مجله نخبگان علوم و مهندسی
Journal of Science and Engineering Elites
جلد ۴- شماره ۴- سال ۱۳۹۸
www.ElitesJournal.ir

کاربرد تکنیک ترکیبی دیمتل و فرایند تحلیل شبکه و ویکور در محیط فازی جهت ارزیابی و رتبه بندی پیمانکاران

محمد میرسلیمانی[۱]*، حسین مهرنو[۲]

۱- دانشجو ارشد صنایع، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران
۲- مربی گروه مهندسی صنایع ، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

*mohammadmir.582010@gmail.com

ارسال: مهر ماه ۹۸ پذیرش: مهر ماه ۹۸

چکیده

ازآنجایی که بقای بسیاری از شرکت ها در بازار رقابتی به استفاده صحیح از منابع و پایین آوردن هزینه ها وابسته است.بسیاری از شرکتها بخشی از فعالیتهای جاری خود را به بخش خصوصی واگذار میکنند.ازاین رو انتخاب صحیح پیمانکاران شایسته میتواند باعث جلوگیری از هدر رفتن منابع ، کاهش هزینه ها و اجرایی شدن پروژه ها درزمان معین وبه صورت مطلوب گردد. در پژوهش حاضر با استفاده از معیارهای مناسب انتخاب پیمانکاران بر اساس رویکرد تحلیلی فازی ، از روش دیمتل[۱] فازی برای تعیین روابط و چگونگی تاثیر معیارها بر یکدیگر و از روش تحلیل شبکه[۲] فازی با در نظر گرفتن ارتباط درونی مشخص شده میان معیارها، برای اولویت بندی و وزن دهی معیارها استفاده شده و در نهایت از روش ویکور[۳] فازی برای رتبه بندی پیمانکاران استفاده می شود. تا از این طریق بتوان به سازمان ها جهت انتخاب صحیح پیمانکاران برتر کمک کرد.

کلمات کلیدی: اولویت بندی، انتخاب پیمانکار، تصمیم گیری چند معیاره، اعداد فازی.

۱- مقدمه

بعضی از شرکت ها در سال های اخیر به منظور بهبود کیفیت خدمات و محصولات، کاهش هزینه و زمان تولید،مدیریت دارایی ها ، تمرکز بر روی مزیت های اصلی رقابتی و به طور کلی افزایش اثربخشی سازمان، اقدام به واگذاری برخی فعالیتهای خود به سازمانهای تخصصی دیگرکرده و از این طریق بهتر می توانند بر روی فعالیتهایی که ارزش افزوده بیشتری ایجاد می کنند، تمرکز کرده و بهره وری و اثربخشی فعالیتهای خود را به حداکثربرسانند[۳]

یکی از مهم ترین مزایای واگذاری کار به شرکتهای پیمانکار را میتوان کوچک کردن دستگاه اداری و اجرایی کارفرما که با واگذاری تمام مسئولیت های بر عهده پیمانکاران انجام می‌شود به شمار آورد.[۱۰] این امر اثرات مثبت زیادی در پی دارد که

[1] DEMATEL
[2] ANP
[3] VIKOR

ازآن جمله می توان به کاهش هزینه‌های پروژه با ایجاد رقابت بین پیمانکاران، کاهش زمان پروژه با همزمانی مراحل مهندسی، تدارکات و اجرا، واگذاری مسوولیت کل پروژه به پیمانکار و در نتیجه استفاده کارفرما از نیروهای خود در راه‌اندازی تعداد بیشتری از پروژه‌ها، مشخص کردن قیمت کل پروژه و بستن بودجه مربوطه قبل از اجرای آن و مسدود کردند راه‌های ادعاهای مالی ناصحیح پیمانکاران اجرایی نام برد. [۱] تصمیم گیری هایی که معمولاًکارفرمایان انجام میدهند بسیار پیچیده می باشد و در این رابطه معیارهای کمی و کیفی زیادی برای ارزیابی می تواند مورد استفاده قرار گیرد..[۴]

بنابراین ارزیابی، رتبه بندی و انتخاب پیمانکار برتر از میان پیمانکاران تایید صلاحیت شده امری ضروری به نظر می رسد. [۶] تصمیم‌گیری یکی از مهمترین و اساسی‌ترین وظایف مدیریت است و تحقق اهداف سازمانی به کیفیت آن بستگی دارد. طبیعت چنین تصمیم گیری هایی معمولاً پیچیده می باشد و در این رابطه معیارهای کمی و کیفی زیادی برای ارزیابی می تواند مورد استفاده قرار گیرد. فرایند انتخاب پیمانکار به دلیل وجود معیارهایی که امکان تناقض آنها وجود دارد، پیچیده است. بایستی با مشخص کردن معیارهای مهم و اولویت بندی آنها برای انتخاب پیمانکار مناسب، مدیران را در اتخاذ تصمیم های صحیح یاری کنیم.[۱۵]

۲- مروری بر سوابق ارزیابی و انتخاب پیمانکاران

در زیر برخی از سوابق تحقیقات در این زمینه که توسط محققان مختلف در طول سالهای متمادی انجام گرفته است طبق جدول ۱ آورده شده است:

