تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی/جلد ۲۲/ شماره ۸۳/ تابستان ۱۴۰۰/ص ۸۲-۵۹

نوع مقاله: علمی - پژوهشی

اولویت‌بندی احداث سازه‌های آبیاری با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و ساختار شکست PMBok در شرایط عدم اطمینان

محمدرضا شهرکی[1*] و مصطفی درخشیده[2]

۱ و ۲- به ترتیب: استادیار؛ و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۲۳

چکیده

سرمایه‌های عظیمی در توسعه منابع آب برای احداث سیستم‌های ذخیره و انتقال آب شبکه‌های آبیاری کشاورزی به کار گرفته می‌شود. از آنجاییکه هر پروژه بر حسب منطقه و مکان جغرافیایی منحصر بفرد می‌باشد. در هنگام اجرای پروژه ریسک‌های بالقوه شناسایی نشده‌ای بوجود می‌آیند، به طور قطع نمی‌توان یک برآورد مالی نسبتاً دقیقی را محاسبه نمود. همچنین وجود این ریسک‌ها باعث هدر رفت در سرمایه‌گذاری می‌شود. از اقدامات موثری که برای کم کردن این استهلاک می‌توان انجام داد، مدیریت ریسک است. مدیریت ریسک در استاندارد PMBOK دربرگیرنده شناسایی ریسک‌ها براساس نظرات کارشناسی و رتبه‌بندی ریسک برمبنای دو معیار احتمال وقوع و شدت تأثیر است. آبیاری کشاورزی دشت سیستان که از سازه‌های مختلفی جهت ذخیره آب و آبیاری مزارع استفاده می‌نماید جهت مطالعه موردی در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته شده است. در این تحقیق از روش دلفی، برای شناسایی ریسک‌ها و از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به رتبه‌بندی آن‌ها پرداخته شده است که ریسک‌های شرایط جوی و عدم تعهد در انجام کار دقیق اجرای سازه‌های آبیاری با کیفیت تعریف شده، بالاترین امتیاز را به خود تخصیص داده‌اند. در ادامه برای اولویت‌بندی چندین پروژه در منطقه سیستان با در نظر گرفتن ریسک‌های شناسایی شده، از روش ویکور استفاده شده که نتایج نشان می‌دهد احداث سازه‌های ابیاری تحت فشار رتبه اول، احداث ایستگاه پمپاژ و لوله کشی خط انتقال رتبه دوم، اجرای سازه‌های آبیاری گلخانه‌ای رتبه سوم و سازه‌های ابیاری کانال بتنی رتبه چهارم را جهت اجرا با کمترین هزینه ریسک در این منطقه را به خود اختصاص دادند.

واژه‌های کلیدی

اعداد راف، روش ویکور، روش AHP، فرآیند دلفی، مدیریت ریسک

مقدمه

بازده سرمایه‌گذاری در ساخت و بهره برداری از سازه‌های آبیاری در دراز مدت حاصل می‌شود. این دسته از پروژه‌ها شامل ذینفعان متعددی است و مجموعه این پروژه‌ها از عوامل زیادی تاثیر می‌پذیرند. مدیریت این پروژه‌ها دشوار و پیچیده بوده و نیاز به هماهنگی‌های متعددی دارد (Fouladgar *et al.*, 2016). همچنین محدودیت

* نگارنده مسئول: Email: mr.shahraki@eng.usb.ac.ir

http://doi: 10.22092/idser.2021.353203.1456

منابع آب، ضرورت افزایش سرمایه‌گذاری در بخش‌های آبیاری و زهکشی را دو چندان می‌کند (Piri & Ansari, 2008). از مهمترین مسائل شرکت‌ها انتخاب پروژه‌های با کمترین ریسک و هدر رفت هزینه می‌باشد و ساخت سازه‌های ذخیره و آبیاری، هم در مرحله اجرا و هم بهره‌برداری دارای پارامترهای غیر قطعی می‌باشند (Zahraei *et al.*, 2016). عدم قطعیت‌ها در این پروژه‌ها باعث ایجاد ریسک و بروز مشکلاتی در اجرای پروژه، برآورد هزینه، کیفیت و بهره‌وری پروژه و هم‌چنین به تعویق افتادن آن می‌گردد لذا شناسایی عدم قطعیت‌ها و تجزیه و تحلیل ریسک‌ها نقش بسزایی در رسیدن پروژه به اهدافش دارد (Kolahan *et al.*, 2014).

مدیریت و کنترل ریسک‌ها براساس استاندارد PMBOK و نمودار احتمال- اثر[1] یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای مقابله با ریسک است که می‌توان انجام داد (Sabzehpour, 2012). شدت و دامنه تاثیر ریسک‌های مختلف در مراحل مختلف ایجاد و بهره‌برداری از سازه‌های آبیاری بر اولویت‌بندی آن‌ها تاثیر زیادی داشته و از اهمیت برخوردار است (Shahraki & Jamali Moghadam, 2016). برای غربالگری و شناسایی ریسک‌ها می‌توان از فرآیند دلفی کمک گرفت. روش دلفی برای مواردی که قضاوت و نظرات خبرگان دارای اهمیت می‌باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرد این روش دارای ساختار پیش‌بینی و کمک به تصمیم‌گیری در طی چندین مرحله می‌باشد که در نهایت منجر به جمع‌آوری و تجمیع اطلاعات می‌گردد (Kazazi & Faizi Rad, 2014). برخی از نظرات و قضاوت‌های خبرگان و تصمیم‌گیرندگان به صورت مجموعه‌ای از داده‌های کیفی، غیرقطعی و گاهی ناکامل می‌باشد (Amiri, 2010). بنابراین برای آنکه بتوان عدم قطعیت و ابهام داده‌های کیفی را در تصمیم‌گیری‌ها در نظر گرفت، تئوری مجموعه اعداد راف رویکرد مناسبی را ارائه می‌دهد (Shahraki & Jamali Moghadam, 2016). تئوری مجموعه اعداد راف به عنوان یک ابزار محاسباتی جدید برای برخورد با شرایط مبهم و عدم قطعیت شناخته می‌شود که می‌تواند برای تحلیل اطلاعات غیردقیق و ناکامل به کار گرفته شود (Zhai *et al.*, 2012). برای رتبه‌بندی و اولویت‌بندی پروژه‌ها از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده می‌شود. تصمیم‌گیری چند معیاره ابزار کاربردی برای تعیین بهترین جواب از میان چندین گزینه با چندین معیار است (Ataiee, 2010). روش ویکور یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که می‌تواند رتبه‌بندی و اولویت‌بندی پروژه را با معیارهای متفاوت مشخص کند. مزیت مدل ویکور در این است که الزاما در این مدل جهت ارزیابی گزینه‌ها براساس معیارها، نیازی به استفاده از نظرات کارشناسان نیست بلکه می‌توان از داده‌های خام استفاده نمود و هر گزینه به صورت مستقل براساس هر معیار ارزیابی می‌شود (Rezaei & Ghaybdoost, 2016). محققان مختلفی با ابزارها و روش‌های متنوعی با توجه به تنوع سازه‌ها و ریسک‌ها به ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌ها پرداخته‌اند. جعفرنژاد و یوسفی زنوز (Jafarnejad & Yousefi Zanooz, 2008) در پژوهش خود به ارائه مدل فازی جهت شناسایی و رتبه‌بندی دقیق ریسک‌های حاکم بر یک پروژه پرداختند و امکان برنامه‌ریزی و طراحی یک برنامه مناسب جهت پاسخگویی و مدیریت ریسک در پروژه را برای اجرای موفق را فراهم نمودند. امیدوار و نیرومند (Omidvar & Nirumand, 2017) در تحقیق خود به ارزیابی ریسک با استفاده از روش FMEA مبتنی بر اصول تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)، منطق فازی و تئوری خاکستری پرداختند. آن‌ها مشکل یکسان بودن وزن‌های مربوط به ریسک فاکتورها، عدم قطعیت موجود در داده‌ها (نظرات متخصصین) و

