Journal of Structural and Construction Engineering, 8(Special Issue 3), 2021, pp. 78-95

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Risk Assessment and Prioritization of Construction Projects with a Mixed-Dimensional Approach and Network Analysis Process (Case Study: Sistan-Hamoun Plain 2 Water Supply Project)

Mohammad Reza Shahraki [1*], jafar mesri [2]

1- Department of Industrial Engineering, Engineering Faculty, University of Sistan and Baluchestan,Zahedan, Iran
2- Master student of Industrial Engineering, Sistan and Baluchestan University, Zahedan

ABSTRACT

Risk management is one of the approaches to the success of construction projects that must be implemented systematically. In classical approaches, project risks are assessed based on two criteria of probability of occurrence and their impact; In the present study, we first identify the risks involved in construction projects. Then paired comparisons were made for weighting and determining the importance of risk factors, then using DEMATEL combined method and network analysis process. to validate the proposed model, based on a case study in the Risk Identification Development Project using the Delphi method at three levels out of 60 identified risks, 18 risks were selected out of five categories of technical, financial and support risks, social, environmental, implementation. They were categorized, and then the extent to which each of these risks impacted the project objectives, the probability of each occurring, and ultimately the degree of importance of each risk. The ranking of identified risks indicates that the main research risks are the executives and technical departments that have gained the highest score using the combined DEMATEL method and the network analysis process, but in terms of impact on other factors, social risk It is of particular importance to others at different stages of work.

ARTICLE INFO

Receive Date: 29 December 2019
Revise Date: 28 November 2021
Accept Date: 14 November 2020

Keywords:
Risk Ratings
Multi Criteria Decision Making Dimtel Network Analysis Process
Risk Impact

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: https://dx.doi.org/10.22065/jsce.2020.213774.2036

*Corresponding author: Mohammad Reza Shahraki
Email address: m.reza.shahraki@gmail.com

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir

Journal of Structural and Construction Engineering
JSCE
نشریه علمی-پژوهشی مهندسی سازه و ساخت

ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک پروژه‌های عمرانی با رویکرد ترکیبی دیمتل و فرآیند تحلیل شبکه‌ای (مطالعه موردی: پروژه آب‌رسانی دشت سیستان-هامون ۲)

محمدرضا شهرکی[۱]، جعفر مصری [۲*]

۱- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان

چکیده

مدیریت ریسک یکی از رویکردها به‌منظور موفقیت پروژه‌های عمرانی است که باید به‌صورت نظام‌مند اعمال شود. در روش‌های کلاسیک، ارزیابی ریسک‌های پروژه بر اساس دو معیار احتمال وقوع و تأثیر آن‌ها انجام می‌شوند؛ ولی این معیارها به‌تنهایی بیانگر تمام جنبه‌های ریسک نیستند. در پژوهش حاضر ابتدا به شناسایی ریسک‌های موجود در پروژه‌های عمرانی پرداخته‌شده است. سپس مقایسه زوجی برای وزن دهی و تعیین اهمیت عوامل ریسک انجام گردیده است، سپس با استفاده از روش ترکیبی دیمتل و فرآیند تحلیل شبکه ای اقدام گردید. به‌منظور اعتبار سنجی مدل ارائه شده، براساس مطالعه موردی در پروژه عمرانی شناسایی ریسک ها با استفاده از روش دلفی در سه سطح از 60 ریسک شناسایی شده، ۱۸ ریسک انتخاب گردید که درپنج دسته ریسک های فنی، مالی و پشتیبانی، اجتماعی، محیطی، اجرا دسته بندی شده است، و سپس میزان تاثیر هر کدام از این ریسک ها بر اهداف پروژه، احتمال وقوع هر یک و نهایتاً درجه اهمیت هر ریسک تعیین گردید. رتبه‌بندی ریسک‌های شناسایی شده، نشان می‌دهد که ریسک های اصلی تحقیق، بخش‌های اجرا و فنی است که بالاترین امتیاز را با استفاده از روش ترکیبی دیمتل و فرآیند تحلیل شبکه‌ای کسب کرده‌اند، ولی از نظر تاثیر گذاری بر سایر موارد، ریسک اجتماعی نسبت به سایرین اهمیت ویژه ای در مراحل متفاوت کار دارد.

کلمات کلیدی: رتبه‌بندی ریسک، تصمیم‌گیری چند معیارها، دیمتل ،فرآیند تحلیل شبکه‌ای، تاثیر گذاری ریسک ها

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:	
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	doi:	https://dx.doi.org/10.22065/jsce.2020.213774.2036
۱۳۹۸/۱۰/۰۸	۱۴۰۰/۰۹/۰۷	۱۳۹۹/۰۸/۲۴	۱۳۹۹/۰۸/۲۴	۱۴۰۰/۰۹/۳۰		10.22065/jsce.2020.213774.2036

***نویسنده مسئول:** محمدرضا شهرکی

پست الکترونیکی: m.reza.shahraki@gmail.com

*نویسنده مسئول

۱- مقدمه

موفقیت هر سازمان و بنگاه وابسته به نوع مدیریت آن در شرایط گوناگون، میزان تسلط بر ریسک و مدیریت آن‌ها است. مهم‌ترین فرایند در مدیریت پروژه توجه نظام‌مند به مدیریت ریسک و فراهم کردن شرایط لازم برای دست‌یابی به اهداف پروژه است؛ که به‌عنوان مدیریت ریسک شناخته می‌شود(آریش و همکاران، ۲۰۱۰). در دانش مدیریت پروژه، ریسک پروژه یک رویداد یا شرایط نامطمئن است که در صورت وقوع بر حداقل یکی از اهداف پروژه از قبیل زمان، هزینه، کیفیت و دامنه مصوب پروژه تأثیر مثبت یا منفی می‌گذارد (استاندارد مدیریت پروژه، ۲۰۰۸). در مدیریت پروژه هدف از مدیریت ریسک پروژه، برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، هدایت و کنترل فعالیت ها و فرایند های یک پروژه است به‌گونه‌ای که اثرات فرصت ها بیشینه و اثرات تهدیدها کمینه شود (آریش و همکاران، ۲۰۱۰). مدیریت ریسک پروژه یک فرآیند سیستماتیک برنامه‌ریزی برای شناسایی، آنالیز، پاسخگویی و زیر نظرگیری ریسک پروژه است. این مدیریت شامل فرآیندها، ابزارها و تکنیک‌هایی است که به مدیر پروژه برای بیشینه‌سازی احتمال نتایج رویدادهای مثبت و کمینه‌سازی احتمال نتایج رویدادهای مضر کمک می‌کند (فرانکم و همکاران، ۲۰۱۶). با به‌کارگیری فرآیند کامل مدیریت ریسک پروژه، می‌توان ادعا کرد که این مدیر پروژه است که بر شرایط غیرقطعی پروژه اشراف دارد، نه آنکه شرایط و اتفاقات، مدیریت را اسیر خود می‌کنند. مدیریت ریسک باید کار گرفته شود تا ضررهای احتمالی تا حد امکان کاهش یابد. مقصد اصلی مدیریت ریسک پروژه، بهبود عملکرد پروژه از طریق شناسایی، ارزیابی و مدیریت نظام‌مند پروژه، در ارتباط با ریسک است(ناصری و همکاران، ۲۰۱۳).

در این مقاله، ابتدا به مرور ادبیات مسئله پرداخته شده است. پس از بررسی پیشینه تحقیقات در بخش دوم، مدل ریاضی پیشنهادی در بخش سوم تشریح شده است. سپس با تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده بر اساس مطالعه موردی، نتایج بر اساس مدل پیشنهادی ارائه و بررسی گردیده است. روش ترکیبی پیشنهادی برای تجزیه‌وتحلیل مسئله، انتخاب و مراحل مختلف آن تشریح شده است. در ادامه در بخش پنجم به اولویت‌بندی نهایی پرداخته شده پیشنهادهایی برای کاهش ریسک ها و تبدیل آن‌ها به فرصت بیان‌شده است.