جدول ۱ - سوابق تحقیقاتی

ردیف	محققان	سال	معیارهای مورد استفاده	تکنیک
۱	جیمز و همکاران	۲۰۱۱	سازگاری، کیفیت ، هزینه، ریسک	روش ترکیبی دیمتل و تحلیل شبکهفازی
۲	انا و فرانسیسکو	۲۰۱۲	توان فنی، تجربه،توان مدیریت، ثبات مالی، عملکرد گذشته، رابطه گذشته، اعتبار ، بهداشت و ایمنی	TOPSIS فازی
۳	ایدیتا	۲۰۱۲	زمان ، هزینه و کیفیت	AHP فازی
۴	جامان و مارگارت	۲۰۱۳	ایمنی و کیفیت، عملکرد گذشته،محیط زیست مدیریت فنی،منابع،ساختارسازمان ، تجربه، اندازه و نوع پروژه قبلی، امور مالی، سیستم پشتیبانی	CSF
۵	موحمد مرزوخ و همکاران	۲۰۱۳	مالی ، کیفیت ، ریسک ، تجربه ،گارانتی ، زمان تجهیزات	SPSS
۶	پاول و توماسز	۲۰۱۳	قیمت ، جریان نقدی ، سود خالص ، تعهد	روش مربعات جزیی
۷	جیمز و همکاران	۲۰۱۴	مالی ، کیفیت ، ریسک ، تجربه ،رضایت مندی مشتری ،	DEMATEL و ANP فازی
۸	سندیل و همکاران	۲۰۱۴	عملکرد سازمانی ، لجستیک معکوس ، کیفیت مالی ، منابع ، بومی بودن ، تجربه ، سیستم ارتباطی	TOPSIS و AHP
۹	صفا و همکاران	۲۰۱۵	مالی ، کنترل پروژه ، ساختار ،منابع انسانی ، مدیریت کیفیت ،محیط زیست ، توان فنی	هوش رقابتی CI
۱۰	نبی	۲۰۱۵	شهرت، توانایی های فنی، وضعیت مالی و مهارت های سازمانی.	رابطه اولویت فازی
۱۱	یانگ و همکاران	۲۰۱۵	سوابق ، ثبات مالی ، مدیریت منابع ، فنی ، قیمت پیشنهادی	AHP فازی
۱۲	اوزر و همکاران	۲۰۱۵	مالی ، توان مدیریتی ، تجربه ، امکانات پشتیبانی ساختار سازمانی	DEMATEL and Fuzzy ANP

۱۳	ابراهیمی و همکاران	۲۰۱۶	تجهیزات ، توانایی های فنی منابع انسانی ، برنامه ریزی و کنترل پروژه ، کیفیت ، منابع انسانی ، گواهینامه ها ، امنیت و استاندارد ،عوامل مربوط به مشتری	AHP فازی

۳- روش پژوهش

در شکل (۱) به فرآیند کلی روش انجام پژوهش اشاره شده است:

شکل ۱- فرآیند کلی روش پژوهش

۴- شناسایی معیارهای موثر در ارزیابی و رتبه‌بندی پیمانکاران

با استفاده از مطالعه ادبیات موضوع و سوابق تحقیقات معیار مرتبط در ارزیابی پیمانکاران شناسایی شد. و با نظر خواهی از خبرگان در مورد شاخص های ارزیابی پیمانکاران تعدادی از شاخص‌ها حذف گردید و در نهایت شش معیار اصلی و ۲۴ زیرمعیار اثرگذار به عنوان معیارها با اهمیت و اصلی انتخاب شدند.

جدول ۲- معیارهای مناسب برای انتخاب پیمانکاران

معیارها اصلی	زیر معیارها	علایم
شاخص مالی C_1	توان مالی و پشتیبانی	C_{11}
	قیمت پیشنهادی	C_{12}
	مدیریت هزینه	C_{13}
	آنالیز بهاء	C_{14}
	ثبات مالی	C_{15}
مدیریت ریسک C_2	مدیریت بحران	C_{21}
	پیش بینی اقدامات کنترلی و پیش گیرانه	C_{22}
	بکارگیری استانداردها مشخصات فنی و دستورالعمل‌ها مربوط	C_{31}

شاخص های فنی C_3	چگونگی اجرای پروژه های مشابه از نظر کیفیت ، هزینه و برنامه زمانی	C_{32}
	رعایت قوانین مربوطه از قبیل قوانین ایمنی زیست محیطی	C_{33}
	تطابق مشخصات فنی با درخواست کارفرما	C_{34}
	استفاده از فن آوریهای جدید	C_{35}
	نظم و ترتیب در امور کارگاه	C_{36}
	انعطاف پذیری	C_{37}
	تعامل با کارفرما وپیمانکاران جز	C_{38}
برنامه ریزی و کنترل پروژه C_4	سیستم جامع برنامه ریزی و کنترل پروژه	C_{41}
	مدیریت زمان	C_{42}
	حداکثر استفاده از ظرفیت و توان در انجام به موقع کارها	C_{43}
کیفیتC_5	پیشنهاد اجرایی جهت بهبود کیفیت	C_{51}
	مستندسازی در سیستم مدیریت کیفیت	C_{52}
	داشتن واحد کنترل کیفیت	C_{53}
منابع انسانیC_6	خلاقیت و نوآوری کارکنان	C_{61}
	تعداد نیروهای متخصص	C_{62}
	دانش و تجربه کادر فنی	C_{63}

۵- فرآیند انجام تکنیک ها

در این تحقیق به منظور بررسی روابط بین معیارها و وزن دهی و اولویت بندی عوامل تاثیرگذار بر انتخاب شرکت های پیمانکاری از ۶ معیار اصلی و ۲۴ زیر معیار استفاده شده است. هم‌چنین به منظور مقایسه معیارها با یکدیگر از عبارت کلامی استفاده شده است که طیف فازی و معادل کلامی آن در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۳ - طیف پنج درجه‌ای تکنیک دیمتل و معادل قطعی برای عبارات کلامی

متغیر	معادل قطعی	معادل فازی
بدون تأثیر	۰	(0.0,0.0,0.25)
تأثیر کم	۱	(0.0,0.25,0.5)
تأثیر متوسط	۲	(0.25,0.5,0.75)
تأثیر زیاد	۳	(0.5,0.75,1)
تأثیر خیلی زیاد	۴	(0.75,1,1)

برای بررسی معیارها نیز، از نظر ۱۰ نفر خبره، استفاده شده است.