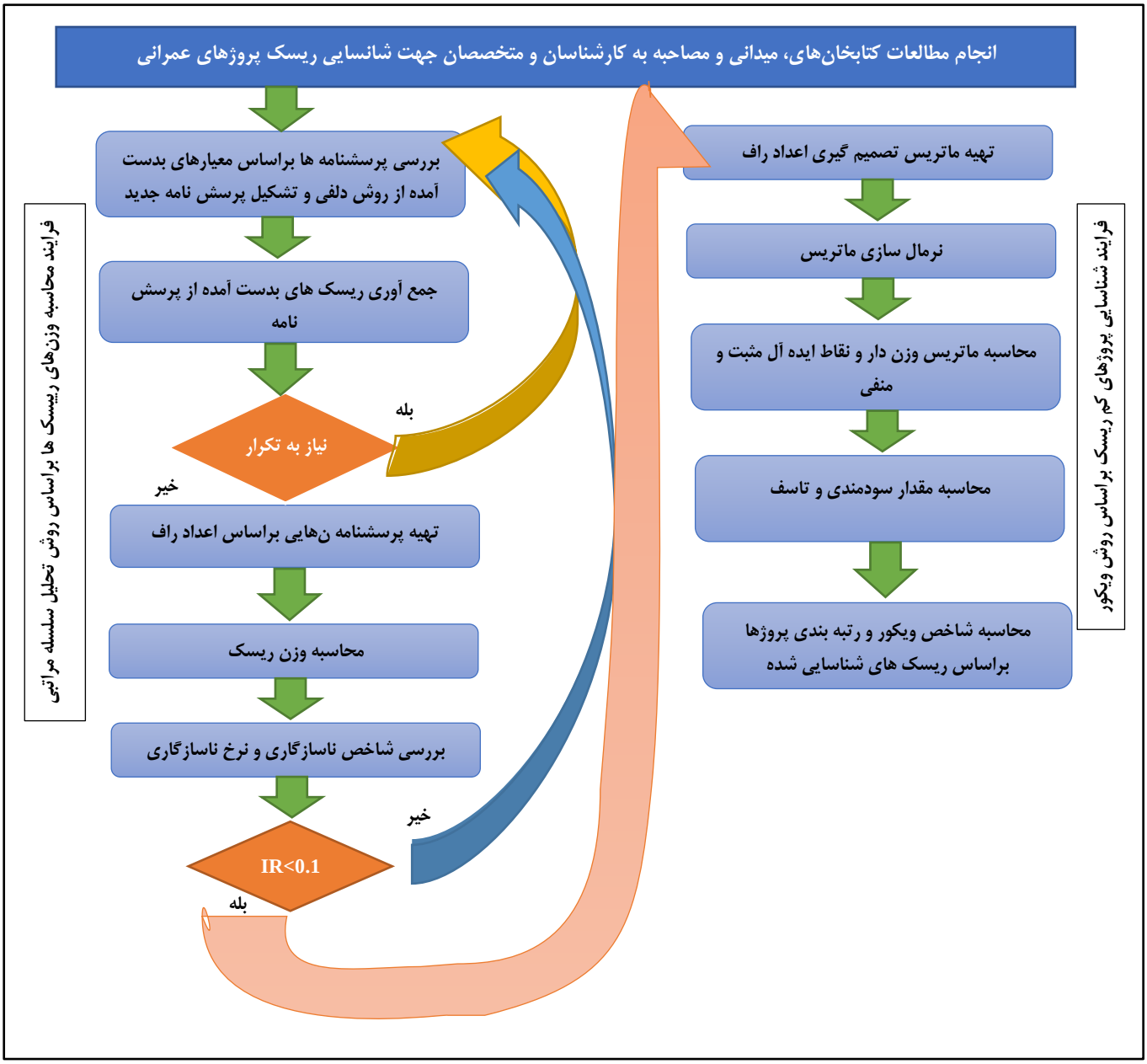
1- Probability-effect

اولویت‌بندی حالت‌های شکست را حذف نمودند. مجتبی شفیعی و همکاران (Shafiee Nikabadi *et al.*, 2016) پژوهش خود به توسعهٔ مدلی برای ارزیابی و رتبه‌بندی پروژه‌های عمرانی با توجه به احتمال وقوع ریسک و تأثیر آن در عملکرد پرداختند. الفت و همکاران (Ulfat *et al.*, 2016) به شناسایی و اولویت‌بندی ریسک پروژه بر مبنای استاندارد PMBOK با رویکرد فازی پرداختند. آن‌ها مهمترین ریسک‌های پروژه‌های ساخت تقاطع غیر همسطح را وقوع حوادث غیر مترقبه، عدم دقت در قالب‌بندی و احتمال انحراف قالب از موقعیت تعیین شده عنوان نمودند. شهرکی و جمالی مقدم (Shahraki & Jamali Moghadam, 2016) در پژوهش خود توسعه مدلی برای ارزیابی ریسک پروژه‌های ساخت مبتنی بر تئوری مجموعه اعداد راف را ارائه نمودند که شایستگی تئوری اعداد راف در رویارویی با ابهام و توانایی روش ویکور گروهی در مدل‌سازی و ارزیابی ریسک را با هم ترکیب می‌کند. اردستانی و همکاران (Ardestani *et al.*, 2013) در تحقیق خود به مدیریت بهینه آب کشاورزی از طریق ارزیابی یک سری مشخصه‌های پایداری و فراهم آوردن امکان مشارکت ذینفعان در فرآیند ارزیابی پروژه‌ها با روش (Topsis) پرداختند. طهماسبی و همکاران (Tahmasbi *et al.*, 2017) به ارزیابی و شناسایی ریسک‌های پروژه سد شفارود با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی ادغامی از سه روش تصمیم‌گیری، به رتبه‌بندی ریسک پروژه پرداختند. نخعی و همکاران (Nakhaei *et al.*, 2017) به ارزیابی و تهدیدات احتمالی مربوط به پروژه سدها، مخازن به همراه ایستگاه پمپاژ تصیه خانه‌ها و کانال‌های بتنی آب‌رو با استفاده از روش RAMCAP پرداختند. در یک ارزیابی از تحقیقات مشخص شد که یک ساختار جامع از بررسی ریسک‌ها در انتخاب پروژه‌های ذخیره و آبیاری براساس حوزه‌های مدیریت ریسک و تصمیم‌گیری ادغامی با روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و ویکور صورت نگرفته است.

مواد و روش‌ها

مدیریت ریسک پروژه شامل فرآیند برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، شناسای ریسک، تحلیل، برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک‌ها، نظارت و کنترل کل پروژه است. اهداف مدیریت ریسک پروژه شامل افزایش احتمال و تاثیر وقایع مثبت و کاهش احتمال و تاثیر وقایع منفی در پروژه است. مدیریت ریسک دارای فرایندی سیستماتیک و رو به جلو است. این فرایند دارای الگوریتمی یک مرحله‌ای نیست، بلکه چرخه فرآیند به تعدد طی می‌شود و در هر چرخه بهبود حاصل می‌شود و برنامه مدیریت ریسک بهنگام می‌شود. مدیریت ریسک با هدف بیشینه نمودن احتمال وقوع نتایج مثبت و کمینه نمودن احتمال وقوع نتایج منفی که اثر نامطلوب بر اهداف پروژه می‌گذارد، انجام می‌شود. فرایند مدیریت ریسک در طول پروژه بارها تکرار می‌شود و یک فرایند دوره‌ای است که نتایج هر دوره مکمل اطلاعات گذشته و راهنمای دوره بعدی است (Sabzehpour, 2012). دشت سیستان طی چندین سال متوالی به سبب کمبود بارش باران و البته عدم رهاسازی آب از طرف کشور همسایه افغانستان، باعث خشک شدن دریاچه‌هامون شده است که تغییرات عمده‌ای در اقلیم کشاورزی و مهاجرت انسانی رخ داده است. با توجه به این رویکرد نیاز بهینه سازی آب مصرفی در این دشت به شدت احساس می‌گردد (Ahrariroudi, 2018). ریسک‌های موثر در پروژه‌های آبیاری، شامل ریسک‌های محیطی، رفتاری، کارایی سازمانی، مالی و انسانی می‌باشد. ریسک‌های محیطی عبارتند از کاهش شدت و تکرار حادثه، به حداقل رساندن خسارت به اکوسیستم‌ها، تأمین شرایط ایمن برای

محیط و تهیه و تدوین قوانین و مقررات مرتبط (Darvishi *et al.*, 2015). همچنین ریسک‌های رفتاری در پروژه‌ها شامل از بین رفتن تعهدات کاری بین افراد و نادیده گرفتن جایگاه افراد و ذیربط به دلایل مختلف، ریسک‌های سازمانی در پروژه‌های آبیاری شامل عدم هماهنگی بین سازمان‌های آب منطق‌های با دیگر ارگان‌ها می توان ذکر کرد، بخش دیگر از ریسک‌های پروژه در طرح پروژه‌های آبیاری هزینه و نیروی انسانی است که از دلایل بروز ریسک می‌باشد(Alamatian *et al.*, 2018). مدیریت ریسک می‌تواند کمکی در این زمینه باشد. مدل مفهومی شناسایی ریسک‌ها و سنجش آن‌ها و همچنین ارزیابی ریسک‌های سازه‌های آبیاری، جهت رتبه‌بندی آن‌ها در شکل ۱ نمایش داده شده است.

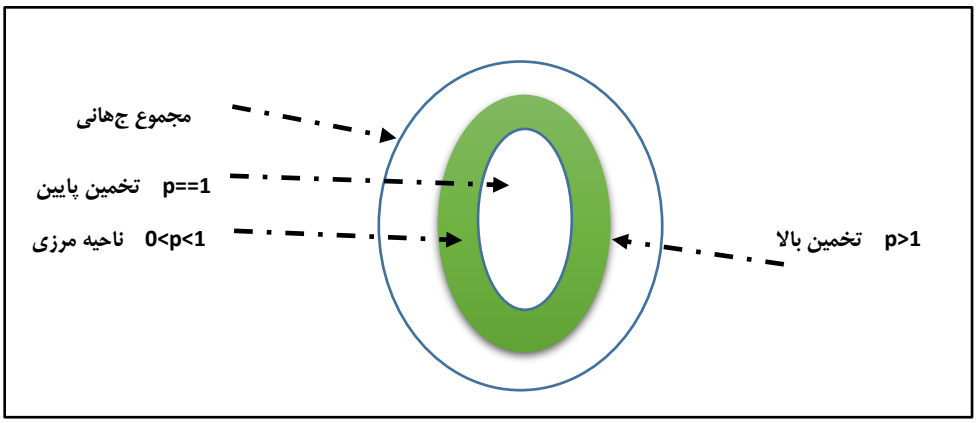


شکل ۱-مراحل پژوهش

Fig. ۱-Research steps

تئوری اعداد راف

برای ارزیابی، رتبه‌بندی و تصمیم‌گیری در مورد ریسک‌ها، پاسخ‌های کیفی پرسش شوندگان را می‌توان به وسیله تئوری مجموعه اعداد راف بصورت کمی نشان داد. تئوری مجموعه اعداد راف به بررسی اطلاعات مبهم و ذهنی بدون هیچ پیش فرضی می‌پردازد. در تئوری مجموعه راف هر مفهوم مبهم می‌تواند به شکل یک جفت از مفاهیم دقیق بر پایه تخمین بالا و تخمین پایین ارائه شود که در شکل ۲ نشان داده شده است (Pawlak, 2012).



شکل۲- نمایش مفاهیم مربوط به تئوری مجموعه اعداد راف (پاولاک، ۲۰۱۲)

Fig. 2- Demonstration of concepts related to the theory of rough set numbers (Pavlak, 2012)

مزیت اصلی تئوری راف این است که به اطلاعات اضافی داده‌ها نظیر تابع احتمال و توابع عضویتی که در نظریه فازی نیاز است، نیاز ندارد. تئوری راف با مجموعه‌ها و روابط بین آن‌ها سروکار دارد (Pawlak, 2012). هدف اصلی از تحلیل مجموعهٔ راف بدست آوردن مفاهیم تقریبی از داده‌های اکتسابی می‌باشد. به‌طور کلی دلیل استفاده از این تئوری و ترجیح آن نسبت به تئوری مجموعه‌های فازی در مقابله با عدم اطمینان داده‌ها را به سه دسته می‌توان خلاصه نمود ۱-اجتناب از انتخاب غرض‌ورزانه. ۲-مجموعه‌های فازی به‌تنهایی قادر به مقابله با اطلاعات ناسازگار نمی‌باشند. ۳- نسبت به منطق فازی در فرایند محاسبه از پیچیدگی کمتری برخوردار است (Sodhis et al.,2014). فرض کنید که R یک مجموعه n عضوی از نظرات کیفی بوده $R = \{C_1.C_2.\cdots.C_n\}$، و $C_1 < C_2 < \cdots < C_n$ و Y یک مجموعه از اعضا دلخواه U است. تخمین پایین C_i، بوسیله $(\underline{Apr}(C_i))$، تخمین بالای C_i، بوسیله $(\overline{Apr}(C_i))$ و منطقه مرزی، $(Band(C_i))$ به صورت روابط ۱ تا ۳ تعریف می شوند.