۲- ادبیات و پیشینه تحقیق

ریسک احتمال وقوع یک خطر یا به وجود آمدن یک خطر یا زیان تعریف‌شده است (زاید و همکاران،۲۰۰۸) در استاندارد مدیریت پروژه فرایند مدیریت ریسک، راهنمای گسترده دانش مدیریت پروژه شامل مراحل شش‌گانه به شرح زیر ارائه‌شده است: برنامه مدیریت ریسک؛شناسایی ریسک؛تحلیل کیفی ریسک،تحلیل کمی ریسک،برنامه ریزی پاسخ به ریسک،پایش و کنترل ریسک (استاندارد مدیریت پروژه، ۲۰۰۸).اعتقاد به اینکه همواره پروژه‌ها بابی اطمینانی همراه هستند، این واقعیت را نشان می‌دهد که بسیاری از پروژه ها در دستیابی به اهداف، محدوده، منافع، هزینه و زمان موردنظر خود شکست می‌خورند. لذا با توجه به نوع ارزیابی ریسک‌ها برای انتخاب پاسخ مناسب در جهت حفظ منافع پروژه و مدیریت آن، تحقیقاتی تاکنون انجام‌شده است.(استاندارد مدیریت پروژه، ۲۰۰۸).تارک زاید و همکاران (۲۰۰۸) دو منبع اصلی ریسک که یک پروژه بزرگراه را تحت تأثیر قرار می‌دهد در دو سطح کلان (شرکت) و خرد (پروژه) معرفی کردند و اثرات هر یک را روی ریسک‌ها بررسی و یک مدل ریسک را برای ارزیابی و اولویت بندی پروژه ها با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی معرفی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که ریسک سیاسی و مالی به ترتیب بیشترین وزن در سطح کلان و ریسک‌های فن آوری در حال ظهور و منابع بیشترین وزن را در سطح خرد دارند. نیتومروت و رز ویلا (۲۰۱۰) برای پروژه ساخت‌وساز روش جدید تجزیه‌وتحلیل ریسک ارائه نمودند که مربوط به مقابله با ریسک‌هاست در موقعیت های پیچیده و زمانی که اطلاعات برای ارزیابی ریسک‌ها ناقص یا غیرقابل حصول است. این روش برای به حداقل رساندن تفاوت بین ارزش اولویت‌ها با استفاده از دو فاصله مقایسه شده است که به‌طور مستقیم از اعضای گروه ارزیابی به‌دست‌آمده و ارزش ایده آل است. کریمی آذری (۲۰۱۱) بابیان این موضوع که محققان به یک مدل ارزیابی ریسک مناسب نرسیده‌اند عوامل بسیاری را برای این مشکل متصور شده که داده‌های نامشخص، مبهم و درگیری چند نفر در فرایند انتخاب ازجمله آن‌هاست. استفاده از روش تاپسیس فازی به‌عنوان یک فرایند منطقی و سیستماتیک در نظر گرفته‌شده و معیارهای تصمیم‌گیری از تکنیک گروه اسمی به دست می‌آید. صالحی صدقیانی و همکاران (۲۰۱۰) در مدل خود برای رتبه‌بندی فعالیت‌ها، از دو معیار هزینه و زمان استفاده کردند و به دلیل قطعی نبودن مدت‌زمان و هزینه انجام فعالیت‌ها، این دو معیار را به‌صورت فازی در نظر گرفته‌اند. معیار زمان به‌صورت درجه بحرانی

بودن به‌دست‌آمده از شبکه فازی در این شرایط، لحاظ شده است و ازآنجایی‌که در هر پروژه با توجه به اهداف و شرایط آن پروژه، میزان اهمیت هزینه و زمان متفاوت است، به این دو معیار وزن تخصیص داده و با استفاده از روش تاپسیس فازی، فعالیت‌ها بر اساس ریسک آن‌ها رتبه‌بندی شده‌اند. سامانترا و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیق با رویکرد تصمیم‌گیری فازی ریسک برون‌سپاری پروژه‌های فن‌آوری اطلاعات را بررسی کردند. آن‌ها در تحقیق موردبررسی از مفهوم مرکز ثقل برای تعمیم اعداد فازی ذوزنقه‌ای جهت رتبه‌بندی کمی ریسک‌ها استفاده کردند.رودریگز و همکاران (۲۰۱۶) با ترکیب روش تحلیل سلسله‌مراتبی و سیستم استنتاج فازی روش جدیدی ارائه کردند. آن‌ها برای پیاده‌سازی این روش یک سلسله‌مراتب ریسک ایجاد کردند و با ارائه یک مثال عددی واقعی از سه پروژه فناوری، نشان دادند که کاربرد این روش برای طبقه‌بندی عوامل ریسک بسیار مناسب است و اهمیت عوامل خطر را نشان می‌دهد. ناصری و همکاران (۲۰۱۳) از یک مدل برنامه‌ریزی خطی صفر و یک با اهداف مینیمم کردن دو محدودیت استفاده کردند که محدودیت اول باید اثر زمانی ریسک‌های وقوع یافته از کل ارزش زمانی مورد انتظار وقوع ریسک‌ها بیشتر نشود و محدودیت دوم کنترل می‌کند که اثر هزینه‌ای ریسک‌های وقوع یافته، کوچک‌تر یا مساوی ارزش مورد انتظار هزینه وقوع ریسک‌ها باشد. برای حل مدل پیشنهادی از روش برنامه‌ریزی خطی متریک استفاده گردید و نتایج برای یک پروژه سدسازی در منطقه عسلویه که شامل جواب‌های بهینه پارتویی است، ارائه‌شده است .

تحقیقات پیشین به اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه عمرانی پرداخته و تغییر روش اولویت‌بندی ریسک‌ها مورد را موردمطالعه قرارگرفته است. در این پژوهش تنوع و تعداد ریسکهای مورد بررسی افزایش یافته است. در طی زمان ساخت و بهره برداری پروژه های عمرانی مشکلات اجتماعی وجود دارد، که در این تحقیق ریسکهای اجتماعی پروژه ها نیز مورد ارزیابی و رار گرفته و رتبه بندی می شوند. از طرف دیگر یکی از مسائل مهم در پروژه‌های عمرانی تخریب اراضی و املاک است که پرداخت خسارات آنها باید در پروژه های عمرانی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. در پروژه های عمرانی اینگونه ریسکها موردبررسی قرار گرفته و روشهایی برای به تامین خسارات وارده بررسی شوند. همچنین در تحلیل ریسک‌ها استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای موجب بررسی اثرات متقابل شاخصها و گزینه های مختلف می گردد.

۳- روش تحقیق

در این تحقیق به منظور شناسایی ریسک های موجود با استفاده از پیمایش میدانی(مصاحبه) و کتابخانه‌ای(مطالعه کتاب و مقالات مرتبط با ریسک های پروژه های عمرانی از روش دلفی استفاده‌شده است. انتخاب صاحب نظران بخش بسیار مهمی از روش دلفی است. آگاهی این گروه، از موضوع مورد نظر، تضمین خوبی برای کیفیت بالای نتایج دلفی است. بنابراین حلقه اعضای دلفی در این پژوهش براساس آگاهی و تسلط بر موضوع تحقیق انتخاب شده اند که شامل متخصصین شرکت و اساتید دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد. پس از اطلاع رسانی راجع‌به موضوع پروژه در مرحله اول مصاحبه کلی صورت گرفت، در این مصاحبه ها سعی پژوهشگر بر آن بود تا رویکرد و نگاه متخصصان و اساتید به موضوع ریسک و ارتباط آن با پروژه مورد مطالعه را مورد کنکاش و بررسی قرار دهد. ریسک های موجود در پروژه های عمرانی مورد مطالعه قرار گرفته و ریسک های شناسایی شده جمع آوری شده و در مجموع 60 ریسک در حوزه های مختلف شناسایی شد. سپس یافته ها را با متخصصین و اساتید در میان گذاشته شده است و نظرات آنان در طی دومرحله اخذ گردید در طی سه مرحله پالایش و هماهنگ سازی صورت گرفته است، به صورتی که از 60 ریسک شناسایی شده در ابتدا در طی این دو مرحله ۱۸ ریسک در ۵ گروه انتخاب می شوند. در تهیه پرسشنامه بر اساس ریسک‌های شناسایی‌شده در پروژه، اهمم ریسک های شناسایی شده شامل ۱۸ ریسک اصلی است که در ۵ گروه فنی، مالی و پشتیبانی، اجتماعی، محیطی و اجرا قرارگرفته‌اند. درنهایت با به‌کارگیری روش ترکیبی دیمتل و فرایند تحلیل شبکه‌ای، اوزان نسبی عوامل مؤثر بر ریسک‌های پروژه جهت اولویت‌بندی آن‌ها محاسبه گردید. تمامی محاسبات مربوط به روش دیمتل و فرایند تحلیل شبکه‌ای با بهره‌گیری از نرم‌افزار MATLAB صورت گرفته است.