۶- فرایند تکنیک دیمتل و تحلیل شبکه فازی

گام نخست- محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم (D)

در این گام از پاسخ دهندگان خواسته شد تا میزان تأثیرگذاری معیار i بر معیار j را با استفاده جدول ۲، نشان دهند. برای بررسی معیارها از نظر ۱۰ خبره استفاده شد. در این ماتریس‌ها، $\tilde{x}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ اعداد فازی مثلثی می‌باشند. برای در نظر گرفتن نظر همه خبرگان طبق فرمول زیر، از آن‌ها میانگین حسابی گرفته می‌شود.

$$\tilde{z} = \frac{\tilde{x}^1 \oplus \tilde{x}^2 \oplus \tilde{x}^3 \oplus \ldots \oplus x^p}{p} \quad (۱)$$

در این فرمول p تعداد خبرگان و $\tilde{x}^1$، $\tilde{x}^2$، $\tilde{x}^p$ به ترتیب ماتریس مقایسه زوجی خبره ۱، خبره ۲ و خبره p می‌باشد و $\tilde{z}$ عدد فازی مثلثی به صورت $\tilde{z}_{ij} = (l'_{ij}, m'_{ij}, u'_{ij})$ است. میانگین نظرات خبرگان تحقیق در جدول ۴، قابل مشاهده است.

جدول ۴- میانگین نظرات خبرگان

	C1			C2			C3			C4			C5			C6		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
C1	0	0	0	0.38	0.63	0.88	0.63	0.88	1	0.38	0.63	0.88	0.13	0.38	0.63	0	0.13	0.38
C2	0.75	1	1	0	0	0	0	0.25	0.5	0.5	0.75	1	0.63	0.88	1	0.5	0.75	1
C3	0.63	0.88	1	0.38	0.63	0.88	0	0	0	0.13	0.38	0.63	0.25	0.5	0.75	0	0.13	0.38
C4	0.38	0.63	0.88	0.63	0.88	1	0.13	0.38	0.63	0	0	0	0	0.13	0.38	0.38	0.63	0.88
C5	0.13	0.38	0.63	0.13	0.38	0.63	0.38	0.63	0.88	0	0.13	0.38	0	0	0	0.63	0.88	1
C6	0	0.25	0.5	0.38	0.63	0.88	0.63	0.88	1	0.63	0.88	1	0	0.13	0.38	0	0	0

گام دوم– نرمال سازی ماتریس ارتباط مستقیم

مطابق با فرمول‌های زیر ماتریس میانگین نظرات را نرمالسازی کرده و آن را ماتریس H می‌نامیم.

$$\tilde{H}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{l'_{ij}}{r}, \frac{m'_{ij}}{r}, \frac{u'_{ij}}{r}\right) = (l''_{ij}, m''_{ij}, u''_{ij}) \quad (۲)$$

که r از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$r = \max_{1 \le i \le n} \left(\sum_{j=1}^{n} u'_{ij} \right) \quad (۳)$$

بنابراین تک تک عناصر ماتریس مستقیم فازی را بر (r) تقسیم می کنیم.

r =4.5

نتایج حاصل از این گام در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۵ – ماتریس نرمال فازی بین معیارها اصلی

	C1			C2			C3			C4			C5		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
C1	0	0	0	0.1	0.14	0.2	0.14	0.2	0.22	0.1	0.14	0.2	0.13	0.1	0.14
C2	0.17	0.22	0.22	0	0	0	0	0.06	0.11	0.11	0.17	0.22	0.14	0.2	0.22
C3	0.14	0.2	0.22	0.1	0.14	0.2	0	0	0	0.13	0.1	0.14	0.06	0.11	0.17
C4	0.1	0.14	0.2	0.14	0.2	0.22	0.13	0.1	0.14	0	0	0	0	0.13	0.1
C5	0.13	0.1	0.14	0.13	0.1	0.14	0.1	0.14	0.2	0	0.13	0.1	0	0	0
C6	0	0.06	0.11	0.1	0.14	0.2	0.14	0.2	0.22	0.14	0.2	0.22	0	0.13	0.1

گام سوم– محاسبه ماتریس ارتباط کامل زیرمعیارها (TC)

بعد از محاسبه ماتریس نرمال، ماتریس روابط کل فازی با توجه به فرمول‌های زیر به‌دست می‌آید.

$$T = \lim_{k \to +\infty} (\tilde{H}^1 \oplus \tilde{H}^2 \oplus \ldots \oplus \tilde{H}^k) \quad (۴)$$

که هر درایه آن عدد فازی به صورت است $\tilde{t}_{ij} = \left(l^t_{ij}, m^t_{ij}, u^t_{ij}\right)$ است و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\left[l^t_{ij}\right] = H_l \times (I - H_l)^{-1}$$
$$\left[m^t_{ij}\right] = H_m \times (I - H_m)^{-1}$$
$$\left[u^t_{ij}\right] = H_u \times (I - H_u)^{-1}$$

در این فرمول‌ها I ماتریس یکه و H_l، H_m و H_u هر کدام ماتریس $n\times n$ هستند که درایه‌های آن را به ترتیب عدد پایین، عدد میانی و عدد بالاییِ اعداد فازیِ مثلثیِ ماتریسِ H تشکیل می‌دهد. جدول زیر، ماتریس TC را نشان می‌دهد.

جدول ۶ – ماتریس روابط کلی فازی بین زیر معیارها

	C_{11}			C_{12}			C_{13}			C_{14}			C_{15}		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
C_{11}	0.08	0.14	0.28	0.11	0.19	0.27	0.11	0.19	0.34	0.16	0.22	0.35	0.14	0.2	0.34
C_{12}	0.1	0.19	0.35	0.12	0.2	0.29	0.14	0.23	0.39	0.2	0.26	0.4	0.2	0.26	0.4
C_{13}	0.09	0.17	0.32	0.18	0.23	0.3	0.1	0.17	0.32	0.2	0.24	0.37	0.16	0.22	0.36
C_{14}	0.1	0.19	0.34	0.14	0.22	0.3	0.14	0.22	0.38	0.12	0.19	0.33	0.14	0.22	0.37
C_{15}	0.1	0.16	0.3	0.15	0.2	0.28	0.13	0.19	0.34	0.14	0.19	0.33	0.1	0.15	0.29
C_{21}	0.11	0.19	0.35	0.13	0.21	0.31	0.16	0.23	0.39	0.14	0.21	0.37	0.14	0.22	0.38
C_{22}	0.13	0.19	0.33	0.14	0.21	0.28	0.15	0.21	0.36	0.13	0.2	0.34	0.13	0.2	0.35
C_{31}	0.08	0.15	0.3	0.13	0.2	0.28	0.13	0.2	0.35	0.16	0.22	0.35	0.12	0.18	0.33
C_{32}	0.1	0.16	0.31	0.12	0.19	0.28	0.12	0.19	0.34	0.14	0.2	0.34	0.13	0.19	0.34
C_{33}	0.07	0.16	0.31	0.11	0.19	0.27	0.1	0.18	0.34	0.11	0.19	0.34	0.11	0.2	0.34