تخمین پایین C_i

$$\underline{Apr}(C_i) = U\{Y \in U/R(Y) \leq C_i\} \qquad (۱)$$

تخمین بالا C_i

$$\overline{Apr}(C_i) = U\{Y \in U/R(Y) \geq C_i\} \qquad (۲)$$

منطقه مرزی C_i

$$Bnd(C_i) = U\{Y \in U/R(Y) \neq C_i\} = \{Y \in U/R(Y) > C_i\} \cup U\{Y \in U/R(Y) < C_i\} \qquad (۳)$$

بنابراین، عضو C_i می‌تواند توسط یک عدد راف نمایش داده شود که حد پایین آن $\underline{lim}(C_i)$ و حد بالای آن $\overline{lim}(C_i)$ به صورت روابط ۴ و ۵ تعریف شده است (Song *et al*., 2016).

$$\underline{lim}(C_i) = \frac{1}{N_L}\sum R(Y)\left|Y \in \underline{Apr}\,(C_i)\right. \quad (۴)$$

$$\overline{lim}(C_i) = \frac{1}{N_U}\sum R(Y)\left|Y \in \overline{Apr}\,(C_i)\right. \quad (۵)$$

N_U و N_L به ترتیب تعداد اعضایی که در تخمین بالا و تخمین پایین C_i قرار گرفته‌اند را نشان می‌دهند. قضاوت انسانی در شکل عدد راف و فاصله منطقه مرزی توسط معادلات ۶ و ۷ بیان شده است:

عدد راف

$$RN(C_i) = \left[\overline{lim}(C_i)\,.\,\underline{lim}(C_i)\right] \quad (۶)$$

فاصله منطقه مرزی

$$IBR(C_i) = \overline{lim}(C_i) - \underline{lim}(C_i) \quad (۷)$$

عملیات ریاضی در مجموعه اعداد راف توسط روابط ۸ تا ۱۰ بیان شده است:

$$RN_1 + RN_2 = (L_1.U_1) + (L_2.U_2) = (L_1 + L_2\,.\,U_1 + U_2) \quad (۸)$$

$$RN_1 \times K = (L_1.U_1) \times K = (KL_1.KU_1) \quad (۹)$$

$$\mathrm{RN_1} \times \mathrm{RN_2} = (\mathrm{L_1.U_1}) \times (\mathrm{L_2.U_2}) = (\mathrm{L_1} \times \mathrm{L_2}\,.\,\mathrm{U_1} \times \mathrm{U_2}) \quad (۱۰)$$

که در آن،

$RN_1 = (L_1.U_1)$ و $RN_2 = (L_2.U_2)$ دو عدد راف هستند و K عدد ثابت است که $K \neq 0$.

عملیات راف زدایی[1] اعداد راف و تبدیل آن‌ها به عدد حقیقی با کمک رابطه ۱۱ انجام می‌گردد (Song *et al*., 2016).

$$RD_i = (1-\lambda)\underline{lim}(C_i) + \lambda\,\overline{lim}(C_i) \quad (۱۱)$$

که در آن،

λ = شاخص خوش بینی$(0 \leq \lambda \leq 1)$.

اگر تصمیم‌گیرندگان خوش بین باشند، مقدار λ بزرگتر از ۰/۵ انتخاب می‌شود. اگر تصمیم گیرندگان بدبین باشند، مقدار λ باید مقداری کوچکتر از ۰/۵ انتخاب شود. اگر تصمیم گیرندگان گرایشی میانه داشته باشند، به عبارت دیگر نه خوش بینانه و نه بدبینانه، برای λ مقدار مشخص ۰/۵ انتخاب می‌شود (Song *et al*., 2016).

تحلیل کیفی ریسک‌ها براساس روش سلسله مراتبی

در فرایند تحلیل کیفی ریسک، ریسک‌ها از نظر میزان اثرات بالقوه، اولویت‌بندی می‌شوند. از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای رتبه‌بندی استفاده می‌شود. روش AHP در سه سطح به تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری می‌پردازد. اجزا در هر سطح سلسه مراتب، به صورت زوجی با هم مقایسه می‌شوند تا ترجیح نسبی هر یک از آن‌ها در راستای اهداف تعیین گردد. محاسبه وزن در روش AHP، به دو صورت وزن نسبی و وزن نهایی می‌باشد. وزن نسبی از ماتریس مقایسات زوجی به دست می‌آید، در حالی که وزن نهایی، رتبه‌بندی نهایی هر گزینه می‌باشد که از تلفیق وزن‌های نسبی بدست می‌آید. برای اینکار ابتدا عناصر به صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس مقایسات زوجی تشکیل می‌گردد. در

1- Deportation Ruff

ماتریس مقایسات زوجی (y_{ij}) ترجیح عنصر iام نسبت به عنصر jام را بیان می‌کند.

برای انجام گام‌های AHP پس از مشخص شدن گزینه‌ها و معیارها، برای هر معیار، بین گزینه‌ها مقایسات زوجی انجام می‌شود. برای محاسبات ماتریس مقایسات زوجی، مقیاس ۱ تا ۹ را که در جدول ۱ مشخص شده است، به کار می‌رود تا اهمیت نسبی هر عنصر نسبت به عناصر دیگر، در رابطه با آن معیار تعیین گردد (Qudosipour, 2016).

جدول۱- درجه بندی مقایسات زوجی(قدسی پور، ۱۳۹۲)

Table 1- Grading of pairwise comparisons (Ghodsipour, 2013)

شرح	تعریف	درجه
دو عنصر اهمیت یکسان داشته باشند	اهمیت یکسان	۱
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر نسبتاً برتر باشد	نسبتا برتر	۳
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر زیاد برتر باشد	برتری زیاد	۵
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر بسیار زیاد برتر باشد	برتری خیلی زیاد	۷
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر فوق العاده زیاد برتر باشد	برتری فوق العاده زیاد	۹
ارزش بینابین در قضاوت		۲،۴،۶،۸

هنگامی که عنصر i با عنصرj مقایسه می‌شود، یکی از اعداد بالا به آن اختصاص داده می‌شود و در مقایسه عنصر j با i معکوس آن تخصیص داده می‌شود ($y_{ij} = \frac{1}{y_{ji}}$).

ماتریس مقایسات زوجی بصورت رابطه ۱۲ بیان می‌شود.

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} \end{bmatrix} \quad Y = [y_{ij}] \quad i,j = 1,2,3,\dots,n \qquad (۱۲)$$

هنگامی که ماتریس مقایسات زوجی تشکیل گردید (دارای n سطر و n ستون) وزن هر گزینه توسط روابط ۱۳ و ۱۴و ۱۵محاسبه می‌گردد.

$$\overline{x_{ij}} = \overline{y_{ij}} / \sum_{i=1}^{n} \overline{y_{ij}} \qquad (۱۳)$$

$$\underline{x_{ij}} = \underline{y_{ij}} / \sum_{i=1}^{n} \underline{y_{ij}} \qquad (۱۴)$$

که X_{ij} درآیه ماتریس نرمال شده مقایسات زوجی را نشان می‌دهد.

$$K_i = \left(\sum_{j=1}^{n} \frac{X_{ij}}{N} \right) \qquad (۱۵)$$

و K_i عنصر سطر iام ماتریس وزن معیارها و N تعداد معیارها را بیان می‌کند (Qudosipour, 2016).

در گام بعدی هر درایه از ماتریس مقایسات زوجی را به حاصل جمع ستون آن درایه تقسیم تا ماتریس مقایسات زوجی نرمال‌سازی شود و در ادامه با استفاده از میانگین حسابی می‌توان بردار وزن معیارها (K) را محاسبه نمود.

ماتریس تصمیم‌گیری گزینه‌ها (Z)، یک ماتریس m*n می‌باشد که در آن m تعداد گزینه‌های مورد ارزیابی و n تعداد معیارها می‌باشد. z_{ij} درآیه سطر iام و ستون jام این ماتریس است که معرف درجه

اهمیت گزینه‌ی iام در مقایسه با سایر گزینه‌های مورد بررسی نسبت به معیار jام می‌باشد. برای بدست آوردن درآیه‌های این ماتریس از رابطه ۱۶ استفاده می‌شود.

$$z_{ij} = \left(\sum_{j=1}^{m} \frac{X_{ij}}{M} \right) \qquad (۱۶)$$

که در آن،

z_{ij} = عنصر سطر iام؛ و ستون jام= ماتریس تصمیم گیری و M= تعداد گزینه‌ها.

برای بدست آوردن جدول نهایی رتبه‌بندی گزینه‌ها از رابطه ۱۷ استفاده می‌شود. دو ماتریس تصمیم‌گیری گزینه‌ها و وزن نهایی معیارها، در یکدیگر ضرب گردیده تا ماتریس نهایی m*1 حاصل گردد. که در آن m تعداد گزینه‌ها می‌باشد (Qudosipour, 2016).