۳-۱-روش دیمتل

روش دیمتل روابط علی معلولی بین شاخص‌ها را در مسائل تصمیم‌گیری به یک مدل ساختاری ملموس تبدیل می‌کند (تی ژنگ و همکاران،۲۰۰۷). روش دیمتل با هدف استفاده مناسب از روش‌های تحقیق علمی، برای بهبود ساختار پیچیده مسائل و شناسایی راه‌حل‌های علمی با ساختار سلسله‌مراتبی بوجود آمد (دیوسالار و همکاران،۲۰۱۷). این روش مبتنی بر نمودارهایی است که می‌توانند مؤلفه‌های دخیل را به دو گروه علت و معلول تفکیک نماید. این نمودارها، رابطه وابستگی میان عناصر یک سیستم را به تصویر می‌کشند. نمودار علی با ترسیم زوج‌های مرتبی حاصل می‌شود که در آن محور افقی نشان‌دهنده شدت تأثیرپذیری و محور عمودی، علت یا معلول بودن عامل را نشان می‌دهد؛ به‌طوری‌که اگر عامل در بالای محور افقی قرار گیرد، جز گروه علت و اگر در پایین محور افقی قرار گیرد، جز گروه معلول قرار می‌گیرد. ازاین‌رو با استفاده از این نمودارها روابط علی میان معیارها به کمک دیاگرام علی تعیین و با تشخیص تفاوت میان معیارهای علت و معلول، می‌توان تصمیمات درستی اتخاذ نمود (جوکار و فاضلی،۲۰۱۷). مراحل روش دیمتل جهت محاسبه سطح وابستگی میان معیارها به شرح زیر است.

گام ۱: تهیه ماتریس روابط مستقیم

فرض کنید که n معیار جهت بررسی وجود دارد و می‌بایست توسط H کارشناس میزان تأثیرگذاری آن‌ها بر یکدیگر مشخص گردد. هر کارشناس می‌بایست میزان تأثیرگذاری آن‌ها بر یکدیگر مشخص نماید. هر کارشناس می‌بایست میزان تأثیرگذار معیار i بر معیار j را با توجه به جدول(۱) مشخص نماید. میزان تأثیر معیار i بر معیار j که توسط کارشناس kام مشخص‌شده است به‌صورت X_{ij}^{k} نشان داده می‌شود که j=1,...,i=1,...,n و k=1,...,H برای کارشناس k پس از انجام مقایسات زوجی بین تمام معیارها یک ماتریس $n \times n$ تشکیل خواهد شد، که هر X_{ij}^{k} در ماتریس (k=1,....,H). $x_{ij}^{k} = [X_{ij}^{k}]_{n\times n}$ نمایانگر یک عدد غیر منفی است. به همین ترتیب $(X^1, X^2, X^3, \dots X^H)$ ماتریس برای H کارشناس وجود دارد به‌طوری‌که تمامی عناصر قطر اصلی این ماتریس‌ها صفر خواهد بود زیرا که یک معیار نمی‌تواند بر روی خود تأثیری داشته باشد.

جدول ۱- مقیاس‌های مورداستفاده درروش دیمتل(حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳)

بدون تأثیر	تأثیر خیلی کم	تأثیر کم	تأثیر زیاد	تأثیر خیلی زیاد
۰	۱	۲	۳	۴

$$X^{k}\begin{bmatrix} X_{11}^{k} & X_{12}^{k} \dots X_{1j}^{k} \\ X_{21}^{k} & X_{22}^{k} \dots X_{2j}^{k} \\ & \cdot \\ & \cdot \\ X_{i1}^{k} & X_{i2}^{k} \vdots \quad X_{ij}^{k} \end{bmatrix} X_{ij}^{K} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0.1.2,3,4 \end{Bmatrix} \qquad (۱)$$

جهت تهیه ماتریس روابط مستقیم، میانگین حسابی تمامی ماتریس‌های $X^{K} = [X_{ij}^{k}]_{n\times n}$ که از پاسخ‌گویی H کارشناس به‌دست‌آمده است، محاسبه می‌گردد؛که ماتریس $A = [a_{ij}]_{n\times n}$ نشان‌دهنده متوسط نظرات H پاسخ‌دهنده (کارشناس)، میزان تأثیر اولیه هر معیار بر معیارهای دیگر و همچنین تأثیرپذیری اولیه هر معیار از معیارهای دیگر است.

گام ۲: نرمال کردن ماتریس روابط مستقیم

با استفاده از روابط (۲) و (۳) ماتریس روابط مستقیم A را می‌توان به ماتریس نرمال روابط مستقیم X تبدیل کرد(هانگ و همکاران،۲۰۰۶)

$$X = S \times A \quad (۲)$$

$$S = Min\left\{{}^{1}\!/_{Maz_{1\le i\le n}\sum_{j=1}^{n} aij}\ ,\ {}^{1}\!/_{Max_{1\le j\le n}\sum_{i=1}^{n} aij}\right\} \quad (۳)$$

گام ۳: تشکیل ماتریس روابط کلی

ماتریس روابط کلی (T) با استفاده از رابطه (٤) محاسبه می‌شود که در آن "I" ماتریس همانی است (دیوسالار و همکاران،۲۰۱۷)

$$T = X(I - X)^{-1} \quad (۴)$$

گام ۴: تعیین حد آستانه

ازآنجاکه ماتریس T اطلاعات مربوط به چگونگی اثرگذاری یک عامل بر عامل دیگر را فراهم می‌کند، تصمیم‌گیرنده باید یک مقدار یا حد آستانه برای فیلتر کردن برخی آثار جزئی (ناچیز) تعیین کند . این حد آستانه توسط کارشناسان تعیین‌شده و یا از طریق محاسبه میانگین عناصر ماتریس T به دست می‌آید. عناصری که مقادیر آن‌ها از حد آستانه بیشتر باشد، همان مقادیر خود را اختیار می‌کنند و در مقابل به عناصری که مقادیر آن‌ها از حد آستانه کمتر یا برابر آن است، عدد صفر تعلق می‌گیرد. نتیجه نهایی کار، ماتریسی همانند ماتریس Tc خواهد بود که در آن عدد بزرگ‌تر از صفر نشان‌دهنده تأثیرگذاری عامل سطری بر عامل ستونی است. اگر مقدار حد آستانه خیلی کم در نظر گرفته شود، ساختار سیستم همچنان پیچیده باقی‌مانده و فهم آن مشکل خواهد بود و اگر مقدار حد آستانه خیلی زیاد تعیین گردد، ساختار سیستم بسیار ساده‌شده و روابط مهم نیز نادیده گرفته خواهد شد. با توجه به حد آستانه می‌توان تأثیرات ناچیز را در ماتریس T نادیده گرفت و بر مبنای تاثیر گذاری و تاثیر پذیری معیار ها بر هم نقشه روابط شبکه‌ای[2] را ترسیم کرد که فهم روابط بین سیستم مورد نظر را آسان می‌نماید (فرجی سبکبار ،۲۰۱۳).

گام ۵: تهیه نمودار علی

با استفاده از رابطه (٦) و (۷)، حاصل جمع سطرها و ستون‌ها در ماتریس Tc محاسبه‌شده و به ترتیب بردار R و بردار C نامیده می‌شوند. نمودار علی با ترسیم زوج‌های مرتب $\left(D_k + R_k\ ,\ D_k - R_k\right)$ حاصل می‌شود که در آن محور افقی (D+R) که میزان اهمیت معیار را نشان می‌دهد و محور عمودی (D-R) رابطه تأثیرگذار یا تأثیرپذیر بودن (علت و معلول) را مشخص می‌کند. زمانی که مقدار $(D_k - R_k)$ مثبت است، آن معیار متعلق به گروه علت (اثرگذار) است و اگر منفی باشد، متعلق به گروه معلول (اثرپذیر) خواهد بود (دیوسالار و همکاران،۲۰۱۳).

$$T = \left[t_{cij}\right]_{n\times n} \qquad i,j = 1.2,\ldots.n \quad (۵)$$

$$R = \left[r_{ij}\right]_{1\times n} = \left[\sum_{j=1}^{n} t_{cij}\right]_{n\times 1} \quad (۶)$$

[2] Network Relationship Map

$$D = [D_{ij}]'_{n\times 1} = \left[\sum_{i=1}^{n} t_{cij}\right]_{1\times n} \quad (۷)$$

۳-۲- ترکیب روش DEMATEL و ANP

روش ANP جهت رفع فرض سلسله‌مراتبی بودن روابط در روش AHP برای حل مسائل شبکه‌ای توسط ساعتی (۱۹۹۶) توسعه یافت . هنگام محاسبه وزن نسبی معیارها با استفاده از روش مرسوم ANP، سطح وابستگی میان معیارها به‌صورت ارزش‌های متقابل (دوطرفه) در نظر گرفته می‌شود؛ درحالی‌که درروش دیمتل سطح وابستگی میان معیارها، ارزش‌های متقابل نخواهد داشت و به آنچه در دنیای واقعی وجود دارد، نزدیک‌تر است (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱). بنابراین جهت رفع سطح وابستگی میان معیارها به‌صورت ارزش‌های متقابل روش ANP، از ماتریس روابط کلی (ماتریس T) که از روش دیمتل به دست می‌آید، جهت محاسبه وزن نسبی معیارها استفاده خواهد شد.