گام چهارم– محاسبه ماتریس ارتباط کامل معیارهای اصلی

نخست باید ماتریس T_D برای معیارهای اصلی را از ماتریس ارتباط کامل معیارها Tc استخراج نمود. بدین جهت هر درایه ماتریس T_D به شرح زیر قابل محاسبه می‌باشد: هر درایه ماتریس T_D را اگر t_{ij} بدانیم، هر t''_{ij} از میانگین هر T_C^{ij} حاصل می گردد. ماتریس T_D حاصل به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۷ – ماتریس ارتباط کامل

	C1			C2			C3			C4			C5		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
C1	0.33	0.49	0.87	0.43	0.61	1.06	0.46	0.63	1.02	0.38	0.56	1	0.23	0.42	0.82
C2	0.67	0.83	1.18	0.42	0.61	1.05	0.41	0.65	1.08	0.56	0.72	1.16	0.45	0.61	0.99
C3	0.51	0.66	1.02	0.4	0.59	1.03	0.24	0.42	0.82	0.28	0.49	0.93	0.26	0.44	0.82
C4	0.47	0.64	1.03	0.54	0.68	1.09	0.32	0.54	0.97	0.3	0.45	0.85	0.2	0.37	0.78
C5	0.28	0.52	0.92	0.28	0.51	0.96	0.37	0.55	0.95	0.23	0.42	0.86	0.13	0.29	0.65
C6	0.36	0.58	0.97	0.47	0.64	1.07	0.48	0.65	1.02	0.5	0.65	1.03	0.19	0.37	0.78

گام پنجم– محاسبه شدت و جهت تأثیر

مطابق با رابطه‌های زیر میزان شاخص Ri بیانگر مجموع سطر i ام و شاخص Dj بیانگر مجموع ستون j ام از ماتریس T_D می‌باشدرا محاسبه میکنیم. جهت ترسیم و تحلیل نمودار نیاز به دو شاخص شدت اثرگذاری و اثرپذیری و جهت تأثیر می‌باشیم که با استفاده از ri و dj به دست می‌آیند. برای هر i=j خواهیم داشت:

$$\widetilde{D} = \left(\widetilde{D}_i\right)_{n\times 1} = \left[\sum_{j=1}^{n} \widetilde{T}_{ij}\right]_{n\times 1} \qquad (۵)$$

$$\widetilde{R} = \left(\widetilde{R}_i\right)_{1\times n} = \left[\sum_{j=1}^{n} \widetilde{T}_{ij}\right]_{1\times n} \qquad (۶)$$

که $\widetilde{D}$ و $\widetilde{R}$ به ترتیب ماتریس $n \times 1$ و $1 \times n$ هستند. مرحله بعدی میزان اهمیت شاخص‌ها ($\widetilde{D}_i + \widetilde{R}_i$) و رابطه بین معیارها ($\widetilde{D}_i - \widetilde{R}_i$) مشخص می‌شود. اگر $\widetilde{D}_i - \widetilde{R}_i > 0$ باشد معیار مربوطه اثرگذار و اگر $\widetilde{D}_i - \widetilde{R}_i < 0$ باشد معیار مربوطه اثرپذیر است.

با توجه به مقادیر محاسبه شده در فوق، مقدار شاخص $ri + dj$ و $ri - dj$ را برای معیارها و همچنین شاخص $\widetilde{D}_i + \widetilde{R}_i$ و $\widetilde{D}_i - \widetilde{R}_i$ را برای ابعاد بدست می آوریم و سپس با استفاده از فورمول زیر فازی زدایی می کنیم:

$$B = \frac{(a_1 + a_3 + 2 \times a_2)}{4} \quad (۷)$$

B دیفازی شده (def) عدد $\widetilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ است جدول زیر شدت و جهت تأثیر ابعاد و معیارها را نشان می‌دهد.

جدول ۸- مقادیر $\widetilde{R}$، $\widetilde{D}$، $\widetilde{R} + \widetilde{D}$، $\widetilde{R} - \widetilde{D}$