(۱۷) ماتریس وزن نهایی ریسک‌ها × ماتریس وزن معیارها = ماتریس درجه اهمیت ریسک

روش دلفی

روش دلفی بدلیل تعاملات چندگانه‌ای که بین متخصصان و کارشناسان برقرار می‌کند، می‌تواند پراکندگی نظرات متخصصان و کارشناسان را کمتر نماید (Alizadeh, 2014). در این روش، پرسشنامه‌ای برای شناسایی ریسک‌ها بین متخصصین و کارشناسان پروژه توزیع می‌شود. سپس پاسخ‌ها جمع‌بندی شده و براساس آن‌ها، پرسشنامه جدیدی طراحی و مجدداً برای متخصصین و کارشناسان پروژه ارسال می‌گردد. دفعات تکرار ارسال پرسشنامه معمولا بین ۳ تا ۵ بار است. ولی تصمیم در مورد تعداد تکرارها بسته به نوع سوالات آغازین دارند و همچنین بستگی به این دارد که معیاری اضافه نشود. این روش باعث کاهش خطا شده و به یک توافق گروهی می‌انجامد. پرسش‌نامه‌ها در این تحقیق براساس تحقیق میدانی، کتابخانه‌ای و مصاحبه با مدیران ارشد پروژه‌ها تهیه شده است. برای استفاده از روش دلفی ابتدا محدوده پروژه مشخص و سپس گروهی متشکل از چندین کارشناس از گروه نظارت و پیمانکار و همچنین اساتید و متخصص دانشگاهی برای اجرای روش دلفی برای شناسایی ریسک‌های پروژه، تشکیل می‌گردد برای جمع‌آوری اطلاعات جهت شناسایی ریسک‌های پروژه، ابتدا پرسشنامه اولیه براساس شاخص‌های عوامل طبیعی، عوامل رفتاری و عوامل ساختاری با سوالات باز و دامنه آزاد، برای شناسایی کلی پروژه و محدوده کار تهیه و در بین گروه متخصصین (به جز متخصصین دانشگاهی) توزیع می‌گردد. با توجه به نتایج پرسشنامه‌های اول و دوم، و با توجه به حذف معیارهای غیر مهم در طیف لیکرت ۵ تایی، در صورتیکه میانگین شاخصی زیر ۳ باشد آن شاخص حذف می گردد. در ادامه سوالات پرسشنامه سوم براساس استاندارد PMBOK تهیه می‌شود بعد از بررسی نتایج دور سوم، دور چهارم توزیع پرسشنامه نیز اجرا خواهد شد. و با توجه به نتایج اخذ شده در مرحله چهارم، فرآیند دلفی متوقف یا ادامه می‌یابد (Alizadeh, 2014).

محاسبه ارزیابی ریسک‌های پروژه‌ها با روش ویکور توسعه یافته با اعداد راف

روش ویکور براساس برنامه‌ریزی توافقی در مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره است و مسائل را طوری دسته‌بندی می‌نماید که فرد تصمیم‌گیرنده قادر به شناسایی و بیان برتری یک گزینه از بین گزینه‌ها است (Ataiee, 2010). این روش به منظور

رتبه‌بندی و یافتن بهترین گزینه از میان گروهی از گزینه‌ها تمرکز داشته و راه‌حل‌های مصالحه آمیز را پیشنهاد می‌کند و قادر به ایجاد جواب‌های سازشی برای یک مسئله با معیارهای مختلف می‌باشد (Zahraei *et al.*, 2016). روش ویکور حداکثر بهره‌وری گروه "اکثریت" و حداقل تأسف فردی "مخالف" را فراهم می‌کند و راه حل توافقی به دست آمده می‌تواند به راحتی توسط تصمیم گیرندگان پذیرفته شود (Rezaei & Ghaybdoost, 2016).

مفروضات مسئله شامل n معیار برای تصمیم گیری و m گزینه برای انتخاب است. در روش ویکور برای انتخاب گزینه بهتر گام‌های ذیل انجام می‌شود (Shafiee Nikabadi *et al.*, 2016):

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم

ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری طبق رابطه ۱۸ تشکیل می‌گردد. مقادیر درآیه‌های این ماتریس با استفاده از پرسشنامه‌ای که در اختیار کارشناسان قرار گرفته است، تعیین می‌شود. سطرها (m) نشان دهنده گزینه‌ها(پروژه‌های در حال بررسی) و ستون‌ها (n) نشان دهنده معیارها یا همان ریسک‌های شناسایی شده پروژه‌ها می‌باشد.

$$\boldsymbol{D} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{x_{11}} & \cdots & \boldsymbol{x_{1n}} \\ \boldsymbol{x_{21}} & \cdots & \boldsymbol{x_{2n}} \\ \cdot & \cdots & \cdots \\ \cdot & \cdot\cdot & \cdots \\ \boldsymbol{x_{m1}} & \cdots & \boldsymbol{x_{mn}} \end{bmatrix} \qquad (۱۸)$$

که در آن،

$\boldsymbol{x_{ij}}$ =عملکرد گزینه؛ i = در رابطه با معیار j.

گام دوم: بی‌مقیاس نمودن ماتریس تصمیم(نرمال سازی)

معمولا معیارهای ارزیابی گزینه‌ها دارای ابعاد، اندازه و مقیاس‌های متفاوتی نسبت به هم هستند. به منظور جلوگیری از مشکلات ناشی از متفاوت بودن معیارها، مقادیر ارزیابی گزینه‌ها براساس معیارها با استفاده از روابط ۱۹ و ۲۰ به بی بعد تبدیل می‌شوند. اگر معیاری از نوع سود (مثبت) باشد، مقادیر ماتریس تصمیم بی‌مقیاس مربوط به آن از رابطه ۱۹ بدست می‌آید. همچنین اگر معیاری از نوع زیان (منفی) باشد، مقادیر ماتریس تصمیم بی مقیاس مربوط به آن از رابطه ۲۰ محاسبه می‌شود. در نهایت ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده $\overline{\boldsymbol{D}}$ از رابطه ۲۱ محاسبه می‌گردد.

$$\overline{x_{ij}} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} {x_{ij}}^2}} \quad \boldsymbol{j = 1, 2, 3, \dots, n} \qquad (۱۹)$$ معیار مثبت

$$\overline{x_{ij}} = \frac{\frac{1}{x_{ij}}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} \frac{1}{x_{ij}}}} \quad \boldsymbol{j = 1, 2, 3, \dots, n} \qquad (۲۰)$$ معیار منفی

$$\overline{\boldsymbol{D}} = \begin{bmatrix} \overline{x_{11}} & \cdots & \overline{x_{1n}} \\ \overline{x_{21}} & \cdots & \overline{x_{2n}} \\ \cdot & \cdots & \cdots \\ \cdot & \cdot\cdot & \cdots \\ \overline{x_{m1}} & \cdots & \overline{x_{mn}} \end{bmatrix} \qquad (۲۱)$$

گام سوم: تشکیل بردار وزن معیارها و محاسبه ماتریس تصمیم نرمال وزن‌دار و تعیین نقطه ایده آل مثبت و منفی

در این مرحله با توجه به ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری، از روش AHP، برای بدست آوردن بردار وزن رابطه ۲۲ استفاده می‌شود.

$$\boldsymbol{w} = \{\boldsymbol{w_1}, \boldsymbol{w_2}, \dots, \boldsymbol{w_n}\} \qquad (۲۲)$$

ماتریس نرمال شده وزن‌دار $\boldsymbol{f_{ij}}$ طبق رابطه ۲۳ از ضرب بردار وزن (w) هر معیار در ستون ماتریس

نرمال مربوطه ($\overline{\boldsymbol{D}}$) محاسبه می‌گردد (Shafiee Nikabadi *et al*., 2016).

$$\boldsymbol{f_{ij}} = \begin{bmatrix} \overline{x_{11}} & \cdots & \overline{x_{1n}} \\ \overline{x_{21}} & \cdots & \overline{x_{2n}} \\ \cdot & \cdots & \cdots \\ \cdot & \cdots & \cdots \\ \overline{x_{m1}} & \cdots & \overline{x_{mn}} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_{11} & \cdots & f_{1n} \\ f_{21} & \cdots & f_{2n} \\ \cdot & \cdots & \cdots \\ \cdot & \cdots & \cdots \\ f_{m1} & \cdots & f_{mn} \end{bmatrix} \quad (۲۳)$$

برای تعیین ایده‌ال مثبت و منفی برای هر معیار، بیشترین و کمترین مقدار هر ستون در ماتریس نرمال شده وزن‌دار f_{ij} را مشخص نموده و به ترتیب f^+ و f^- می‌نامیم که توسط روابط ۲۴ و ۲۵ محاسبه می‌گردد.

$$f_j^+ = \max f_{ij} \rightarrow f_{ij} \text{ بهترین} \quad (۲۴)$$

$$f_j^- = \min f_{ij} \rightarrow f_{ij} \text{ بدترین} \quad (۲۵)$$

گام چهارم: محاسبه مقدار سودمندی و مقدار تاسف برای هر گزینه

در این گام فاصله گزینه‌ها از مقادیر ایده‌ال‌های مثبت و منفی، بوسیله دو متغیر S (مطلوبیت یا سود) و R (حداقل یا تاسف) با استفاده از روابط ۲۶ و ۲۷ محاسبه می‌گردد

$$s_i = \sum_{j=1}^{n} w_j . \frac{f_j^+ - f_{ij}}{f_j^+ - f_j^-} \quad (۲۶)$$

$$R_i = \left\{ w_j . \frac{f_j^+ - f_{ij}}{f_j^+ - f_j^-} \right\} \quad (۲۷)$$

گام پنجم: محاسبه شاخص ویکور(مقدار Q)

مقدار شاخص ویکور برای هر گزینه براساس رابطه ۲۸ محاسبه می‌گردد (Shafiee Nikabadi et al., 2016).

$$\boldsymbol{Q_i} = \boldsymbol{v}\left[\frac{s_i - s^-}{s^+ - s^-}\right] + (\mathbf{1} - \boldsymbol{v})\left[\frac{R_i - R^-}{R^+ - R^-}\right] \quad (۲۸)$$

$$s^- = \min s_i \quad , \quad s^+ = \max s_i \quad ,$$
$$R^- = \min R_i \quad , \quad R^+ = \max R_i$$

V میزان توافق گروه تصمیم‌گیرندگان را نشان می‌دهد که معمولا ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود. همچنین در صورت توافق پایین، مقدار آن کمتر از ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود و در صورت توافق بالا، مقدار آن بیشتر از ۰/۵ خواهد بود (Huang *et al*., 2016).

گام ششم: رتبه‌بندی گزینه‌ها

در این مرحله گزینه‌ها براساس مقادیر S ,R و Q رتبه‌بندی می‌شوند و در سه گروه از کوچک به بزرگ مرتب شده و در نهایت در گروه Q گزینه‌ی بهتر است که دو شرط ذیل را داشته باشند:

شرط ۱ (شرط پذیرش): اگر گزینه‌های A_1 و A_2 اولین و دومین گزینه برتر از نظر رتبه‌بندی براساس کمترین مقدار Q باشد و رابطه ۲۹ برقرار باشد.

$$\boldsymbol{Q(A_2) - Q(A_1)} \geq \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{m-1}} \quad (۲۹)$$

شرط دوم(ثبات در پذیرش): گزینه A_1 حداقل باید در یکی از گروه‌های S و R بهترین گزینه را داشته باشد.