روش دیمتل تنها برای محاسبه سطح تأثیرگذاری میان گروه‌های متفاوتی از عوامل مورداستفاده قرار نمی‌گیرد؛ بلکه از ماتریس تأثیرگذاری کلی نرمال شده جهت تشکیل سوپر ماتریس ناموزون در روش ANP برای محاسبه سطح وابستگی بین عوامل متفاوت نیز استفاده خواهد شد.

ترکیب روش دیمتل و ANP در پنج گام صورت می‌گیرد(لی و همکاران،۲۰۱۱):

گام ۱: ساخت ماتریس تأثیرگذاری کلی (T_c) و NRM

در این مرحله با استفاده از روش دیمتل، ماتریس T_c پس از تعیین حد آستانه برای ماتریس روابط کلی (T) حاصل می‌گردد و با توجه به آن نقشه روابط شبکه‌ای ترسیم می‌گردد.

گام ۲: محاسبه سوپر ماتریس ناموزون W

مجموع تأثیرات هر معیار در ارتباط با معیارهای سایر معیار ها در ماتریس تأثیرگذاری کلی محاسبه‌شده با روش دیمتل، در ماتریس T_c نشان داده می‌شود . در ابتدا ماتریس تأثیرگذاری کلیT_c نرمال گردیده و تأثیرگذاری زیر معیارهای هر معیار یا معیار اصلی در ارتباط با زیر معیارهای سایر معیار ها به‌صورت ماتریس‌های جداگانه در نظر گرفته می‌شوند. در هر یک از این ماتریس‌ها با تقسیم کردن عنصر هر سطر بر مجموع عناصر همان سطر، ماتریس نرمال می‌گردد. با نرمال شدن تمامی ماتریس‌ها، ماتریس تأثیرگذاری کلی نرمال شده T_c^a حاصل می‌گردد. این مقدار نرمال شده تأثیرات معیارها در ارتباط با معیارهای سایر خوشه‌ها جهت ساخت سوپر ماتریس ناموزون W درروش ANP مورداستفاده قرار می گیرد.

گام ۳: ساخت ماتریس تأثیرگذاری گروهی کلی

تأثیرگذاری زیر معیارهای هر خوشه در ارتباط با زیرمعیارهای سایر خوشه‌ها به‌صورت ماتریس‌های جداگانه در نظر گرفته می‌شود. ماتریس تأثیرگذاری گروهی کلی، ماتریسی همانند ماتریس T_D است که هر عنصر آن از حاصل جمع تمامی عناصر هر یک از ماتریس‌ها (ماتریس متناظر با خود) به دست می‌آید. جهت نرمال کردن این ماتریس نیز عنصر هر سطر بر مجموع عناصر همان سطر تقسیم می‌گردد.

گام ۴: محاسبه سوپر ماتریس موزون

سوپر ماتریس موزون W_W از ترکیب ماتریس تأثیرگذاری گروهی کلی نرمال شده(T_D^a) و سوپر ماتریس ناموزون (W) با استفاده از رابطه (۸) حاصل می‌گردد.

$$W_W = T_D^a \times w \quad (۸)$$

گام ۵: محاسبه سوپر ماتریس محدود

برای محاسبه سوپر ماتریس محدود، سوپر ماتریس موزون (W_W) آن‌قدر در خود ضرب خواهد شد، تا مقادیر بردارهای ماتریس محدود به مقدار ثابتی برسد. که توسط رابطه (۹) بیان شده است.

$$\lim_{z\to\infty} w_W^z \qquad (۹)$$

که در آن Z به سمت بی‌نهایت میل می‌کند. بردارهای سوپر ماتریس محدودشده بیانگر وزن نسبی معیارها است.

۴- تجزیه و تحلیل نتایج(مطالعه موردی)

برای اعتبار سنجی مدل تصمیم گیری ارائه شده پروژه آب‌رسانی دشت سیستان واقع در شهرستان زابل است. این پروژه شامل ۳۱ کیلومتر خط لوله GRP همراه با سازه های آن و شامل ۲۳۲ کیلومتر خط لوله پلی اتیلن همراه با سازه های آن و یک ایستگاه پمپاژ با ظرفیت ۶ پمپ است. ابتدا با جستجو در مطالعات مشابه و مصاحبه با متخصصان از 60 ریسک یافته شده در مراحل ابتدایی، ۱۸ ریسک اصلی شناسایی که در ۵ گروه فنی، مالی و پشتیبانی، اجتماعی، محیطی، اجرا قرارگرفته(جدول۲). متخصصین شامل اساتید دانشگاهی، کارفرمایان، مشاوران و پیمانکاران این حوزه که آشنا با ریسک‌های این پروژه بوده‌اند، رجوع شده است.

جدول ۲- عوامل ریسک پروژه آب‌رسانی دشت سیستان

معیارهای اصلی	زیر معیارها	علامت اختصاری
فنی	کمبود مهارت کارکنان فنی	C1
	تدوین قرارداد جزء در بخش فنی	C2
	تدوین صورت‌وضعیت	C3
مالی و پشتیبانی	کمبود مهارت کارکنان مالی و پشتیبانی	C4
	تحویل یا تضمین خدمات	C5
	ریسک‌های پشتیبانی(عدم خرید لوازم و تجهیزات)	C6
	تدوین قرارداد جزء در بخش مالی	C7
	تورم و تغییر قیمت	C8
اجتماعی	معارضت‌های شدید(درگیری بین شرکت و مردم)	C9
	تجمیع	C10
	کمبود مهارت کارکنان اجتماعی	C11
محیطی	آلودگی هوا	C12
	گرمای شدید	C13
اجرا	افزایش هزینه عملیاتی	C14
	کمبود مهارت کارکنان اجرا	C15
	عدم استفاده صحیح از امکانات	C16
	نبود امکانات	C17
	طراحی ضعیف نقشه‌ها	C18

شناسایی ریسک ها با استفاده از روش دلفی در سه سطح از 60 ریسک شناسایی شده، ۱۸ ریسک انتخاب گردید که درپنج دسته ریسک های فنی، مالی و پشتیبانی، اجتماعی، محیطی، اجرا دسته بندی شده است. پس از شناسایی و نهایی کردن معیارها بوسیله روش دلفی، جهت مدل‌سازی مسئله و تحلیل آن از روش DEMATEL-ANP که جزئیات مربوط به آن در بخش قبلی تشریح گردید، استفاده شد.

۴-۱-ساخت ماتریس تأثیرگذاری کلی T_c و نمودار NRM

جهت شناسایی روابط میان معیارها بر اساس روش دیمتل پرسشنامه ای طراحی و در اختیار متخصصین قرارداد شد و از آن‌ها خواسته شد میزان تأثیرگذاری هر معیار بر معیارهای دیگر را با توجه به طیفی که در جدول (۱) ارائه‌شده است، مشخص نمایند . جهت تلفیق پاسخ‌های تمامی افراد، میانگین حسابی نظرات آنان محاسبه گردید و ماتریس روابط مستقیم بدست آید. که پس از نرمال کردن این ماتریس، ماتریس روابط کلی با استفاده از رابطه (۴) به‌صورت جدول(۳) به دست آمد .