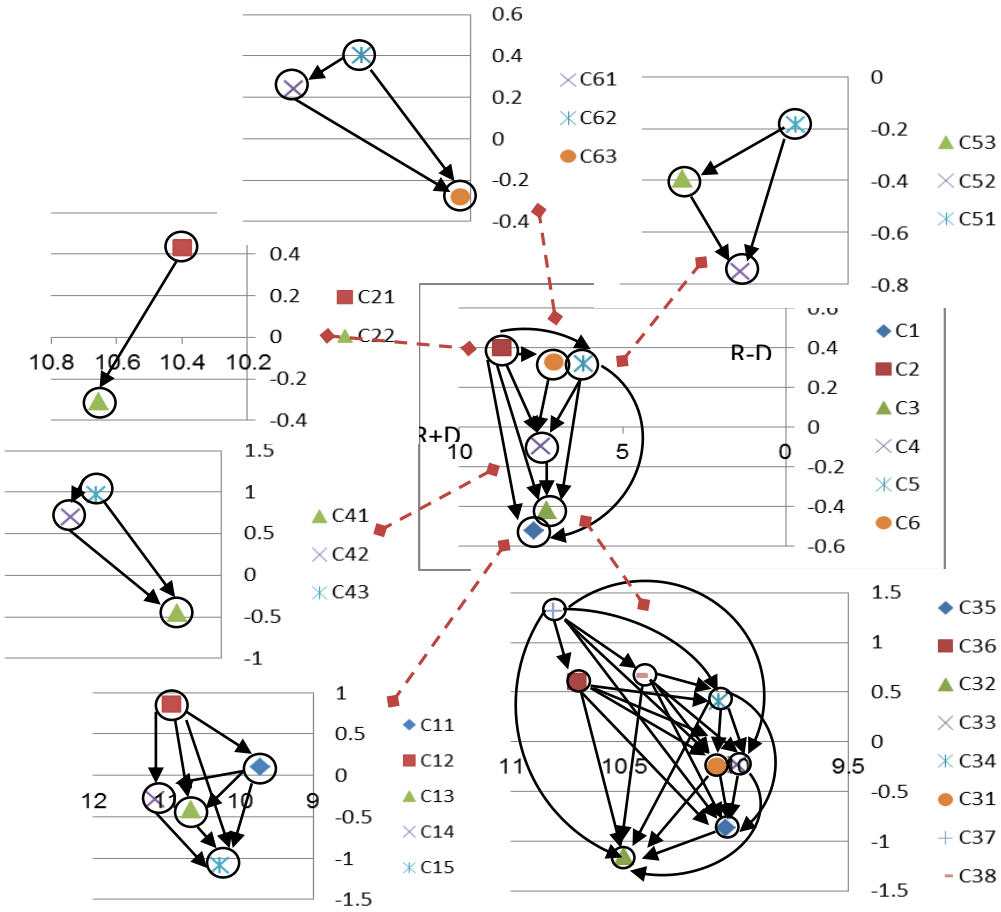
معیارها/ زیر معیارها	$\widetilde{R}$	$\widetilde{D}$	$\widetilde{R} + \widetilde{D}$	$\widetilde{R} - \widetilde{D}$
شاخص مالی	3.587	4.11	7.698	-0.523
توان مالی و پشتیبانی	4.904	4.809	9.713	0.095
قیمت پیشنهادی	5.898	5.037	10.94	0.861
مدیریت هزینه	5.124	5.537	10.66	-0.41
آنالیز بهاء	5.428	5.726	11.15	-0.3
ثبات مالی	4.586	5.68	10.27	-1.09
مدیریت ریسک	4.545	4.147	8.692	0.398
مدیریت بحران	5.415	4.984	10.4	0.431
پیش بینی اقدامات کنترلی و پیش گیرانه	5.172	5.48	10.65	-0.31
شاخص های فنی	3.439	3.86	7.3	-0.421
بکارگیری استانداردها مشخصات فنی و دستورالعمل‌ها مربوط	4.92	5.163	10.08	-0.24
حسن سابقه و اعتبار در اجرای پروژه های مشابه	4.671	5.824	10.49	-1.15
ایمنی زیست رعایت قوانین مربوطه از قبیل قوانین محیطی	4.879	5.11	9.989	-0.23
تطابق مشخصات فنی با درخواست کارفرما	5.237	4.838	10.08	0.399
استفاده از فن آوریهای جدید	4.588	5.457	10.04	-0.87
نظم و ترتیب در امور کارگاه	5.656	5.049	10.7	0.606
انعطاف پذیری تعامل با کارفرما وپیمانکاران جز	6.059	4.751	10.81	1.307
تجهیز به موقع و کامل کارگاه	5.552	4.883	10.44	0.669
برنامه ریزی و کنترل پروژه	3.694	3.791	7.485	-0.096
سیستم جامع برنامه ریزی و کنترل پروژه	4.674	5.131	9.805	-0.46
مدیریت زمان	5.621	4.923	10.54	0.697
اقدام بر اساس برنامه زمانبندی بدون تاخیر	5.672	4.699	10.37	0.973
کیفیت	3.247	2.933	6.18	0.314
پیشنهاد اجرایی جهت بهبود کیفیت	4.398	4.584	8.982	-0.19
مستندسازی در سیستم مدیریت کیفیت	4.214	4.966	9.18	-0.75

-0.4	9.381	4.888	4.493	داشتن واحد کنترل کیفیت
0.327	7.101	3.387	3.714	منابع انسانی
0.241	10.67	5.213	5.454	پژوهش و آموزش
0.4	10.22	4.91	5.31	تعداد نیروهای متخصص
-0.28	9.565	4.922	4.644	دانش و تجربه کادر فنی

گام ششم– ترسیم نقشه روابط شبکه (NRM)

- $ri + dj$ = شدت اثرگذاری و اثرپذیری (به عبارت دیگر هرچه مقدار ri+dj ، عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد).

$ri - dj$ = جهت تأثیر گذاری یا تأثیر پذیری (بدین صورت که اگر $ri - dj > 0$ باشد معیار مربوطه اثرگذار و اگر $ri - dj < 0$ باشد معیار مربوطه اثرپذیر است).



شکل ۲- روابط شبکه مربوط به معیارها

گام هفتم– نرمال سازی ماتریس ارتباط کامل معیارهای اصلی (T_C^{α}) و تشکیل سوپرماتریس ناموزون

ماتریس Tc را با استفاده از فرمول های زیر نرمال می‌کنیم؛ به این طریق که در این گام مجموع هر سطر T_C^{ij} را با توجه به شاخص اصلی مربوطه محاسبه و سپس در هر T_C^{ij} ، هر عنصر بر مجموع عناصر سطر مربوط به خود تقسیم می‌گردد.

$$T_D = \begin{bmatrix} t_{11}^{D_{11}} & \cdots & t_{1j}^{D_{1j}} & \cdots & t_{1m}^{D_{1m}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{i1}^{D_{i1}} & \cdots & t_{ij}^{D_{ij}} & \cdots & t_{im}^{D_{im}} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ t_{m1}^{D_{m1}} & \cdots & t_{mj}^{D_{mj}} & \cdots & t_{mm}^{D_{mm}} \end{bmatrix} \begin{matrix} \longrightarrow d_1 = \sum_{j=1}^{m} t_{1j}^{D_{1j}} \\ \longrightarrow d_i = \sum_{j=1}^{m} t_{ij}^{D_{ij}} \ , d_i = \sum_{j=1}^{m} t_{ij}^{D_{ij}} , i = 1, \ldots, m \\ \longrightarrow d_m = \sum_{j=1}^{m} t_{mj}^{D_{mj}} \end{matrix} \quad (۸)$$

