

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

از آنجایی 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. از این رو انتخاب صحیح پیمانکاران شایسته میتواند باعث جلوگیری از هدر رفتن منابع، کاهش هزینه ها و اجرایی شدن پروژه ها در زمان معین و به 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 دیگر کرده 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 حداکثر برسانند [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 می شود به شمار آورد. [۱۰] این امر اثرات مثبت زیادی در پی دارد که

¹ DEMATEL

² ANP

³ VIKOR

از آن جمله می توان به کاهش هزینه های 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 راه اندازی تعداد بیشتری از پروژه ها، مشخص کردن قیمت کل پروژه و بستن بودجه مربوطه قبل از اجرای آن و مسدود کردن راه های ادعاهای مالی ناصحیح پیمانکاران اجرایی نام برد. [۱] تصمیم گیری هایی که معمولاً کارفرمایان 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]

تصمیم گیری یکی از مهمترین و اساسی ترین 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 شبکه فازی
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، ساختار سازمان، تجربه، اندازه و نوع پروژه قبلی، امور مالی، سیستم پشتیبانی	CSF
۵	موحد 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 جزئی
۷	جیمز و همکاران	۲۰۱۴	مالی، کیفیت، ریسک، تجربه، رضایت مندی مشتری،	ANP و DEMATEL فازی
۸	سندیل و همکاران	۲۰۱۴	عملکرد سازمانی، لجستیک معکوس، کیفیت مالی، منابع، بومی بودن، تجربه، سیستم ارتباطی	AHP و TOPSIS
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

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

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 رتبه بندی 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 شاخص ها 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

علایم	زیر معیارها	معیارها اصلی
C ₁₁	توان مالی و پشتیبانی	شاخص مالی C ₁
C ₁₂	قیمت پیشنهادی	
C ₁₃	مدیریت هزینه	
C ₁₄	آنالیز بهاء	
C ₁₅	ثبات مالی	
C ₂₁	مدیریت بحران	مدیریت ریسک C ₂
C ₂₂	پیش بینی اقدامات کنترلی و پیش گیرانه	
C ₃₁	بکارگیری استانداردها مشخصات فنی و دستورالعمل ها مربوط	

C ₃₂	چگونگی اجرای پروژه های مشابه از نظر کیفیت ، هزینه و برنامه زمانی	شاخص های فنی C ₃
C ₃₃	رعایت قوانین مربوطه از قبیل قوانین ایمنی زیست محیطی	
C ₃₄	تطابق مشخصات فنی با درخواست کارفرما	
C ₃₅	استفاده از فن آوریهای جدید	
C ₃₆	نظم و ترتیب در امور کارگاه	
C ₃₇	انعطاف پذیری	
C ₃₈	تعامل با کارفرما و پیمانکاران جز	
C ₄₁	سیستم جامع برنامه ریزی و کنترل پروژه	
C ₄₂	مدیریت زمان	
C ₄₃	حداکثر استفاده از ظرفیت و توان در انجام به موقع کارها	
C ₅₁	پیشنهاد اجرایی جهت بهبود کیفیت	کیفیت C ₅
C ₅₂	مستندسازی در سیستم مدیریت کیفیت	
C ₅₃	داشتن واحد کنترل کیفیت	
C ₆₁	خلاقیت و نوآوری کارکنان	منابع انسانی C ₆
C ₆₂	تعداد نیروهای متخصص	
C ₆₃	دانش و تجربه کادر فنی	

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. هم چنین 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 درجه ای 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- فرآیند 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 A بر معیار J را با استفاده جدول ۲، نشان دهند. برای بررسی معیارها از نظر ۱۰ خبره استفاده شد. در این ماتریس ها، $(l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) = \tilde{x}_{ij}$ اعداد فازی مثلثی می باشند. برای در نظر گرفتن نظر همه خبرگان طبق فرمول زیر، از آنها میانگین حسابی گرفته می شود.