جدول ۳- ماتریس نرمال شده روابط کل T(روابط مستقیم و غیرمستقیم)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
C1	0.2362	0.3521	0.4117	0.225	0.1947	0.1485	0.1916	0.2402	0.3528	0.2864	0.3609	0.5068	0.4932	0.238	0.2035	0.1998	0.1457	0.213
C2	0.388	0.2466	0.3654	0.1939	0.2163	0.1635	0.1691	0.2572	0.3469	0.286	0.3671	0.5065	0.4935	0.2451	0.2214	0.2088	0.1444	0.1804
C3	0.3886	0.3633	0.2481	0.2093	0.168	0.1839	0.1894	0.2494	0.3795	0.3088	0.3116	0.5056	0.4944	0.2685	0.188	0.1858	0.1662	0.1915
C4	0.3853	0.3114	0.3034	0.1266	0.23	0.2175	0.2154	0.2106	0.3581	0.2942	0.3477	0.5175	0.4825	0.2393	0.1897	0.2371	0.1945	0.1395
C5	0.3596	0.2734	0.367	0.218	0.1569	0.1951	0.2007	0.2293	0.3591	0.3104	0.3305	0.5187	0.4813	0.2415	0.1921	0.226	0.1601	0.1803
C6	0.3691	0.3139	0.3171	0.2268	0.2086	0.1208	0.2007	0.2431	0.3447	0.2762	0.3791	0.5065	0.4935	0.2588	0.196	0.2161	0.1747	0.1543
C7	0.3055	0.317	0.3775	0.2213	0.2301	0.1981	0.1302	0.2203	0.4135	0.275	0.3115	0.5151	0.4849	0.2401	0.204	0.2031	0.1993	0.1535
C8	0.3256	0.307	0.3674	0.2155	0.2162	0.1974	0.2148	0.156	0.4145	0.2753	0.3102	0.4974	0.5026	0.2732	0.1773	0.2018	0.1657	0.1821
C9	0.3312	0.3137	0.3551	0.1976	0.2106	0.1901	0.1854	0.2162	0.2621	0.3556	0.3823	0.5058	0.4942	0.2432	0.1993	0.2022	0.165	0.1903
C10	0.3289	0.311	0.3601	0.2019	0.2059	0.1951	0.1851	0.2119	0.402	0.2076	0.3904	0.506	0.494	0.2428	0.2034	0.2064	0.1738	0.1737
C11	0.3287	0.3217	0.3496	0.1938	0.2085	0.1876	0.1919	0.2182	0.4061	0.3506	0.2433	0.5059	0.4941	0.2344	0.1936	0.1958	0.1674	0.2088
C12	0.3175	0.3216	0.3609	0.1868	0.2315	0.1679	0.1936	0.2201	0.3984	0.3033	0.2982	0.4015	0.5985	0.2582	0.1976	0.2008	0.1654	0.1779
C13	0.3162	0.329	0.3548	0.1901	0.219	0.1783	0.2026	0.21	0.3595	0.2915	0.3491	0.599	0.401	0.2453	0.2109	0.2078	0.1677	0.1682
C14	0.3536	0.293	0.3534	0.1912	0.2039	0.1949	0.1774	0.2327	0.3741	0.282	0.3439	0.5142	0.4858	0.1874	0.2109	0.2243	0.1677	0.2097
C15	0.3787	0.2968	0.3244	0.1854	0.2241	0.1699	0.1836	0.237	0.37	0.2707	0.3593	0.5354	0.4646	0.265	0.1405	0.2076	0.1721	0.2148
C16	0.3335	0.3151	0.3514	0.1706	0.2255	0.1868	0.1856	0.2314	0.3819	0.2972	0.3208	0.5065	0.4935	0.2657	0.2181	0.1526	0.1686	0.195
C17	0.3292	0.3216	0.3492	0.2091	0.1974	0.1682	0.1951	0.2302	0.3935	0.261	0.3455	0.5063	0.4937	0.2715	0.2174	0.2137	0.118	0.1794
C18	0.3318	0.3144	0.3538	0.2143	0.2153	0.1741	0.1783	0.2181	0.3767	0.2909	0.3324	0.5074	0.4926	0.2795	0.2227	0.203	0.1559	0.1389

در گام بعدی می‌بایست یک مقدار یا حد آستانه برای فیلتر کردن برخی آثار جزئی (ناچیز) تعیین گردد که این حد آستانه، میانگین حسابی عناصر ماتریس روابط کلی نرمال شده (۰,۲۷۷۷) تعیین شد. بنابراین عناصری که مقادیر آن‌ها از حد آستانه بیشتر باشد، همان مقادیر خود را اختیار می‌کنند و در مقابل به عناصری که مقادیر آن‌ها از حد آستانه کمتر یا برابر با آن است، عدد صفر تعلق می‌گیرد نتایج محاسبات در جدول (۴) نمایش داده‌شده است.

جدول ۴ -ماتریس تأثیرگذاری کلی

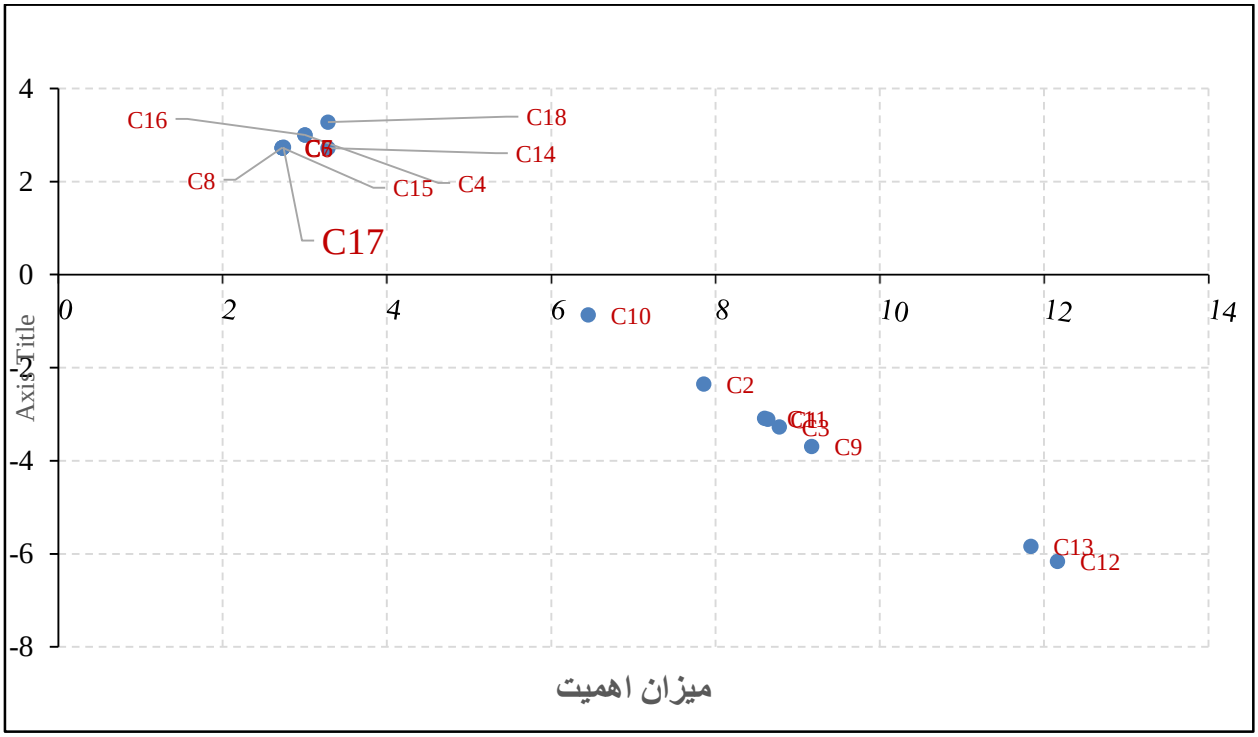
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
C1	0	0.3521	0.4117	0	0	0	0	0	0.3528	0.2864	0.3609	0.5068	0.4932	0	0	0	0	0
C2	0.388	0	0.3654	0	0	0	0	0	0.3469	0.286	0.3671	0.5065	0.4935	0	0	0	0	0
C3	0.3886	0.3633	0	0	0	0	0	0	0.3795	0.3088	0.3116	0.5056	0.4944	0	0	0	0	0
C4	0.3853	0.3114	0.3034	0	0	0	0	0	0.3581	0.2942	0.3477	0.5175	0.4825	0	0	0	0	0
C5	0.3596	0	0.367	0	0	0	0	0	0.3591	0.3104	0.3305	0.5187	0.4813	0	0	0	0	0
C6	0.3691	0.3139	0.3171	0	0	0	0	0	0.3447	0	0.3791	0.5065	0.4935	0	0	0	0	0
C7	0.3055	0.317	0.3775	0	0	0	0	0	0.4135	0	0.3115	0.5151	0.4849	0	0	0	0	0
C8	0.3256	0.307	0.3674	0	0	0	0	0	0.4145	0	0.3102	0.4974	0.5026	0	0	0	0	0
C9	0.3312	0.3137	0.3551	0	0	0	0	0	0	0.3556	0.3823	0.5058	0.4942	0	0	0	0	0
C10	0.3289	0.311	0.3601	0	0	0	0	0	0.402	0	0.3904	0.506	0.494	0	0	0	0	0
C11	0.3287	0.3217	0.3496	0	0	0	0	0	0.4061	0.3506	0	0.5059	0.4941	0	0	0	0	0
C12	0.3175	0.3216	0.3609	0	0	0	0	0	0.3984	0.3033	0.2982	0.4015	0.5985	0	0	0	0	0
C13	0.3162	0.329	0.3548	0	0	0	0	0	0.3595	0.2915	0.3491	0.599	0.401	0	0	0	0	0
C14	0.3536	0.293	0.3534	0	0	0	0	0	0.3741	0.282	0.3439	0.5142	0.4858	0	0	0	0	0
C15	0.3787	0.2968	0.3244	0	0	0	0	0	0.37	0	0.3593	0.5354	0.4646	0	0	0	0	0
C16	0.3335	0.3151	0.3514	0	0	0	0	0	0.3819	0.2972	0.3208	0.5065	0.4935	0	0	0	0	0
C17	0.3292	0.3216	0.3492	0	0	0	0	0	0.3935	0	0.3455	0.5063	0.4937	0	0	0	0	0
C18	0.3318	0.3144	0.3538	0	0	0	0	0	0.3767	0.2909	0.3324	0.5074	0.4926	0.2795	0	0	0	0

برای محاسبه روابط نفوذ و تحت نفوذ قرار گرفتن متغیرها، مجموع سطرها و ستون‌ها به‌صورت جداگانه با استفاده از ماتریس کل به دست آمده و به‌صورت مجموع سطر و ستون و اختلاف آن دو به‌صورت جدول (۵) نوشته و رتبه‌بندی انجام می گردد.

