostopoulos, K.P. "Public–private partnership projects in Greece: risk ranking and preferred risk allocation". *Construction Management and Economics*, **26**(7), pp.751-763 (2008).

8. Xu, Y., Yeung, J.F., Chan, A.P. and et al. "Developing a risk assessment model for PPP projects in China—A fuzzy synthetic evaluation approach". *Automation in construction*, **19**(7), pp.929-943 (2010).

9. Jin, X.H. "Neurofuzzy decision support system for efficient risk allocation in public-private partnership infrastructure projects". *Journal of Computing in Civil Engineering*, **24**(6), pp.525-538 (2010).

10. Ke, Y., Wang, S., Chan, A.P. and and et al. "Preferred risk allocation in China's public–private partnership (PPP) projects". *International Journal of Project Management*, **28**(5), pp.482-492 (2010).

11. Chan, A.P., Lam, P.T., Wen, Y. and et al. "Cross-sectional analysis of critical risk factors for PPP water projects in China". *Journal of Infrastructure Systems*, **21**(1), pp.14-31 (2015).

12. Rezaeenour, J., Mousavi-Saleh, M. and Kolahkaj, A.R. "Analyzing the risk factors of private–public partnerships for water supply projects using fuzzy synthetic evaluation: a case study of Iranian water supply projects". *Water Science and Technology: Water Supply*, **18**(3), pp.1005-1019 (2018).

13. Muhammad, Z. and Johar, F. "Critical success factors of public–private partnership projects: a comparative analysis of the housing sector between Malaysia and Nigeria". *International Journal of Construction Management*, **19**(3), pp.257-269 (2019).

14. Sheykhali, M. and Emamzadeh, S.S. "The study of risk management of water and wastewater facilities using combined method Aand R". *Sharif Journal of Civil Engineering*, **36**(2.2), pp.81-91 (In Persian) (2020).

15. Rafaat, R., Osman, H., Georgy, M. and et al. "Preferred risk allocation in Egypt's water sector PPPs". *International Journal of Construction Management*, **20**(6), pp.585-597 (2020).

16. Xue, Y. and Wang, G. "Analyzing the evolution of cooperation among different parties in river water environment comprehensive treatment public-private partnership projects of China". *Journal of Cleaner Production*, **270**, p.121118 (2020).

17. Nizkorodov, E. "Evaluating risk allocation and project impacts of sustainability-oriented water public–private partnerships in Southern California: A comparative case analysis". *World Development*, **140**, p.105232 (2021).

18. Amin-Tahmasbi, H. and Zarepour, M. "Identification and prioritizing risk of rural water and wastewater projects using multi-attribute decision making methods in fuzzy environment (case study: rural water and sewage projects in Guilan)". *Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab (in persian)*, **30**(6), pp.35-50 (In Persian) (2020).

19. Jokar, E., Aminnejad, B. and Lork, A. "Risk assessment and prioritization in projects with private public participation method based on combination of fuzzy multi-criteria decision-making techniques (case study: north freeway)". *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, **53**(3), pp.4-4 (In Persian) (2021).

20. Taheri, M. and Javid, Y. "Risk based modeling for evalution of insura NCE companies investment in public-private partnership in road construction". *Sharif Journal of Industrial Engineering and Management*. **37.1**1, pp 83-92 (In Persian) (2021).

21. Sagnak, M., Kazancoglu, Y., Ozen, Y.D.O. and and et al. "Decision-making for risk evaluation: integration of prospect theory with failure modes and effects analysis (FMEA)". *International Journal of Quality & Reliability Management*, **37**(6/7), pp.939-956 (2020).

22. Liu, H.C., Liu, L. and Liu, N. "Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: A literature review". *Expert systems with applications*, **40**(2), pp.828-838 (2013).

23. Hu, Y.P., You, X.Y., Wang, L. and and et al. "An integrated approach for failure mode and effect analysis based on uncertain linguistic GRA–TOPSIS method". *Soft Computing*, **23**(18), pp.8801-8814 (2019).

24. Baghery, M., Yousefi, S. and Rezaee, M.J. "Risk measurement and prioritization of auto parts manufacturing processes based on process failure analysis, interval data envelopment analysis and grey relational analysis". *Journal of Intelligent Manufacturing*, **29**(8), pp.1803-1825 (2018).

25. McPherson, S., Reese, C. and Wendler, M.C. "Methodology update: Delphi studies". *Nursing research*, **67**(5), pp.404-410 (2018).

26. Asselin, M. and Harper, M. "Revisiting the delphi technique: implications for nursing professional development". *Journal for Nurses in Professional Development*, **30**(1), pp.11-15 (2014).

27. Keeney, S., Hasson, F. and McKenna, H. "The Delphi technique in nursing and health research", *John Wiley and Song*, pp.7-23 (2011).

28. Creswell, J.W. and Poth, C.N. *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches.* Sage publications, pp.86-91 (2016).

29. Rezvani, S., Heidari, S., Roustapisheh, N. and et al. "The effectiveness of system quality, habit, and effort expectation on library application use intention: the mediating role of perceived usefulness, perceived ease of use, and user satisfaction", *International Journal of Business Information Systems*, pp.1-18 (2022).DOI.org/10.1504/IJBIS.2022.10049515

30. Jang, J.S. "ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system". *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, **23**(3), pp.665-685 (1993).

31. Kar, S., Das, S. and Ghosh, P.K. "Applications of neuro fuzzy systems: A brief review and future outline". *Applied Soft Computing*, **15**, pp.243-259 (2014).
32. Takagi, T. and Sugeno, M. "Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control". *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, **15**(1), pp.116-132 (1985).
33. Guide, A. "Project management body of knowledge (pmbok® guide)". *In Project Management Institute*, **11**, pp.7-8 (2001).
34. Amiri, O., Ayazi, A., Rahimi, M. and et al. "Risks of water and wastewater PPP projects: an investors' perspective". *Construction Innovation*, **22**(4), pp.1104-1121 (2021).
35. Ebrat, M. and Ghodsi, R. "Construction project risk assessment by using adaptive-network-based fuzzy inference system: An empirical study". *KSCE Journal of Civil Engineering*, **18**(5), pp.1213-1227 (2014).
36. Kirkire, M.S., Rane, S.B. and Jadhav, J.R. "Risk management in medical product development process using traditional FMEA and fuzzy linguistic approach: a case study". *Journal of Industrial Engineering International*, **11**(4), pp.595-611 (2015).
37. Seiti, H., Hafezalkotob, A. and Martinez, L. "R-number a new risk modeling associated with fuzzy numbers and its application to decision making". *Information Sciences*, **483**, pp.206-231 (2019).
38. Zhao, R. and Govind, R. "Algebraic characteristics of extended fuzzy numbers". *Information sciences*, **54**(1-2), pp.103-130 (1991).
39. Ghaffar Nia, N., Kaplanoglu, E. and Nasab, A."Evaluation of artificial intelligence techniques in disease diagnosis and prediction", *Discover Artificial Intelligence*, **3**(1), p.5 (2023). DOI.org/10.1007/s44163-023-00049-5
40. Yazdi, M.R.T., Mozaffari, M.M., Nazari-Shirkouhi, S. and et al. "Integrated fuzzy DEA-ANFIS to measure the success effect of human resource spirituality", *Cybernetics and Systems*, **49**(3), pp.151-169 (2018).