زمانیکه شرط اول برقرار نباشد گزینه‌های $A_1, A_2, \ldots, A_m$ به عنوان گزینه‌های برتر شناخته می‌شوند. بیشترین مقدار m با توجه به رابطه (۳۰) محاسبه می‌گردد.

$$\boldsymbol{Q(A_m) - Q(A_1)} \leq \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{m-1}} \quad (۳۰)$$

و زمانیکه شرط دوم برقرار نباشد دو گزینه A_1 و A_2 انتخاب می‌شوند (Carbone & Tippett, 2016).

نتایج و بحث

۱. روش دلفی

گروهی متشکل از پیمانکاران و چندین متخصص از طرف کارفرما درخواست گردید به پرسشنامه‌ای که شامل ۷۰ سوال از ریسک‌های موثر(محیطی، رفتاری، کارایی سازمانی، مالی و انسانی) بوده و براساس روش دلفی طراحی شده است پاسخ دهند. در نهایت رتبه‌بندی ریسک‌ها براساس چهار معیار تاثیر ریسک بر پروژه، احتمال وقوع ریسک، قابلیت کشف ریسک و قابلیت مدیریت ریسک انجام گردید. این چهار معیار با استفاده از روش دلفی طی چهار مرحله گفته شده حاصل شد. براساس نتایج حاصله، پرسش‌نامه دور چهارم روش دلفی کلاسیک، ریسک‌های شناسایی شده سازه‌های ذخیره آب و آبیاری کشاورزی، با استفاده از نظر متخصصان و اجرای روش دلفی، در دو دسته ریسک‌های اصلی و ریسک‌های فرعی به شرح جدول ۲ تقسیم بندی شدند.

جدول۲- ریسک‌های شناسایی شده

Table 2- Identified risks

ردیف	ریسک‌های اصلی	زیر ریسک (ریسک‌های فرعی)	حوزه ریسک
۱	عدم همکاری مناسب سایر ارگان‌ها(A)	عدم همکاری سازمان‌ها در رابطه با صدور مجوزات لازم	مدیریت یکپارچگی
		عدم وجود نظام هماهنگی اجرای پروژه‌ها	مدیریت یکپارچگی
		اخذ تصمیمات منفعلانه از طرف سازمان‌های ذینفع و بروز مشکلات	مدیریت یکپارچگی
		تاخیر در پاسخ‌گویی به استعلامات از طرف ادارات مختلف مانند جهاد کشاورزی و یا شهرداری و منابع طبیعی	مدیریت ارتباطات
		اجرای همزمان پروژه‌های سایر ارگان‌ها بدون هماهنگی در مسیر	مدیریت ارتباطات
۲	مشکلات ناشی از اسناد حقوقی پروژه(B)	عدم مکتوب کردن جزئیات توافق در اسناد حقوقی	مدیریت یکپارچگی
		عدم الزام پیمانکار به ارائه گزارش ساختار شکست پروژه و شکست هزینه	مدیریت محدوده
		مشکلات حقوقی در اسناد پیمان	مدیریت ارتباطات
		وجود اشکالات حقوقی عدم شفافیت مکتوب در تفاهم نامه مالی	مدیریت هزینه
		وجود الحاقیه و اصلاحیه بر قراردادها	مدیریت کیفیت
		شفاف مکتوب نشدن جریمه‌های حوادث مانند سقوط و یا ریزش کانال	مدیریت ریسک
۳	مشکلات ناشی از برنامه ریزی پروژه(C)	عدم لحاظ کردن موانع طبیعی و مصنوعی مسیر برنامه زمانبندی	مدیریت محدوده
		عدم برنامه ریزی پروژه در الگو برداری از سایر پروژه‌ها	مدیریت محدوده
		عدم ارائه برنامه رمانبندی منطبق با واقعیت از طرف پیمانکار	مدیریت زمان
		عدم توجه به حفظ زمان بندی در ذینفعان و پیمانکاران	مدیریت زمان
		عدم بررسی کامل مسیر و پاک سازی معارض طبیعی و مصنوعی	مدیریت ریسک
		عدم تصمیم گیری به موقع از طرف پیمانکار	مدیریت ارتباطات
۴	فشارهای ناشی از ذینفعان(D)	وجود فشارهای نامتعارف از طرف ذینفعان	مدیریت ارتباطات
		عدم پذیرش استراتژی‌های جدید مالی از طرف سازمان‌های دولتی	مدیریت هزینه
		عدم تعادل مناسب مابین ذیمدخلان	مدیریت ذینفعان
		اعمال تصمیمات سیاسی در پروژه‌های مهندسی	مدیریت ذینفعان

ادامه جدول۲- ریسک‌های شناسایی شده

Table 2- Identified risks

ردیف	ریسک‌های اصلی	زیر ریسک (ریسک‌های فرعی)	حوزه ریسک
۵	گردش اطلاعات نامناسب و وجود بروکراسی اداری در بین ذینفعان (E)	گردش اطلاعات، اسناد و مدارک نامناسب بوده و توزیع اطلاعات براساس مسئولیت‌ها و وظایف نمی‌باشد	مدیریت ارتباطات
		وجود ذینفعان و تصمیم گیران متعدد که باعث تاخیر در تصمیم گیری‌های سیاسی پروژه‌ها می‌گردد	مدیریت ارتباطات
		تعدد ذینفعان	مدیریت ذینفعان
۶	نظارت و کنترل(F)	بهره برداری مناسب از ظرفیت فناوری اطلاعات و سیستم‌های کنترلی نرم افزاری صورت نمی‌گیرد	مدیریت ارتباطات
		عدم ارائه گزارش پیشرفت پروژه ۱۰۰٪ منطبق با واقعیت از طرف پیمانکار	مدیریت زمان
		عدم وجود کارشناس و متخصص کنترل پروژه در گروه اجرای پیمانکار	مدیریت زمان
		عدم وجود کارشناس و متخصص کنترل پروژه در گروه نظارتی کارفرما	مدیریت زمان
		عدم وجود نظام مدیریت و کنترل هزینه و حسابداری اسناد مالی توسط پیمانکاران	مدیریت هزینه
		پیشی گرفتن هزینه‌های واقعی از برنامه ریزی شده و بالا رفتن هزینه‌های بالاسری	مدیریت هزینه
		عدم وجود نظام استاندارد مکتوب برای کنترل کیفیت پروژه‌های عمرانی	مدیریت کیفیت
		عدم مستند کردن حوادث رخ داده و ریشه یابی آن‌ها در پروژه‌ها	مدیریت ریسک
۷	بودجه بندی(G)	حذف ردیف‌های بودجه مصوب	مدیریت هزینه
		عدم تحقق بودجه تخصیص یافته	مدیریت هزینه
		عدم جذب به موقع اعتبار تخصیص یافته	مدیریت هزینه
۸	نیروی انسانی(H)	عدم تامین نیروی متخصص حرف‌های در پروژه‌ها	مدیریت منابع انسانی
		تعداد نیروی پروژه‌ها متناسب با حجم کاری پروژه نمی‌باشد	مدیریت منابع انسانی
۹	سطح توان پیمانکار(I)	عدم استقبال پیمانکاران بزرگ از پروژه‌ها	مدیریت منابع انسانی
		عدم رعایت اصول فنی طراحی از طرف پیمانکار	مدیریت کیفیت
		عدم تعهد به اجرای پروژه با کیفیت تعریف شده توسط پیمانکار	مدیریت کیفیت
		عدم انجام کار دقیق و نشتی آب زیرزمینی در بتن ریزی	مدیریت کیفیت
		عدم نصب دقیق پمپ‌ها	مدیریت کیفیت
		عدم تامین به موقع ماشین‌آلات	مدیریت تدارکات
		عدم تامین به موقع مصالح و مواد مصرفی	مدیریت تدارکات
۱۰	شرایط جوی(J)	توقف‌های متعدد کار بدلیل شرایط بد جوی (مانند طوفان ، گرد و خاک، گرمای زیاد، باران و ....)	مدیریت ریسک

روش تحلیل سلسله مراتبی

در این مرحله، ۱۰ دسته اصلی ریسک‌های یاد شده براساس چهار فاکتور تاثیر ریسک بر پروژه، احتمال وقوع ریسک، قابلیت کشف ریسک، و قابلیت مدیریت ریسک که به صورت اعداد راف (حد بالا، حد پایین) بیان شده است براساس روش تحلیل سلسله مراتبی AHP رتبه‌بندی می‌شوند. جدول ۳، جدول مقایسات زوجی است که براساس معیار تاثیر ریسک بر پروژه، در اختیار چندین متخصص و کارشناس قرار گرفته شده است.

جدول۳- ماتریس مقایسات زوجی تاثیر ریسک بر پروژه (لحاظ هزینه و زمان)

Table 3-Matrix of pairwise comparisons of the impact of risk on the project

تاثیر در پروژه	ریسک A		ریسک B		ریسک C		ریسک D		ریسک E		ریسک F		ریسک G		ریسک H		ریسک I		ریسک J	
	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین
ریسک A	1	1	0.312	0.4	0.167	0.25	3.205	3.39	6.024	8.065	4.000	5.263	0.250	0.333	3.802	4.484	0.238	0.263	6.024	8.065
ریسک B	3.21	2.5	1.	1	0.217	0.263	4.202	4.651	5.208	6.024	4.000	5.263	0.167	0.250	5.208	6.024	0.333	0.500	7.042	8.929
ریسکC	6	4	4.6	3.800	1	1	5.814	7.042	7.042	8.696	4.000	5.263	0.217	0.250	4.608	5.747	4.608	5.747	7.246	11.111
ریسک D	0.312	0.295	0.238	0.215	0.172	0.142	1	1	6.211	8.13	3.003	3.497	0.217	0.263	3.401	4.525	3.610	4.566	8.000	11.765
ریسک E	0.166	0.124	0.192	0.166	0.142	0.115	0.161	0.123	1	1	0.172	0.227	0.179	0.244	0.217	0.250	0.167	0.250	4.000	5.263
ریسک F	0.25	0.19	0.250	0.190	0.250	0.190	0.333	0.286	5.800	4.4	1	1	4.202	4.651	2.604	3.356	2.604	3.356	5.405	6.435
ریسک G	4	3	6.	4	4.6	4.	4.6	3.8	5.6	4.1	0.238	0.215	1	1	5.618	7.042	5.208	6.024	6.623	8.264
ریسک H	0.263	0.223	0.192	0.166	0.217	0.174	0.294	0.221	4.600	4	0.384	0.298	0.178	0.142	1	1	0.385	0.625	6.410	8.000
ریسک I	4.2	3.8	3.000	2.000	0.217	0.174	0.277	0.219	6.000	4	0.384	0.298	0.192	0.166	2.600	1.600	1	1	7.634	1.136
ریسک J	0.166	0.124	0.142	0.112	0.138	0.090	0.125	0.085	0.250	0.19	0.185	0.155	0.151	0.121	0.156	0.125	0.131	0.880	1.	1
مجموع	19.5	15.25	15.92	12.049	7.120	6.398	20.01	20.817	47.736	48.604	17.366	21.480	6.753	7.421	29.216	34.153	18.285	23.211	59.384	69.968

نرمال سازی جدول مقایسات زوجی انجام می‌شود. جدول ۵، جدول نرمال شده ماتریس مقایسات زوجی جدول ۴ است که از روابط ۱۳ و ۱۴ بدست آمده اند.