گام هشتم– تشکیل سوپرماتریس موزون

در این مرحله ماتریس نرمال شده معیارهای اصلی $T_D^{\propto}$ را در ماتریس نرمال شده معیارهای فرعی W ضرب می کنیم. به این طریق که هر $t_D^{\propto ij}$ را در W_{ij} نظیر ضرب می کنیم.چنانچه $W^{\propto}$ (سوپرماتریس موزون) را شامل مجموعه‌ای از $W_{ij}^{\propto}$ بدانیم، $W_{11}^{\propto}$ به شکل زیر محاسبه می گردد:

$$W_{11}^{\propto l} = t_D^{\propto 11^l} \times W_{ij}{}^l$$
$$W_{11}^{\propto m} = t_D^{\propto 11^m} \times W_{ij}{}^m$$
$$W_{11}^{\propto u} = t_D^{\propto 11^u} \times W_{ij}{}^u$$

جدول ۹- سوپر ماتریس موزون

	C_{11}			C_{12}			C_{13}			C_{14}			C_{15}		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
C_{11}	0.02	0.023	0.027	0.031	0.032	0.026	0.03	0.031	0.033	0.043	0.037	0.034	0.038	0.034	0.033
C_{12}	0.022	0.026	0.029	0.026	0.028	0.024	0.03	0.031	0.033	0.042	0.036	0.034	0.041	0.036	0.034
C_{13}	0.021	0.025	0.029	0.039	0.036	0.028	0.022	0.025	0.029	0.043	0.037	0.034	0.036	0.034	0.033
C_{14}	0.026	0.028	0.03	0.034	0.033	0.027	0.035	0.033	0.034	0.029	0.029	0.03	0.036	0.034	0.033
C_{15}	0.026	0.028	0.03	0.039	0.035	0.028	0.034	0.034	0.034	0.036	0.034	0.033	0.025	0.027	0.029
C_{21}	0.035	0.036	0.035	0.044	0.041	0.031	0.052	0.045	0.039	0.045	0.041	0.037	0.045	0.042	0.038
C_{22}	0.042	0.039	0.036	0.045	0.042	0.031	0.048	0.042	0.039	0.044	0.041	0.037	0.043	0.04	0.038
C_{31}	0.036	0.036	0.035	0.057	0.047	0.032	0.058	0.046	0.041	0.07	0.051	0.041	0.05	0.043	0.038
C_{32}	0.042	0.039	0.036	0.055	0.046	0.033	0.053	0.045	0.04	0.063	0.047	0.04	0.057	0.045	0.039

گام نهم– محدود کردن سوپرماتریس موزون

مطابق با رابطه زیر، سوپرماتریس موزون را آنقدر به توان (متوالی اعداد فرد) رسانیده تا تمامی اعداد هر سطر همگرا شوند. سوپرماتریس موزون در این پژوهش در توان ۵ به همگرایی رسید، که به شرح جدول زیر می‌باشد:

$$\lim_{Z\to\infty}(W^{\propto l})^Z , \qquad \lim_{Z\to\infty}(W^{\propto m})^Z , \qquad \lim_{Z\to\infty}(W^{\propto u})^Z$$

جدول ۱۰ – سوپرماتریس موزون

	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{21}	C_{22}	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}	C_{35}	C_{36}	C_{37}	C_{38}	C_{41}	C_{42}	C_{43}	C_{51}	C_{52}	C_{53}	C_{61}	C_{62}	C_{63}
C_{11}	0.033	0.037	0.039	0.04	0.04	0.09	0.1	0.022	0.025	0.022	0.02	0.023	0.021	0.02	0.021	0.06	0.057	0.053	0.041	0.044	0.043	0.051	0.048	0.049
C_{12}	0.033	0.037	0.039	0.04	0.04	0.09	0.1	0.022	0.025	0.022	0.02	0.023	0.021	0.02	0.021	0.06	0.057	0.053	0.041	0.044	0.043	0.051	0.048	0.049
C_{13}	0.033	0.037	0.039	0.04	0.04	0.09	0.1	0.022	0.025	0.022	0.02	0.023	0.021	0.02	0.021	0.06	0.057	0.053	0.041	0.044	0.043	0.051	0.048	0.049
C_{14}	0.033	0.037	0.039	0.04	0.04	0.09	0.1	0.022	0.025	0.022	0.02	0.023	0.021	0.02	0.021	0.06	0.057	0.053	0.041	0.044	0.043	0.051	0.048	0.049

در ماتریس فوق تمامی درایه‌های موجود در یک سطر با هم برابرند و این اعداد نشان دهندهٔ وزن نسبی معیارهای تحقیق می‌باشند،که بر اساس آن می‌توان معیارها را با توجه به میزان اهمیتشان اولویت بندی نمود.

جدول ۱۱- وزن معیارهای مناسب برای استراتژی انتخاب پیمانکار

وزن معیارها اصلی و اولویت آن ها	کد	وزن نسبی زیر معیارها و اولویت آن ها		وزن نهایی زیر معیارها و اولویت آن ها	
C_1 شاخص مالی 0.1894 (2)	C_{11}	0.1747	(5)	0.0331	(18)
	C_{12}	0.1949	(4)	0.0369	(17)
	C_{13}	0.2068	(3)	0.0392	(19)
	C_{14}	0.2125	(1)	0.0403	(15)
	C_{15}	0.2111	(2)	0.04	(16)
C_2 مدیریت ریسک 0.1898 (1)	C_{21}	0.4725	(2)	0.0897	(14)
	C_{22}	0.5275	(1)	0.1001	(20)
C_3 شاخص فنی 0.1742 (3)	C_{31}	0.1246	(4)	0.0217	(21)
	C_{32}	0.1438	(1)	0.025	(22)
	C_{33}	0.1253	(3)	0.0218	(3)
	C_{34}	0.1163	(7)	0.0203	(1)
	C_{35}	0.1339	(2)	0.0233	(4)
	C_{36}	0.1222	(5)	0.0213	(7)
	C_{37}	0.1155	(8)	0.0201	(2)
	C_{38}	0.1184	(6)	0.0206	(60
C_4 مدیریت کنترل پروژه 0.17 (4) تجاری C_3	C_{41}	0.3551	(1)	0.0604	(8)
	C_{42}	0.3356	(2)	0.0571	(5)
	C_{43}	0.3094	(3)	0.0526	(24)
C_5 کیفیت 0.1281 (6)	C_{51}	0.3195	(3)	0.0409	(23)
	C_{52}	0.3416	(1)	0.0437	(12)
	C_{53}	0.3389	(2)	0.0434	(13)
C_6 منابع انسانی 0.1485 (5)	C_{61}	0.3446	(1)	0.0512	(11)
	C_{62}	0.3262	(3)	0.0484	(10)
	C_{63}	0.3293	(2)	0.0489	(9)