جدول ۵-ترتیب نفوذ و تحت نفوذ قرار گرفتن متغیرها

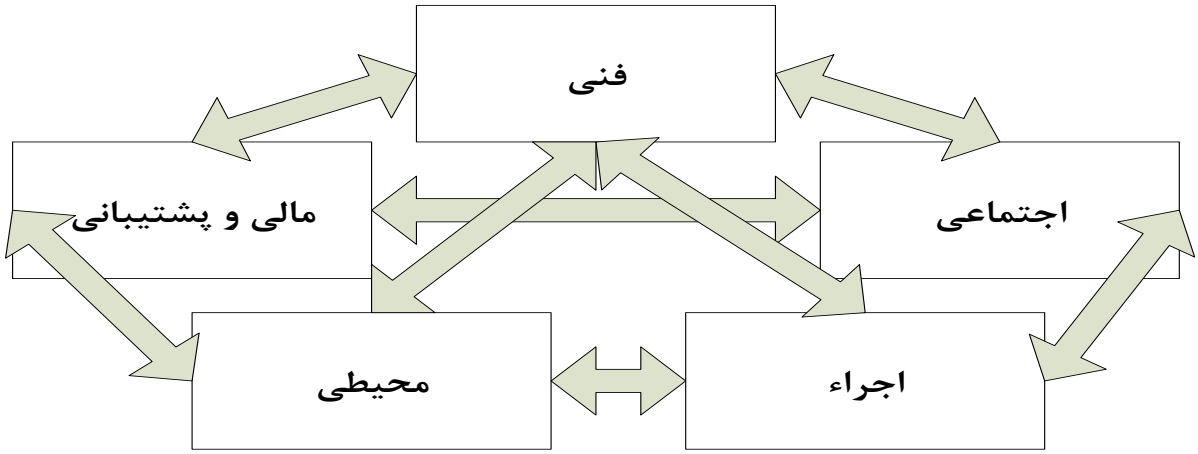
معیارهای اصلی	زیر معیارها	علامت اختصاری	$\widetilde{D}$	$\tilde{R}$	$\widetilde{D}_i + \tilde{R}_i$	$\widetilde{D}_i - \tilde{R}_i$
فنی	کمبود مهارت کارکنان	C1	۲,۷۶۳۷۵۳۹۳۳	۵,۸۷۱۰۷۸۱۱۲	۸,۶۳۴۸۳۲۰۴۵	-3.10732418
فنی	تدوین قرارداد جزء در بخش فنی	C2	۲,۷۵۳۳۷۴۷۲۲	۵,۱۰۲۶۰۳۱	۷,۸۵۵۹۷۷۸۲۲	-2.349228378
فنی	تدوین صورت‌وضعیت	C3	۲,۷۵۱۹۰۱۵۳۶	۶,۰۲۱۹۸۰۴۵۶	۸,۷۷۳۸۸۱۹۹۱	-3.27007892
مالی و پشتیبانی	سطح مهارت کارکنان در بخش پشتیبانی	C4	۳	۰	۳	3
مالی و پشتیبانی	تحویل یا تضمین خدمات	C5	۲,۷۲۶۶۳۱۴۷۸	۰	۲,۷۲۶۶۳۱۴۷۸	2.726631478
مالی و پشتیبانی	ریسک‌های پشتیبانی	C6	۲,۷۲۳۷۹۳۳۶۸	۰	۲,۷۲۳۷۹۳۳۶۸	2.723793368
مالی و پشتیبانی	تدوین قرارداد جزء در بخش مالی	C7	۲,۷۲۵۰۲۵۱۳۴	۰	۲,۷۲۵۰۲۵۱۳۴	2.725025134
مالی و پشتیبانی	تورم و تغییر قیمت	C8	۲,۷۲۴۶۷۴۸۳۵	۰	۲,۷۲۴۶۷۴۸۳۵	2.724674835
اجتماعی	معارضت‌های شدید	C9	۲,۷۳۷۸۹۵۸۶۳	۶,۴۳۱۳۳۷۰۰۹	۹,۱۶۹۲۳۲۸۷۲	-3.693441146
اجتماعی	تجمیع	C10	۲,۷۹۲۴۱۱۹۱	۳,۶۵۶۸۵۱۳۷۶	۶,۴۴۹۲۶۳۲۸۶	-0.864439466
اجتماعی	سطح مهارت کارکنان	C11	۲,۷۵۶۶۵۲۳۳۹	۵,۸۴۰۵۷۳۳۶۵	۸,۵۹۷۲۲۵۷۰۴	-3.083921026
محیطی	آلودگی هوا	C12	۳	۹,۱۶۱۹۶۲۳۷۱	۱۲,۱۶۱۹۶۲۳۷	-6.161962371
محیطی	گرمای شدید	C13	۳	۸,۸۳۸۰۳۷۶۲۹	۱۱,۸۳۸۰۳۷۶۳	-5.838037629
اجرا	هزینه عملیاتی	C14	۳	۰,۲۷۹۵۲۱۲۱۹	۳,۲۷۹۵۲۱۲۱۹	2.720478781
اجرا	سطح مهارت کارکنان	C15	۲,۷۲۹۲۹۲۴۸۱	۰	۲,۷۲۹۲۹۲۴۸۱	2.729292481
اجرا	عدم استفاده صحیح از امکانات	C16	۳	۰	۳	3
اجرا	نبود امکانات	C17	۲,۷۳۹۰۱۵۸۲	۰	۲,۷۳۹۰۱۵۸۲	2.73901582
اجرا	طراحی ضعیف نقشه‌ها	C18	۳,۲۷۹۵۲۱۲۱۹	۰	۳,۲۷۹۵۲۱۲۱۹	3.279521219

نمودار (۱) نیز درواقع نمودار مختصات نهایی روابط میان متغیرها است. نقاطی که بالای محور افقی قرار دارند، متغیرهای اثرگذار و نقاطی که زیر محور افقی قرار دارند، متغیرهای اثرپذیر هستند. نمودار علی (شکل ۱) با توجه به زوج مرتب‌های (Ri+Dj,Ri-Dj) ترسیم می‌گردد. معیارهایی که مقدار Ri-Dj آن‌ها کمتر از صفر باشد جزء معیارهای تأثیرپذیر (معلول) و اگر بزرگ‌تر از صفر باشد آن معیار تأثیرگذار (علت) خواهد بود.



شکل ۱-نمودار علی

شکل (۲) با اسفاده از حد آستانه در نظر گرفته شده و ماتریس تاثیر گذاری گروهی بدست آمده میزان تاثیر گذاری و تاثیر پذیری معیار ها بر هم را نشان می دهد.



شکل ۲- نقشه روابط شبکه‌ای (NRM)

با توجه به جدول(۵) معیارهایC4,C5,C6,C7,C8,C14,C15,C16,C17,C18 تأثیرگذار و معیارهای C1,C2,C3,C9,C10,C11,C12,C13 تأثیرپذیر خواهند بود. مقدارRi+Cj برای هر معیار بیانگر شدت تعامل آن معیار با معیارهای دیگر است. در این میان معیارهای تأثیرگذار و تأثیرپذیر هر معیار که مقدارRi+Cj برای آن بیشتر باشد، از اهمیت بیشتری برخوردار است. بنابراین معیار C18در میان عوامل تأثیرگذار و معیار C12در میان عوامل تأثیرپذیر از اهمیت بیشتری برخوردارند. در ماتریس تأثیرگذاری کلی، با جمع مقادیر زیر معیارهای هر معیار در ارتباط با دیگر معیارها، ماتریس تأثیرگذاری گروهی کلی (T_D)به دست می‌آید.

جدول (۶) تأثیرگذاری معیارهای اصلی بر یکدیگر نشان می‌دهد که در آن بعد از تعیین حد آستانه، معیار اصلی محیطی بر معیار اصلی اجتماعی و همچنین بر خود تأثیرگذار نیستند. معیار اصلی عوامل اجتماعی بر معیار اجرا بیشترین تأثیرگذاری رادارند.