در گام بعدی وزن نهایی ریسک‌ها محاسبه می‌گردد. جدول ۶ وزن نهایی ریسک‌ها (ماتریس تصمیم‌گیری ریسک‌ها)، را نشان می‌دهد.

در این تحقیق ضریب اهمیت معیارهای بکار رفته در محاسبات براساس نظریات متخصصان و کارشناسان، به صورت یکسان در نظر گرفته شده است. جدول ۷ ضریب اهمیت معیارها را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد.

برای بدست آوردن وزن نهایی ریسک‌ها از روش AHP، جدول ۶ و ۷ در یکدیگر ضرب شده‌اند. نتایج بدست آمده نشان دهنده درجه اهمیت ریسک‌ها می‌باشد که در جدول ۸ مشاهده می‌گردد.

نتیجه نهایی رتبه‌بندی ریسک‌ها بعد از عملیات راف زدایی با استفاده از رابطه ۱۱ به ترتیب اولویت و همراه با وزن نهایی بدست آمده از روش AHP در جدول ۹ نشان داده شده است.

جدول۵- جدول نرمالیزه شده مقایسه زوجی معیار تاثیر ریسک بر پروژه

Table 5- Normalized table of pairwise comparisons of risk impact on the project

تاثیر در پروژه	ریسک A		ریسک B		ریسک C		ریسک D		ریسک E		ریسک F		ریسک G		ریسک H		ریسک I		ریسک J	
	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین
ریسک A	0.051	0.066	0.312	0.033	0.0234	0.0391	0.1602	0.1628	0.1262	0.1659	0.2303	0.2450	0.0370	0.0449	0.1301	0.1313	0.0130	0.0113	0.1014	0.1153
ریسک B	0.164	0.164	1	0.083	0.0305	0.0411	0.2100	0.2234	0.1091	0.1239	0.2303	0.2450	0.0247	0.0337	0.1783	0.1764	0.0182	0.0215	0.1186	0.1276
ریسکC	0.307	0.262	4.6	0.315	0.1404	0.1563	0.2905	0.3383	0.1475	0.1789	0.2303	0.2450	0.0322	0.0337	0.1577	0.1683	0.2520	0.2476	0.1220	0.1588
ریسک D	0.016	0.019	0.238	0.018	0.0242	0.0222	0.0500	0.0480	0.1301	0.1673	0.1729	0.1628	0.0322	0.0355	0.1164	0.1325	0.1974	0.1967	0.1347	0.1681
ریسک E	0.008	0.008	0.192	0.014	0.0199	0.0180	0.0080	0.0059	0.0209	0.0206	0.0099	0.0106	0.0264	0.0329	0.0074	0.0073	0.0091	0.0108	0.0674	0.0752
ریسک F	0.013	0.012	0.25	0.016	0.0351	0.0297	0.0166	0.0137	0.1215	0.0905	0.0576	0.0466	0.6222	0.6268	0.0891	0.0983	0.1424	0.1446	0.0910	0.0920
ریسک G	0.204	0.197	6	0.332	0.6461	0.6252	0.2299	0.1825	0.1173	0.0844	0.0137	0.0100	0.1481	0.1348	0.1923	0.2062	0.2848	0.2595	0.1115	0.1181
ریسک H	0.013	0.015	0.192	0.014	0.0305	0.0272	0.0147	0.0106	0.0964	0.0823	0.0221	0.0139	0.0264	0.0191	0.0342	0.0293	0.0210	0.0269	0.1079	0.1143
ریسک I	0.215	0.249	3	0.166	0.0305	0.0272	0.0138	0.0105	0.1257	0.0823	0.0221	0.0139	0.0284	0.0224	0.0890	0.0468	0.0547	0.0431	0.1285	0.0162
ریسک J	0.0085	0.00813	0.142	0.009	0.0194	0.0141	0.0062	0.0041	0.0052	0.0039	0.0107	0.0072	0.0224	0.0163	0.0053	0.0037	0.0072	0.0379	0.0168	0.0143

جدول۶- وزن نهایی ریسک‌ها براساس چهار معیار

Table 6- Final weight of risks based on four criteria

	تاثیر بر هزینه		احتمال وقوع		قابلیت کشف		قابلیت مدیریت	
	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین
ریسک A	0.8818	0.9489	0.2448	0.227497	0.2444	0.227125	0.0385	0.035779
ریسک B	0.8818	1.0757	0.03248	0.028034	0.0343	0.028116	0.0830	0.068036
ریسکC	1.2511	1.8423	0.1120	0.076058	0.1109	0.075311	0.1626	0.11042
ریسک D	1.3893	0.9509	0.1789	0.261369	0.1793	0.261953	0.0926	0.135287
ریسک E	0.8709	0.1950	0.1592	0.711463	0.1588	0.70923	0.1507	0.673054
ریسک F	0.1872	1.1579	0.0496	0.008017	0.0491	0.007936	0.1383	0.022354
ریسک G	1.5697	1.9527	0.0902	0.072511	0.0928	0.074601	0.9965	0.080107
ریسک H	1.7788	0.3374	0.0502	0.264634	0.0515	0.271487	0.0614	0.323834
ریسک I	0.5453	0.4284	0.0487	0.061982	0.0470	0.059818	0.1099	0.139873
ریسک J	0.5064	0.1108	0.0317	0.144922	0.0315	0.144008	0.0629	0.287558

جدول۷- وزن معیارها

Table 7- Weight of criteria

معیار	تاثیر بر هزینه		احتمال وقوع		قابلیت کشف		قابلیت مدیریت	
	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین
وزن	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

جدول۸-درجه اهمیت ریسک‌ها

Table 8- Significance of risks

ریسک	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J	
	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین
وزن	0.35238	0.35982	0.25833	0.29998	0.40914	0.52601	0.46003	0.40239	0.33492	0.57219	0.10604	0.29905	0.46309	0.54497	0.4854	0.29935	0.18771	0.17252	0.15811	0.17181

جدول۹- رتبه بندی ریسک‌ها

Table 9 – Ranking of Risks

رتبه	۵	۴	۹	۷	۸	۳	۱۰	۶	۲	۱
ریسک	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
وزن	0.712	0.558	0.935	0.862	0.907	0.405	1.008	0.785	0.360	0.330

نتایج مشاهده شده در جدول ۹ حاکی از آن است که چهار ریسک شرایط جوی هوا، سطح توان پیمانکار در اتمام به موقع کار، نظارت و کنترل بر روی سازه‌های آبیاری و مشکلات ناشی از اسناد حقوقی پروژه به عنوان مهمترین عوامل ریسک، شناسایی شده‌اند و از اهمیت بالاتری نسبت به بقیه

ریسک‌ها برخوردارند. وقوع هر ریسک می‌تواند در عملکرد پروژه‌های مختلف تاثیر متفاوتی از خود به جای گذارد از این رو جهت شناسایی سازه‌های آبیاری با ریسک کمتر از روش ویکور استفاده شده است.

روش ویکور

برای انجام مرحله اول روش ویکور، ریسک‌های مهم شناسایی شده مرحله قبل که از برآیند نظرات کارشناسان و متخصصان به دست آمده، بصورت یک ماتریس تصمیم‌گیری در جدول ۱۱ برای پروژه‌های مورد مطالعه جدول ۱۰ که در سازمان جهاد سازندگی این استان مطرح شده بیان می‌شود.

جدول۱۰- پروژه‌های طرح آبیاری کشاورزی دشت سیستان

Table 10- Sistan plain agricultural irrigation project projects

نام اختصاری	P1	P2	P3	P4
نام پروژه‌ها	احداث ایستگاه پمپاژ و لوله کشی خط انتقال	سازه‌های آبیاری گلخانه ای	سازه‌های آبیاری کانال بتنی	سازه‌های آبیاری تحت فشار

برای بی‌مقیاس نمودن ماتریس تصمیم‌گیری جدول ۱۱ از روابط ۸، ۱۹ و ۲۰ استفاده شده که نتایج آن در جدول ۱۲ بیان شده است.

ماتریس بی‌مقیاس وزن‌دار از رابطه ۲۳ محاسبه می‌گردد که نتایج آن در جدول ۱۳ نشان داده شده است.

سپس بهترین و بدترین مقدار (نقطه ایده‌ال مثبت و منفی) از روابط ۲۴ و ۲۵ محاسبه می‌گردد که در جدول ۱۴ مشخص شده است.

مقادیر سودمندی(S) و تاسف (R) هر پروژه طبق روابط ۲۶ و ۲۷ محاسبه شده است که در جدول ۱۵ نشان داده شده است.