۷- رتبه‌بندی گزینه‌ها به روش VIKOR فازی

مرحله ۱: تشکیل ماتریس تصمیم:

جهت به دست آوردن اهمیت هر یک از متغیرها(زیر معیارها) نسبت به گزینه ها از ماتریس مقایسات زوجی استفاده شد، توسط ۱۰ نفر از خبرگان تکمیل گردیده است. تصمیم گیرندگان از متغیرهای زبانی برای ارزیابی اهمیت عوامل استفاده کرده اند.

جدول ۱۲ - متغیرهای زبانی برای رتبه بندی گزینه ها

اهمیت	خیلی کم	کم	مناسب	زیاد	خیلی زیاد
عدد فازی	(۱، ۱، ۳)	(۱، ۳، ۵)	(۳، ۵، ۷)	(۵، ۷، ۹)	(۷، ۹، ۹)

با توجه به نظر تجمیع نظرات تصمیم گیرندگان، مؤلفه های اعداد فازی مربوط به هر گزینه در جدول زیرآورده شده است.

جدول ۱۳ – مولفه های اعداد فازی

	C_{11}			C_{12}			C_{13}			C_{14}			C_{15}		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
A_1	1	1.97	7	3	5.44	9	1	3	5	1	3.87	7	1	2.94	7
A_2	1	4.21	9	1	2.94	7	1	3.2	9	1	2.59	7	1	3.41	7
A_3	1	3.2	9	1	4.21	9	3	5.44	9	1	4.4	7	3	5.44	9

مرحله ۲: تعیین وزن

در این بخش از وزن های به دست آمده از روش F. ANP استفاده می شود.

مرحله ۳: تعیین بهترین و بدترین مقدار فازی :

بهترین و بدترین مقدار فازی برای عوامل مختلف به صورت جدول زیر خواهد بود:

$$\tilde{f}_j^{*} = \max \tilde{x}_{ij}\,,\ \tilde{f}_j^{-} = \min \tilde{x}_{ij} \qquad (۹)$$

جدول ۱۴ - بهترین و بدترین مقدار فازی

	C_{11}			C_{12}			$C1_3$			C_{14}			C_{15}		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
$\tilde{f}_j^{*}$	1	4.21	9	1	2.94	7	3	5.44	9	1	4.4	7	3	5.44	9
$\tilde{f}_j^{-}$	1	1.97	7	3	5.44	9	1	3	5	1	2.59	7	1	2.94	7

مرحله ۴: تشکیل ماتریس تصمیم فازی بی مقیاس شده

درایه های ماتریس تصمیم گیری به روش فازی نرمالیزه شد که نتایج محاسبات به شرح جدول زیرخواهد بود:

$$n_{ij} = \frac{a_{ij} - \min_i(a_{ij})}{\max_i(a_{ij}) - \min_i(a_{ij})} \qquad (۱۰)$$

جدول ۱۵ – ماتریس نرمال شده

	C_{11}	C_{12}					$C1_3$			C_{14}			C_{15}		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
A_1	-0.75	0.281	1	-0.5	0.312	1	-0.25	0.305	1	-1	0.088	1	-0.5	0.312	1
A_2	-1	0	1	-0.75	0	0.75	-0.75	0.28	1	-1	0.302	1	-0.5	0.254	1
A_3	-1	0.126	1	-0.75	0.159	1	-0.75	0	0.75	-1	0	1	-0.75	0	0.75

در نهایت مقادیر $\tilde{S}$ و $\tilde{R}$ محاسبه می گردد. منظور از مقدار $\tilde{R}$ برای هر یک از گزینه ها، بیشترین مقدار سطری هر یک از گزینه ها و منظور از مقدار $\tilde{S}$ برای هر یک از گزینه ها، مجموع مقادیر سطری هر یک از گزینه هاست.

مرحله پنجم : محاسبه $\tilde{S}_i$ و $\tilde{R}_i$:

اگر $\tilde{s}_i = (s_i^l, s_i^m, s_i^r)$ و $\tilde{R}_i = (R_i^l, R_i^m, R_i^r)$ و wj وزن فازی معیار j باشد :

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^{n} \tilde{w}_j [(\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)], \quad (۱۱)$$

$$\tilde{f}_j^* = \max \tilde{x}_{ij}\,,\ \tilde{f}_j^- = \min \tilde{x}_{ij} \quad (۱۲)$$

$$\tilde{f}_j^* = \min \tilde{x}_{ij,}\ \tilde{f}_j^- = \max \tilde{x}_{ij} \quad (۱۳)$$

$$\tilde{R}_i = \max[w_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)]. \quad (۱۴)$$

این محاسبات در جدول زیرنشان داده شده است.