جدول ۶- ماتریس گذاری گروهی کلی تأثیر

	فنی	مالی و پشتیبانی	اجتماعی	محیطی	اجرا
فنی	0.207521	0.201315	0	0	0.222699
مالی و پشتیبانی	0	0.213188	0	0	0.222956
اجتماعی	0.202472	0	0	0.202232	0.216703
محیطی	0.212096	0.202752	0	0	0.223935
اجرا	0.216513	0	0	0	0.215661

جدول (۷)مجموع تأثیرگذاری و تأثیرپذیری گروهی کلی را نشان می‌دهد که نحوه محاسبه آن همانند جدول(۵) است. با توجه به جدول معیارهای گروه اجتماعی تأثیرگذارترین و معیارهای گروه فنی تأثیرپذیرترین معیارها هستند.

جدول ۷-مجموع تأثیرگذاری و تأثیرپذیری گروهی کلی

معیارهای اصلی	$\breve{D}$	$\tilde{R}$	$\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$	$\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$
فنی	۰,۶۳۱۵۳۴۹۸	۰,۸۳۸۶۰۲۴۷	۱,۴۷۰۱۳۷۴	-0.2070675
مالی و پشتیبانی	۰,۴۳۶۱۴۳۹۹	۰,۶۱۷۲۵۵۵۶	۱,۰۵۳۳۹۹۶	-0.1811116
اجتماعی	۰,۶۲۱۴۰۸۱۱	۰	۰,۶۲۱۴۰۸۱	0.6214081
محیطی	۰,۶۳۸۷۸۳	۰,۲۰۲۲۳۲۵	۰,۸۴۱۰۱۵۵	0.4365505
اجرا	۰,۴۳۲۱۷۳۸۱	۱,۱۰۱۹۵۳۳۸	۱,۵۳۴۱۲۷۲	-0.6697796

۴-۲-محاسبه وزن معیارها

سوپر ماتریس موزون از حاصل‌ضرب عناصر تأثیرگذاری گروهی کلی نرمال شده در سوپر ماتریس ناموزون به دست می‌آید. برای محاسبه سوپر ماتریس محدود، سوپر ماتریس موزون را آن‌قدر در خود ضرب کرده تا به مقدار ثابتی برسند. در تحقیق حاضر در توان دوازدهم عناصر ماتریس به یک مقدار ثابتی رسیدند.سوپر ماتریس محدود شده در جدول (۸)نشان داده شده است.

جدول ۸- سوپر ماتریس محدودشده

		فنی			مالی و پشتیبانی					اجتماعی			محیطی		اجزاء				
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
فنی	C1	0.06978	0.06978	0.06978	0.06978	0.06978	0.06978	0.06978	0.06978	0.06978	0.06978	0.06978	0.06978	0.06978	0.06978	0.06978	0.06978	0.06978	0.06978
	C2	0.06533	0.06533	0.06533	0.06533	0.06533	0.06533	0.06533	0.06533	0.06533	0.06533	0.06533	0.06533	0.06533	0.06533	0.06533	0.06533	0.06533	0.06533
	C3	0.07244	0.07244	0.07244	0.07244	0.07244	0.07244	0.07244	0.07244	0.07244	0.07244	0.07244	0.07244	0.07244	0.07244	0.07244	0.07244	0.07244	0.07244
مالی و پشتیبانی	C4	0.03968	0.03968	0.03968	0.03968	0.03968	0.03968	0.03968	0.03968	0.03968	0.03968	0.03968	0.03968	0.03968	0.03968	0.03968	0.03968	0.03968	0.03968
	C5	0.04189	0.04189	0.04189	0.04189	0.04189	0.04189	0.04189	0.04189	0.04189	0.04189	0.04189	0.04189	0.04189	0.04189	0.04189	0.04189	0.04189	0.04189
	C6	0.03585	0.03585	0.03585	0.03585	0.03585	0.03585	0.03585	0.03585	0.03585	0.03585	0.03585	0.03585	0.03585	0.03585	0.03585	0.03585	0.03585	0.03585
	C7	0.03787	0.03787	0.03787	0.03787	0.03787	0.03787	0.03787	0.03787	0.03787	0.03787	0.03787	0.03787	0.03787	0.03787	0.03787	0.03787	0.03787	0.03787
	C8	0.04490	0.04490	0.04490	0.04490	0.04490	0.04490	0.04490	0.04490	0.04490	0.04490	0.04490	0.04490	0.04490	0.04490	0.04490	0.04490	0.04490	0.04490
اجتماعی	C9	0.06673	0.06673	0.06673	0.06673	0.06673	0.06673	0.06673	0.06673	0.06673	0.06673	0.06673	0.06673	0.06673	0.06673	0.06673	0.06673	0.06673	0.06673
	C10	0.05287	0.05287	0.05287	0.05287	0.05287	0.05287	0.05287	0.05287	0.05287	0.05287	0.05287	0.05287	0.05287	0.05287	0.05287	0.05287	0.05287	0.05287
	C11	0.06065	0.06065	0.06065	0.06065	0.06065	0.06065	0.06065	0.06065	0.06065	0.06065	0.06065	0.06065	0.06065	0.06065	0.06065	0.06065	0.06065	0.06065
محیطی	C12	0.09727	0.09727	0.09727	0.09727	0.09727	0.09727	0.09727	0.09727	0.09727	0.09727	0.09727	0.09727	0.09727	0.09727	0.09727	0.09727	0.09727	0.09727
	C13	0.09437	0.09437	0.09437	0.09437	0.09437	0.09437	0.09437	0.09437	0.09437	0.09437	0.09437	0.09437	0.09437	0.09437	0.09437	0.09437	0.09437	0.09437
اجزاء	C14	0.05485	0.05485	0.05485	0.05485	0.05485	0.05485	0.05485	0.05485	0.05485	0.05485	0.05485	0.05485	0.05485	0.05485	0.05485	0.05485	0.05485	0.05485
	C15	0.04405	0.04405	0.04405	0.04405	0.04405	0.04405	0.04405	0.04405	0.04405	0.04405	0.04405	0.04405	0.04405	0.04405	0.04405	0.04405	0.04405	0.04405
	C16	0.04498	0.04498	0.04498	0.04498	0.04498	0.04498	0.04498	0.04498	0.04498	0.04498	0.04498	0.04498	0.04498	0.04498	0.04498	0.04498	0.04498	0.04498
	C17	0.03626	0.03626	0.03626	0.03626	0.03626	0.03626	0.03626	0.03626	0.03626	0.03626	0.03626	0.03626	0.03626	0.03626	0.03626	0.03626	0.03626	0.03626
	C18	0.04023	0.04023	0.04023	0.04023	0.04023	0.04023	0.04023	0.04023	0.04023	0.04023	0.04023	0.04023	0.04023	0.04023	0.04023	0.04023	0.04023	0.04023

جدول 9 وزن نسبی هر معیار در ارتباط با انتخاب پر ریسک ترین بخش را نشان می‌دهد. جدول(۹) وزن نسبی هر زیر معیار و معیارهای اصلی را در ارتباط با ریسک‌های پروژه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می گردد مهم‌ترین معیارها مربوط به آلودگی هوا، گرمای شدید در گروه محیطی است. معیار ریسک‌های پشتیبانی در گروه مالی و پشتیبانی و نبود امکانات در گروه اجرا کمترین وزن را نسبت به سایر معیارها دارند. همچنین با توجه به وزن معیارهای اصلی می‌توان دریافت که اجرا با وزن نسبی ۰,۲۲۰۳۶ و بعدازآن معیار اصلی فنی با وزن نسبی ۰,۲۰۷۵۶ پر ریسک ترین بخش‌ها را نشان می‌دهند.