جدول۱۱- ماتریس تصمیم‌گیری (معیارهای منفی)

Table 11 - Matrix of decision making (negative criteria)

ماتریس تصمیم	ریسک A		ریسک B		ریسک C		ریسک D		ریسک E		ریسک F		ریسک G		ریسک H		ریسک I		ریسک J	
	خط بالا	خط	خط بالا	خط	خط بالا	خط	خط بالا	خط	خط بالا	خط	خط بالا	خط	خط بالا	خط	خط بالا	خط	خط بالا	خط	خط بالا	پایین
P1	8.51	6.6	6.24	3.3	3.91	2.34	8.01	4.07	4.15	3.16	5.76	5.38	4.7	4.49	6.57	4.34	1.3	1.13	5.07	3.84
P2	4.60	3.16	8	6.92	4.11	3.05	7	5.59	3.1	2.73	8.01	6.63	3.21	3.03	8.82	4.46	2.37	2.15	5.93	4.25
P3	7.68	6.55	4.6	3.15	3.91	2.81	8.46	3.69	8.95	3.69	7.68	6.9	4.51	3.03	8.42	3.94	6.3	6.19	6.1	5.29
P4	2.16	1.9	2.38	1.8	2.22	2.18	4.8	5	8.37	3.25	8.65	5.43	3.82	3.55	4.42	3.88	6.58	6.56	6.74	5.6

جدول۱۲- ماتریس تصمیم بی‌مقیاس(نرمالیزه شده)

Table 12- Scale decision matrix (normalized)

	ریسک A		ریسک B		ریسک C		ریسک D		ریسک E		ریسک F		ریسک G		ریسک H		ریسک I		ریسک J	
	حد بالا	حد	حد بالا	حد	حد بالا	حد	حد بالا	حد	حد بالا	حد	حد بالا	حد	حد بالا	حد	حد بالا	حد	حد بالا	حد	حد بالا	حد
P1	0.37	0.36	0.29	0.22	0.28	0.23	0.29	0.18	0.17	0.25	0.19	0.22	0.29	0.32	0.23	0.26	0.08	0.07	0.21	0.2
P2	0.2	0.17	0.38	0.46	0.29	0.29	0.26	0.24	0.13	0.21	0.27	0.27	0.2	0.22	0.31	0.27	0.14	0.13	0.25	0.22
P3	0.33	0.36	0.22	0.21	0.28	0.27	0.27	0.37	0.36	0.29	0.26	0.28	0.28	0.22	0.3	0.24	0.38	0.39	0.26	0.28
P4	0.09	0.1	0.11	0.12	0.16	0.21	0.18	0.21	0.34	0.25	0.29	0.22	0.24	0.25	0.16	0.23	0.4	0.41	0.28	0.3

جدول۱۳- ماتریس نرمال وزن دار

Table 13- Normal weighted matrix

	ریسک A		ریسک B		ریسک C		ریسک D		ریسک E		ریسک F		ریسک G		ریسک H		ریسک I		ریسک J	
	حد بالا	حد	حد بالا	حد	حد بالا	حد	حد بالا	حد	حد بالا	حد	حد بالا	حد	حد بالا	حد	حد بالا	حد	حد بالا	حد	حد بالا	حد
P1	0.133	0.128	0.088	0.056	0.145	0.092	0.118	0.082	0.097	0.082	0.057	0.023	0.158	0.147	0.070	0.127	0.014	0.013	0.037	0.032
P2	0.072	0.061	0.113	0.118	0.153	0.120	0.103	0.112	0.072	0.071	0.080	0.029	0.108	0.100	0.094	0.130	0.025	0.025	0.043	0.035
P3	0.120	0.127	0.065	0.054	0.145	0.111	0.107	0.170	0.208	0.096	0.076	0.030	0.151	0.100	0.089	0.115	0.066	0.073	0.044	0.044
P4	0.034	0.037	0.034	0.031	0.083	0.086	0.074	0.096	0.195	0.085	0.086	0.024	0.128	0.117	0.047	0.113	0.069	0.077	0.049	0.047

جدول ۱۴- ماتریس نقطه ایده‌ال مثبت و منفی

Table 14 - Positive and negative ideal point matrix

	ریسک A		ریسک B		ریسک C		ریسک D		ریسک E		ریسک F		ریسک G		ریسک H		ریسک I		ریسک J	
	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین
f^+	0.09	0.10	0.11	0.12	0.16	0.21	0.18	0.18	0.19	0.21	0.22	0.22	0.20	0.22	0.16	0.23	0.08	0.07	0.21	0.20
f^-	0.37	0.36	0.38	0.46	0.29	0.29	0.29	0.37	0.29	0.29	0.28	0.28	0.29	0.32	0.31	0.27	0.40	0.41	0.28	0.30

جدول ۱۵- مقادیر سودمندی و تاسف پروژه‌ها

Table 15- Utility and regret values of projects

		P1	P2	P3	P4
شاخص سودمندی(S)	حد بالا	64.16	63.96	63.70	61.42
	حد پایین	64.06	78.65	73.00	48.07
شاخص تاسف(R)	حد بالا	306.8	312.3	358.9	285.0
	حد پایین	256.9	255.9	291.9	213.6

مقدار شاخص ویکور (Q)، برای هر پروژه از رابطه ۲۸ محاسبه شده و طبق رابطه ۸ عملیات راف زدایی، برای مقایسه نمودن شاخص ویکور مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین رتبه‌بندی پروژه‌ها طبق روابط ۲۹ و ۳۰ محاسبه گردیده که در جدول ۱۶ نشان داده شده‌اند. پارامترV طبق نظریه متخصصان در این تحقیق 0.5 در نظر گرفته شده است. شرط‌های نهایی مطرح شده در روش ویکور محاسبه گردید که در جدول ۱۷ نشان داده شده است.

جدول ۱۶- مقدار شاخص ویکور(Q) و رتبه‌بندی پروژه‌ها

Table 16 - VIKOR index value (Q) and project ranking

	P1	P2	P3	P4
شاخص ویکور(Q)	0/733	0.965	1.015	0.330
رتبه‌بندی	۲	۳	۴	۱

جدول ۱۷- تعیین شروط تصمیم‌گیری

Table 17- Determining the conditions of decision making

	شروط	نتایج بدست آمده
شرط اول	$\mathbf{Q(A_2) - Q(A_1)} \geq \frac{1}{m-1}$	۰/۷۳۳-۰/۳۳۰ $\geq \frac{1}{4-1}$
شرط دوم	گزینه برتر باید حداقل در یکی از مقادیر R و S گزینه برتر باشد	گزینه لوله خط A در میان R و S دارای کمترین مقدار و بهترین گزینه است

نتیجه‌گیری

وجود عوامل مختلف و تاثیرگذار باعث ایجاد عدم قطعیت‌ها در انتخاب مناسب ترین سازه آبیاری شده و هم چنین از مباحثی که درون سازمان‌ها کمتر به صورت عملی به کارگرفته شده است، مدیریت ریسک می‌باشد. یکی از اقدامات موثر در برابر عدم قطعیت‌ها و شناسایی، ارزیابی ریسک‌ها، مدیریت ریسک است. لذا در این تحقیق، به شناسایی و ارزیابی علمی ریسک‌ها در ساخت سازه‌های آبیاری پرداخته شده است. با بررسی ادبیات و پیشینه تحقیقات قبلی به این نتیجه دست یافته شده که ریسک تاثیر بسزایی در اجرای سازه‌های آبیاری دارد و تحت تاثیر ریسک قرار می‌گیرند. بنابراین از مدیریت ریسک بهره گرفته شده تا اجرای پروژه به موقع انجام گیرد و مانع افزایش قیمت برآورد شده شود همچنین از زیان بیش از حد جلوگیری کند. در ادامه برای ارزیابی ریسک‌ها در سازه‌های آبیاری مورد مطالعه، ریسک‌ها را شناسایی و میزان اهمیت

آن‌ها را با بکارگیری ترکیب‌های روش دلفی و AHP تعیین شد. همچنین برای گنجاندن عدم قطعیت در مسائل از تئوری مجموعه اعداد راف گرفته شده است. نتایج بدست آمده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بیانگر آن بود که ریسک‌های شرایط جوی و عدم تعهد در انجام کار دقیق اجرای پروژه با کیفیت تعریف شده بالاترین امتیاز را به خود تخصیص داده‌اند. در ادامه تحقیق ریسک‌ها را به سازه‌های آبیاری سازمان مورد مطالعه با کمک روش تصمیم‌گیری چند معیاره ویکور، تخصیص داده شده است. نتایج بدست آمده از روش ویکور، شامل فهرستی از رتبه‌بندی سازه‌های آبیاری می‌باشد که براساس میزان تاثیر ریسک در عملکرد ساخت آن‌ها دارد. این رتبه‌بندی به این صورت می‌باشند که اجرای سازه‌های ابیاری تحت فشار رتبه اول، احداث ایستگاه پمپاژ و لوله کشی خط انتقال رتبه دوم، اجرای سازه‌های آبیاری گلخان‌های رتبه سوم و سازه‌های ابیاری کانال بتنی رتبه چهارم را به خود اختصاص دادند. این رتبه‌بندی می‌تواند جهت مدیریت ریسک‌ها و برگزیدن پروژه‌های با ریسک کمتر کمک کند و همچنین مدیران می‌توانند پروژه‌های کم ریسک را جهت ساخت، در اولویت خود قرار دهند و از پروژه‌های با ریسک بالا بپرهیزند. از پژوهش حاضر می‌توان در سایر پروژه‌های آبرسانی و ساخت، در مناطق مختلف با توجه به شناسایی ریسک‌های آن منطقه استفاده نمود.

مراجع

Ahmadi, Fazlullah Nasiriani, Khadijeh. Abazari, Parvaneh. (2008), Delphi Technique: A Tool in Research, Iranian Journal of Medical Education, Year 8, Issue 1, 185-175. . (In Persian)

Ahrariroudi, Mohyeddin.(2018), Assessment the effects of drought on groundwater quantity and quality of Sistan and Baluchistan Province, New findings of applied geology, 12(23), 104-113.

Alamatian, Ebrahim. Seifi Abdolabadi, Farzad. (2018), Integration of Risk Engineering Value Engineering in Irrigation Projects under Pressure of Hot-Dry Areas, 13th International Symposium on Science and Technology Advances: Sustainable Land, Civil and Environmental Engineering, Mashhad. (In Persian)

Alizadeh, Ali. (2014) Delphi Research, First Edition, Tehran: Yousef Publications. . (in Persian)

Amiri, Maghsoud. (2010), Group decision making for selecting machine tools using Victor Fuzzy method, Scientific-Research Quarterly Journal of Industrial Management Studies, Volume 6, Number 16, 188-167. (In Persian)

Ataiee, Mohammad (2010). Multi-criteria decision making, (first edition), Shahroud: Shahroud University of Technology Publications. (In Persian)

Carbone, t., Tippett, D., (2015), Project Risk Management Using the Project Risk FMEA, Engineering Management Journal, 16:4, 28-35.