جدول ۱۶- مقادیر $\tilde{S}$ و $\tilde{R}$

	$\tilde{S}$			$\tilde{R}$		
A1	-0.8	0.195	0.994	-0.0098	0.03383	0.10011
A2	-0.89	0.126	0.991	-0.0058	0.018	0.10011
A3	-0.93	0.081	0.974	-0.0155	0.02295	0.10011

مرحله ششم : محاسبه شاخص ویکور $\tilde{Q}$ و رتبه بندی گزینه ها

اگر $\tilde{Q}_i = (Q_i^l, Q_i^m, Q_i^r)$ باشد:

$$\tilde{Q}_i = v \frac{\tilde{S}_i - \tilde{S}_{\min}}{\tilde{S}_{\max} - \tilde{S}_{\min}} + (1-v) \frac{\tilde{R}_i - \tilde{R}_{\min}}{\tilde{R}_{\max} - \tilde{R}_{\min}} \quad (۱۵)$$

که:

$$\{\tilde{S}_{\max} = \max_i \tilde{S}_{i,} \tilde{S}_{\min} = \min_i \tilde{S}_{i,}$$
$$\tilde{R}_{\max} = \max_i \tilde{R}_{i,} \tilde{R}_{\min} = \min_i \tilde{R}_{i,}\}$$

مقادیر فازی S،R و Q با توجه به فرمول زیر قطعی می‌شوند:

اگر $\tilde{N} = (l, m, r)$ باشد. ($\tilde{N}$ یک عدد فازی است).

$$Crisp(\tilde{N}) = \frac{2m+l+r}{4} \quad (۱۶)$$

در ادامه، مقدیر نهایی $\tilde{Q}$ دی فازی برای هر یک از گزینه ها در سطح اطمینان V=0.5 محاسبه می گردد و به صورت صعودی مرتب کرده و رتبه بندی گزینه‌ها صورت می گیرد. در این قسمت رتبه‌بندی به دو صورت دی‌فازی شده محاسبه گردید :

جدول ۱۷ - مقادیر $\tilde{S}$ ، $\tilde{R}$ و $\tilde{Q}$ به ترتیب صعودی و رتبه بندی گزینه ها

دی فازی شده						
$\tilde{Q}$ V=0.5		$\tilde{R}$		$\tilde{S}$		رتبه
0.007	A3	0.0359	A3	0.041	A3	**1**
0.024	A2	0.0374	A2	0.075	A2	**2**
0.051	A1	0.0414	A1	0.13	A1	**3**

۸- جمع بندی

در ابتدا معیارهای اثرگذار در انتخاب پیمانکار که با مرور ادبیات و نظر خواهی و مصاحبه با خبرگان شناسایی شده بود را انتخاب و پرسش نامه مقایسات زوجی طراحی و توسط خبرگان تکمیل گردید. تجزیه و تحلیل داده ها به کمک نرم افزار EXCEL و Super Decision و حل به روش F. DEMATEL نشان داد که در بین معیارها اصلی "مدیریت ریسک" تأثیرگذارترین و "شاخص مالی" تأثیرپذیرترین معیار می باشد. هم چنین حل با روش F. ANP نشان داد که بیش ترین وزن مربوط به معیار " پیش بینی اقدامات کنترلی و پیش گیرانه " می باشد که از زیرمعیارها " مدیریت ریسک" می باشد و اولویت اول را کسب کرد و در نهایت نتایج F. VIKOR نشان داد که پیمانکار سوم به عنوان شرکت پیمانکار برتر انتخاب شد. هرچند که این روش تلفیقی جهت رتبه بندی پیمانکاران استفاده شد میتوان در موارد مشابه و با تعریف معیارهای مناسب و اثرگذار کار رتبه بندی و ارزیابی را انجام داد.

۹- منابع

1. James J., Liou H., Wang C., Hsu S.,(2011), A hybrid model for selection of an outsourcing provider , Applied Mathematical Modelling 35 , 5121–5133.

2 .LIN h., FENG Y., TAN J., AN h.,(2011), A hybrid fuzzy DEMATEL-VIKOR method for product concept evaluation. Advanced Materials Research Vol 186 , 230-235.

3.Ana N., Francisco R.,(2012), A fuzzy multi-criteria decision-making model for construction contractor prequalification, Automation in Construction 25 , 8–19.

4.Tzeng, G. H., Wang, Y. L., (2012), Brand marketing for creating brand value based on a MCDM model combining DEMATEL with ANP and VIKOR methods, Expert Systems with Applications 39, 5600–5615.

5.Yung G. H., Wang Y. L., (2012 The best vendor selection for conducting the recycled material based on a hybrid MCDM model combining DANP with VIKOR, Expert Systems with Applications 39, 5600–5615.

6. Jaman A., Margaret E.,(2013), The impact of contractors' attributes on construction project success: A post construction evaluation, International Journal of Project Management 31 , 313–322.

7. Khaled N., Ossama H.,(2013) , Fuzzy clustering validity for contractor performance evaluation: Application to UAE contractors, Automation in Construction 31 , 158–168

8. Senthil S., Srirangacharyulu B., Ramesh A., (2014), A robust hybrid multi-criteria decision making methodology for contractor evaluation and selection in thirdparty reverse logistics, Expert Systems with Applications 41, 50–58.

9. Shiyu M.,Hu C.,Mohamed C., Wei P.,(2014), Assessing risk management capability of contractors in subway projects in mainland China, International Journal of Project Management 32 , 452–460

10. Snežana T., Slobodan Z., Mladen K.,(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, 8112–8128.

11. Deng-Feng L., Shu-Ping W.,(2014), Fuzzy heterogeneous multiattribute decision making method for outsourcing provider selection, Expert Systems with Applications 41 , 3047–3059

12. Nabi I.,(2015), Contractor selection for construction project, with the use of fuzzy preference relation, Procedia Engineering 111 , 317 – 323.

13. Ozer U., Hasan K., Unal A.,(2015), An integrated DEMATEL and Fuzzy ANP techniques for evaluation and selection of outsourcing provider for a telecommunication company, Computers & Industrial Engineering 86 , 137–146.

14. Agnieszka L.,(2015), Reliability Assessment of Research into Contractors' Bidding Decisions, Procedia Engineering 122 , 251 – 257.

15. Tran H., Long H., and Young L.,(2015), A Fuzzy AHP Model for Selection of Consultant Contractor in Bidding Phase in Vietnam, KICEM Journal of Construction Engineering and Project Management Online ISSN 2233-9582.

16. Emmanuel M.,Nii A., Ezekiel C., David P.,(2015), Trust influencing factors in main contractor and subcontractor relationships during projects, International Journal of Project Management 33 , 1495–1508

17. Ebrahimi A., Alimohammadlou M ., Mohammadi S.,(2016), Identification and prioritization of effective factors in assessment and ranking of contractors using fuzzy multi-criteria techniques,Decision Science Letters 5 , 95–108.