جدول۹-اوزان نسبی معیارها و زیر معیارها

زیر معیارها	نماد	وزن نسبی	رتبه معیار	وزن نسبی معیار اصلی
سطح مهارت کارکنان	C1	0.06978	4	**فنی ۰,۲۰۷۵۶**
تدوین قرارداد جزء	C2	0.06533	6	
تدوین صورت‌وضعیت	C3	0.07244	3	
سطح مهارت کارکنان	C4	0.03968	15	**مالی و پشتیبانی ۰,۲۰۰۱۹**
تحویل یا تضمین خدمات	C5	0.04189	13	
ریسک‌های پشتیبانی	C6	0.03585	18	
تدوین قرارداد جزء	C7	0.03787	16	
تورم و تغییر قیمت	C8	0.04490	11	
معارضت‌های شدید	C9	0.06673	5	**اجتماعی ۰,۱۸۰۲۶**
تجمیع	C10	0.05287	9	
سطح مهارت کارکنان	C11	0.06065	7	
آلودگی هوا	C12	0.09727	1	**محیطی ۰,۱۹۱۶۵**
گرمای شدید	C13	0.09437	2	
هزینه عملیاتی	C14	0.05485	8	**اجرا ۰,۲۲۰۳۶**
سطح مهارت کارکنان	C15	0.04405	12	
عدم استفاده صحیح از امکانات	C16	0.04498	10	
نبود امکانات	C17	0.03626	17	
طراحی ضعیف نقشه‌ها	C18	0.04023	14	

۵- نتیجه‌گیری

امروزه توجه به فرصت ها و تهدید های موجود در عرصه ساخت و ساز در رویارویی با ریسک ها ضروری و مهم است. پروژه های آب رسانی به عنوان سرمایه گذاری خطر نام بویژه در کشور های درحال توسعه مشاهده می شود و بخش های عمومی و خصوصی باید فراوانی ریسک مربوط به این گونه پروژه ها را در نظر بگیرند.پیشرفت اقتصادی در کشورهای درحال‌توسعه مانند ایران و لزوم توجه به مناطق محروم نیازمند انجام پروژه‌های زیربنایی از قبیل این‌گونه پروژه موردمطالعه است که به دلیل عدم مدیریت در مصرف آب در بخش کشاورزی در این منطقه باعث ایجاد کم‌آبی و کاهش کشاورزی در این منطقه شده است. بدین منظور پروژه‌های آب‌رسانی دشت سیستان با شرایط خاص منطقه که وظیفه همین مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی را دارد و لزومِ چنین پروژه برای چنین منطقه الزام‌آور است، در معرض ریسک‌های مختلفی قرار دارند. انجام این پژوهش در راستای تحقق مدیریت ریسک مناسب در این‌گونه پروژه‌ها است که می‌تواند نقش قابل‌توجهی دررسیدن این پروژه‌ها به اهداف تعیین‌شده داشته باشد. در این تحقیق پس از به کارگیری نظر خبرگان و مسئولان با استفاده از روش دلفی به‌منظور شناسایی ریسک‌ها ، با استفاده از روش دیمتل و تحلیل شبکه ای اولویت بندی ریسک‌ها بر اساس تاثیرگذارترین و تاثیرپذیرترین را انجام داده است. استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری برای این‌گونه پروژه‌ها که به دلیل محدود بودن منابع مالی، دیرکردهای پرداختی مختلف و تعدد ریسک‌ها مشکلاتی برای پروژه ایجاد می‌کنند می‌تواند روش تکمیل‌کننده برای انتخاب باشد. در بررسی نتایج به‌صورت در جدول پایانی به اهمیت کار اجزاء که پر ریسک‌ترین کار است پی خواهیم برد بر طبق نظرات خبرگان این مجموعه همه درصدد تسریع در کار برای پروژه هستند. بنابراین نظارت شدید خود را بر بخش اجزاء قرار می‌دهند بنابراین ممکن است از مابقی بخش‌ها چشم‌پوشی کنند اما نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش حاکی از اثرگذاری بخش‌ها بر یکدیگرند. طبق نتایج تأثیرگذارترین بخش در ریسک مجموعه بخش اجتماعی است که در حالت عادی شاید از ریسک شدید برخوردار نباشد ولی با بروز مشکل در این بخش کلیه بخش‌ها نیز درگیر مشکل شده و ممکن از روند پروژه به تأخیر بیافتد بنابراین مدیریت مجموعه فقط نباید به نتایج نهایی توجه داشته باشد و باید اثرگذاری بخش‌ها بر یکدیگر و درنهایت اولویت‌بندی چه در بخش معیارها چه در گروه‌ها موردتوجه قرار دهد و سپس به تصمیم‌گیری نهایی اقدام کند.

منابع

۱- تصمیم گیری چند معیاره فازی، حبیبی،آ. سرافرازی،ا.ایزدیار،ص.(۱۳۹۳) سیمای دانش،آذر، رشت، کتیبه گیل.

۲- روش های تصمیم گیری چند شاخصه با نگرشی کاربردی، ترابی، سیدع. و باقرصاد، م. (۱۳۹۵) انتشارات دانشگاه تهران،صص۱۳۴-۱۳۷

3-Arish, A. Akbarpour, M. And Seyedesfahani, M, M. (2010). Model-based decision support in planning risk responses, International Journal of Industrial Engineering and Production Management, 20(3).

4-PMI, A Guide to the project management body of knowledge, fourth edition, Pennsylvania, Project ManagementInstitute, 2008.

5-Zayed, Tarek. Amer, Mohamed. and Pan,Jiayin. (2008). "Assessing risk and uncertainty inherent in Chinese highway projects using AHP." International Journal of Project Management, 26, 408–419.

6-Nieto-Morote, A. and Ruz-Vila, F. (2011). "A fuzzy approach to construction project risk assessment".International Journal of Project Management, 29. 220–231.

7-KarimiAzari, A.R. Mousavi, N. Mousavi, S.F. and Hosseini, S.B. (2011). "Risk assessment model selectionin construction industry." Expert Systems with Applications, 38. 9105–9111.

8-Salehi sedgheyani, J. (2010). Provide a method for ranking risks of project activities based on CPM networksusing fuzzy and fuzzy TOPSIS methods, Journal of Industrial Management, 1(3), 69-82.

9-Samantra, C., Datta, S., & Mahapatra, S. S. (2014). Risk assessment in IT outsourcing using fuzzy decision-making approach: An Indian perspective. Expert Systems with Applications, 41(8), 4010-4022.

10-Rodríguez, A., Ortega, F., & Concepción, R. (2016). A method for the evaluation of risk in IT projects. Expert Systems with Applications, 45, 273-285.

11-Francom, T. ASMar, M.El, Ariaratnam, S. (2016). Performance analysis of construction manager at risk on pipeline engineering and construction projects. J. Manag. Eng. 32 (6).

12-P.naseri, O.yosefi, A.nilipoortabatabaei, (2013), Provide a risk assessment project model using a multi-objective decision approach, Industrial Engineering Journal, 48(1):125-135

13-Hung, Y.H. Chou, S.C.T. Tzeng, G.H. (2006). Using a fuzzy group decision approach-knowledge management adoption. In APRU DLI 2006 conference, University of Tokyo, Japan, 8(10).

14-Büyüközkan, G. & Güleryüz, S. (2016). An integrated DEMATEL-ANP approach for renewable energy resources selection in Turkey. International Journal of Production Economics, 182, 435–448
15-Buyle, M. Braet, J. & Audenaert, A. (2013). Life cycle assessment in the construction sector: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 26, 379–388.
16-Tadić S, Zečević S, Krstić M(2014). A novel hybrid MCDM model based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy VIKOR for city logistics concept selection. Expert systems with applications. 41(18):8112-8128.
17-Martinsuo, M. Poskela, J. (2011). Use of evaluation criteria and innovation performance in the front end of innovation. Journal of Product Innovation Management 28 (6), 896–914.
18-Killen, C.P. Jugdev, K. Drouin, N. Petit, Y.(2012). Advancing project and portfolio management research: applying strategic management theories. International Journal of Project Management 30 (5), 525–538.
19-Kremmel T, Kubalik J, Biffle S (2011). Software project portfolio optimization with advanced multiobjective evolutionary algorithms. Applied Soft Computing. 11: 1416–1426.
20-Tzeng, G.H. Chiang C.H. Li, C.W. (2007), Evaluating intertwined effects in elearning programs: A novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL Expert Systems with Applications, 32 (4), 1028-1044.
21-Shieh J.I, Wu H.H. Huang K.K. (2010), A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality.Knowledge-Based Systems, 23, 277-282.
22-Faraji Sabokbar, H. Alavi Panah, K. Nami, M.Ashornezhad,Q(2013) Evaluation Banks credit and financial institutions location in sixth region of Tehran using DEMATEL and analytic network process method, Research in Human Geography, 3(45,: 94-114 [Persian].
23-Yang, J. L. & Tzeng, G.H. (2011). An Integrated MCDM technique combined with DEMATEL for a novel cluster-weighted with ANP method, Expert Systems with Applications, 38(3), 1417-142.
24-Lee, W.S. Huang, A. Y. Chang, Y.Y. Cheng, C.M. (2011), Analysis of decision making factors for equity investment by DEMATEL and Analytic Network Process. Expert Systems with Applications, 38(7), 8375-8383. .
25-Jokar, A, & Maleki,(۲۰۱۷) . M. Provides a framework for assessing the readiness of companies from the perspective of successor architecture with the combined approach of gray and dimetile network analysis. New research in decision making, 2(1),94-73[Persian].
26-Divsalar, M., Safaii Qadikilai, A, & Mehedoshi, M. (2017). Development of DANP Decision Making Method Based on Phase Assumptions. New research in decision making,2(3),145-123 [Persian].