Darwish, Sahar. Shirmohammadi, Vahid. Ranjbar, Fatemeh. Nahavandchi, Mehrdad. (2015), Reviewing and presenting environmental risk assessment models with the aim of improving the environmental management system, International Conference on Environment and Natural Resources, Shiraz. (In Persian)

Fouladgar, M., Yazdani-chamzinia, A., Zavadsekas, E.K., (2012), Risk evaluation of tunneling projects Archives of Civil and Mechanical Engineering, 12(1), 1-12. (In Persian)

Huang, J. J., Tzeng, G. H., & Liu, H. H., (2009). A revised VIKOR model for multiple criteria decision making – the perspective of regret theory. In: Shi, Y. et al (Eds.) Cutting-Edge Research Topics on Multiple Criteria Decision Making. Springer, Berlin Heidelberg, 761-768.

Jafarnejad, Ahmad Yousefi Zanooz, Reza. (2008), Presenting a fuzzy model of Band risk rank in Petro Pars Company's drilling projects, Journal of Industrial Management, Volume 1, Number 1, 38-21. (In Persian)

Karimi, Touraj. Sadeghi Moghadam, Mohammad Reza (2014), Raff Collections and Gray Collections, First Edition, Tehran: Mehraban Book. . (In Persian)

Kazazi, Abolfazl. Faizi Rad, Mohammad Ali. (2014), Development of SPACE matrix with the help of fuzzy fuzzy hierarchical analysis to determine the strategic position of the business, Quarterly Journal of Modern Marketing Research, Fourth Year, No. 3, 74-55. (In Persian)

Khatami Firoozabadi, Ali. (2008). Multi-Criteria Decision Making, (First Edition), Tehran: Miran Emrooz Marand Publications. . (In Persian)

kolahan, Farhad. Rezaei Nik, Ibrahim. Hassani Dooghabadi, Marzieh et al. (2014), Identifying and prioritizing the risks of the country's electricity industry development projects, Journal of Industrial Engineering, Volume 49, Number 1, Pages 107-116. (In Persian)

Mousavi, Anahita. Abdi, Farshid. Raeisi, Siddiq. (2014), Ranking of Risk Factors of Research Projects with the Combination of Network Analysis Process Methods and Fuzzy DEMATEL, Scientific-Promotional Quarterly Journal of Standard and Quality Management, Fourth Year, No. 3, Pages 57-48. . (In Persian)

Omidvar M, Nirumand F. (2017). Risk assessment using FMEA method and on the basis of MCDM, fuzzy logic and grey theory: A case study of overhead cranes. JHSW. 7 (1), 63-76. . (In Persian)

Pawlak, Z., (2012), Rough sets: Theoretical aspects of reasoning about data, 9, Springer Science & Business Media.

Piri, Halimah. Ansari, Hussein. (2013). Study of Sistan plain drought and its impact on Hamoon International Wetland. Wetland Ecology (Wetland). V5, No. 15, 63-74.(In Persian)

Poor Ahmad, Ahmad. Shahbazpour, Ahmad. Khaliji, Mohammad Ali (2015), Using Multi-Criteria Decision Modeling Models in Assessing the Capacity of Tourist Model Case Study of Semnan Province, Geographical Studies of Dry Areas, Volume 6, Number 21, 50-66. (In Persian)

Qudosipour, Hassan. (2016). Hierarchical Analysis Process (AHP), (Third Edition), Tehran: Amirkabir University of Technology.

Rezaei, Farzin. Ghaybdoost, Hamed. (2016), A Study of the Financial Performance of the Banking Industry by Vikor Method, Journal of Development Management and Special Letter Transformation, pp. 43-33. (In Persian)

Sabzehpour, Majid. (2012), Project Management, Tehran: Termeh. (In Persian)

Seifloo, Sajjad. Askari, Mohammad Mehdi. Sadeghi Shahedani, Mehdi, (2016), Identifying and Prioritizing the Risks of Upstream Oil and Gas Projects in Iran Using Risk Breaking Structure (RBS) and TOPSIS Technique Techniques, Quarterly Journal of Economic Research and Policy, Year 24, No. 78, 96-57. (In Persian)

Shafiee Nikabadi, Mojtaba. Shafiee Nikabadi, Mohsen. Hosseini, Seyed Mohammad Hassan (2016), Development of a model for evaluating and ranking construction projects according to the probability of risk occurrence and its impact on construction performance, Military Management Quarterly, Volume 16, Number 2, Pages 117-157. (In Persian)

Shahraki, Alireza. Jamali Moghadam, Fatemeh. (2016), Development of a Model for Risk Assessment of Construction Projects Based on Theory of Raff Numbers Collection, Journal of Scientific Performance Management, Volume 8, Number 16, Pages 62-39. (In Persian)

Sobhieh, Mohammad Hussein. Ranjbaran, Saeed. (2008), Karzner's organizational maturity model in project management, Project Management Quarterly, No. 3, 11-4. (In Persian)

Sodhis, M., Son, B., & Ting, C., (2014), Perspectives on supply chain Risk Management, Production and operation management, 21, 1-13.

Song, W., Ming, X., and Xu, Z., (2013), Risk evaluation of customer integration in new product development under uncertainty. Computers & Industrial Engineering, 65(3), 402-412.

Tzeng, G. H., and Tasur, S., (1994), The multiple criteria evaluations of grey relation model. The Journal of Grey System, 6(2), 87-108.

Ulfat, Laia, Khosravani, Farzaneh, Jalali, Reza. (1389). Identifying and prioritizing project risk based on PMBOK standard with fuzzy approach (Study: Non-level intersection construction projects in Bushehr province). Industrial Management Studies, 8 (19), 147-163.

Zahraei, benafshe. Roozbehani, Abbas. Mirshakari, Mostafa (2016), Presentation of Risk Analysis Model Based on Fuzzy Expert Systems for Construction Projects Management, Sharif Civil Engineering Quarterly, Volume 32.2, Number 4.1, Pages 61-70. (In Persian)

Zhai, L., Khoo, L., & Zhong, Z., (2008), A rough set enhanced fuzzy approach to quality function deployment. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 37, 613-624.

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.22/No.83/ Summer 2021/P:59-82

Prioritization of Construction of İrrigation Structures With Multi-Criteria Decision-Making Methods and Pmbok Failure Structure in Conditions of Uncertainty

M. R. Shahraki* and M. Derakhshideh

* Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. Email: abbaspour@uma.ac.ir
Received: 26 January 2021, Accepted: 24 June 2021

Introduction

Huge investments are being made in the development of water resources to build water storage and transmission systems for agricultural irrigation networks. Unknown potential hazards arise during project implementation. One of the effective measures that can be taken to reduce this depreciation is risk management. Risk management in the PMBOK standard includes risk identification based on experts' opinions and risk ranking based on two criteria: probability of occurrence and severity of impact. Some opinions and judgments of experts and decision makers are a set of qualitative, vague and sometimes incomplete data. Hence the theory of rough numbers can be used. In this study, Delphi method has been used to identify risks that can help in screening and risk identification. This method has a predictive structure and helps to make decisions in several stages, which ultimately leads to the collection and accumulation of information. Hierarchical analysis method is used to rank the risks. In order to prioritize several projects, taking into account the identified risks, the VIKOR method has been used. Third place and concrete canal irrigation structures are in the fourth place for implementation with the lowest cost in this field.

Methodology

Risk management is a systematic and forward-looking process. After identifying, measuring and evaluating the hazards of irrigation structures, the Delphi method can reduce the scatter of opinions of experts and specialists and cause multiple interactions between them. In this method, a questionnaire is distributed to identify risks among project specialists and experts. Then the answers are summarized and based on them, a new questionnaire is designed and sent to them again. Questionnaires are usually sent 3 to 5 times. In order to evaluate, rank and decide on risks, the qualitative responses of the respondents can be determined by the theory of approximate set of numbers. Rough set theory examines vague and subjective information without any presuppositions. In this theory, any ambiguous concept can be presented as a pair of precise concepts based on high and low estimates.

The Analytic Hierarchy Process (AHP) method is used to rank risks. The calculation of weight in AHP method is in the form of relative weight and final weight. Relative weight is obtained from the pairwise comparison matrix, while final weight is the final ranking of each option obtained by combining relative weights. Where $Y = [y_{ij}]$ $i, j = 1,2,3, \dots, n$ is a matrix of pairwise comparisons and the weight of each option $\overline{x_{ij}} = \overline{y_{ij}} / \sum_{i=1}^{n} \overline{y_{ij}}$ where X_{ij} in the normalized matrix verse shows even comparisons. $K_i = \left(\sum_{j=1}^{n} \frac{X_{ij}}{N} \right)$ And K_i expresses the line element i of the matrix weight of criteria and N expresses the number of criteria. In the next step, each component of the pairwise comparison matrix is divided by the sum of its columns to normalize the pairwise comparison matrix, and then using the arithmetic mean, the weight vector

of the criteria (K) can be calculated. The decision matrix of options $\mathbf{z_{ij}} = \left(\sum_{j=1}^{m} \frac{X_{ij}}{M} \right)$ where $\mathbf{z_{ij}}$ represents the element of row i and column j of the decision matrix and M the number of options, and the following equation is used to obtain the final ranking of options.

Risk Significance Matrix = Final Risk Weight Matrix * Criteria Weight Matrix

VIKOR's method is based on consensus planning in multicriteria decision-making issues and categorizes issues in such a way that the decision-maker is able to identify and express the superiority of one option among the options. In the VIKOR method, the following steps are performed to select a better option:

Step1: Form a decision matrix

Step 2: Scaling the decision matrix (normalization)

Step 3: Form the weight vector of the criteria and calculate the weighted normal decision matrix and determine the positive and negative ideal point

Step 4: Calculate the amount of utility and the amount of regret for each option

Step 5: Calculate the VIKOR index (Q value)

Step 6: Rank the options

Conclusions

The results show that with the method of hierarchical analysis, the risks of weather conditions and lack of commitment to perform the exact work of project implementation have been assigned the highest score. In continuation, these risks are assigned to the irrigation structures of the study organization. Using the *VIKOR* method, a list of ranking of irrigation structures based on the impact of risk on their construction performance is as follows: the implementation of irrigation structures under first-class pressure, construction of pumping station and second-line transmission line piping, Execution of greenhouse irrigation structures ranks third and concrete canal irrigation structures rank fourth. This ranking can help to manage risks and select projects with less risk, and managers can also prioritize low-risk projects to build, and avoid high-risk projects.

Keywords: Raff numbers, VIKOR method, AHP method, Delphi process, Risk management