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

در این فرمول p تعداد خبرگان و $\tilde{x}^1, \tilde{x}^2, \tilde{x}^3, \dots, \tilde{x}^p$ به ترتیب ماتریس مقایسه زوجی خبره ۱، خبره ۲ و خبره p می باشد و \tilde{z} عدد فازی مثلی 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 فرمول های زیر ماتریس میانگین نظرات را نرمال سازی کرده و آن را ماتریس H می نامیم.

$$\tilde{H}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{l'_{ij}}{r}, \frac{m'_{ij}}{r}, \frac{u'_{ij}}{r} \right) = (l''_{ij}, m''_{ij}, u''_{ij}) \quad (2)$$

که r از رابطه زیر به دست می آید:

$$r = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\sum_{j=1}^n u'_{ij} \right) \quad (3)$$

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 زیر معیارها (TC)

بعد از محاسبه ماتریس نرمال، ماتریس روابط کل فازی با توجه به فرمول های زیر به دست می آید.

$$T = \lim_{k \rightarrow +\infty} (\tilde{H}^1 \oplus \tilde{H}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{H}^k) \quad (4)$$

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

$$[l^t_{ij}] = H_l \times (I - H_l)^{-1}$$

$$[m^t_{ij}] = H_m \times (I - H_m)^{-1}$$

$$[u^t_{ij}] = H_u \times (I - H_u)^{-1}$$

در این فرمول‌ها I ماتریس یکه و H_u, H_m, H_l هر کدام ماتریس $n \times n$ هستند که درایه‌های آن را به ترتیب عدد پایین، عدد میانی و عدد بالایی اعداد فازی مثلثی ماتریس 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 می‌گردد. 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 R_i بیانگر مجموع سطر i ام و شاخص D_j بیانگر مجموع ستون j ام از ماتریس T_D می‌باشد. جهت ترسیم و تحلیل نمودار نیاز به دو شاخص شدت اثرگذاری و اثرپذیری و جهت تأثیر می‌باشیم که با استفاده از R_i و D_j به دست می‌آیند. برای هر $i=j$ خواهیم داشت:

$$\bar{D} = (\bar{D}_i)_{n \times 1} = \left[\sum_{j=1}^n \tilde{T}_{ij} \right]_{n \times 1} \quad (5)$$

$$\bar{R} = (\bar{R}_i)_{1 \times n} = \left[\sum_{j=1}^n \tilde{T}_{ij} \right]_{1 \times n} \quad (6)$$

که \bar{D} و \bar{R} به ترتیب ماتریس $1 \times n$ و $n \times 1$ هستند. مرحله بعدی میزان اهمیت شاخص‌ها $(\bar{D}_i + \bar{R}_i)$ و رابطه بین معیارها $(\bar{D}_i - \bar{R}_i)$ مشخص می‌شود. اگر $\bar{D}_i - \bar{R}_i > 0$ باشد معیار مربوطه اثرگذار و اگر $\bar{D}_i - \bar{R}_i < 0$ 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 $\bar{D}_i + \bar{R}_i$ و $\bar{D}_i - \bar{R}_i$ را برای ابعاد بدست می آوریم و سپس با استفاده از فرمول زیر فازی زدایی می کنیم:

$$B = \frac{(a_1 + a_3 + 2 \times a_2)}{4} \quad (7)$$

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

جدول ۸- مقادیر $\bar{R}, \bar{D}, \bar{R} + \bar{D}, \bar{R} - \bar{D}$

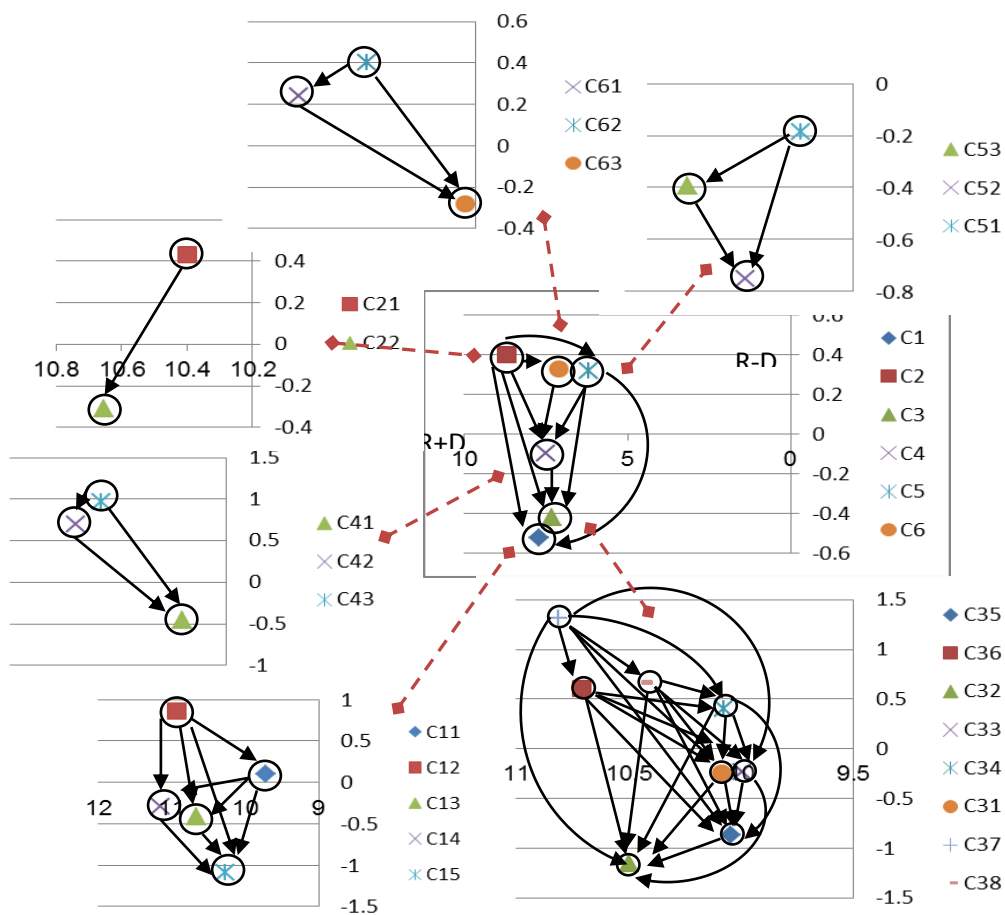
$\bar{R} - \bar{D}$	$\bar{R} + \bar{D}$	\bar{D}	\bar{R}	معیارها/ زیر معیارها
-0.523	7.698	4.11	3.587	شاخص مالی
0.095	9.713	4.809	4.904	توان مالی و پشتیبانی
0.861	10.94	5.037	5.898	قیمت پیشنهادی
-0.41	10.66	5.537	5.124	مدیریت هزینه
-0.3	11.15	5.726	5.428	آنالیز بهاء
-1.09	10.27	5.68	4.586	ثبات مالی
0.398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

-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 هشتم- ترسیم نقشه روابط شبکه (NRM)

• $ri + dj$ = شدت اثر گذاری و اثر پذیری (به عبارت دیگر هر چه 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 اثر گذار و اگر $ri - dj < 0$ باشد معیار مربوطه اثر پذیر است).



شکل ۲- روابط شبکه مربوط به معیارها

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

ماتریس TC را با استفاده از فرمول های زیر نرمال می کنیم؛ 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 می گردد.

$$T_D = \begin{bmatrix} t_{11}^{D_{11}} & \dots & t_{1j}^{D_{1j}} & \dots & t_{1m}^{D_{1m}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{i1}^{D_{i1}} & \dots & t_{ij}^{D_{ij}} & \dots & t_{im}^{D_{im}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{m1}^{D_{m1}} & \dots & t_{mj}^{D_{mj}} & \dots & t_{mm}^{D_{mm}} \end{bmatrix} \begin{matrix} \longrightarrow d_1 = \sum_{j=1}^m t_{1j}^{D_{1j}} \\ \longrightarrow d_i = \sum_{j=1}^m t_{ij}^{D_{ij}}, d_i = \sum_{j=1}^m t_{ij}^{D_{ij}}, i = 1, \dots, m \\ \longrightarrow d_m = \sum_{j=1}^m t_{mj}^{D_{mj}} \end{matrix} \quad (8)$$

گام هشتم - تشکیل سوپرماتریس موزون

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

$$\begin{aligned} W_{11}^{\alpha l} &= t_D^{\alpha 11l} \times W_{ij}^l \\ W_{11}^{\alpha m} &= t_D^{\alpha 11m} \times W_{ij}^m \\ W_{11}^{\alpha u} &= t_D^{\alpha 11u} \times W_{ij}^u \end{aligned}$$

جدول ۹- سوپرماتریس 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 این پژوهش در توان ۵ به همگرایی رسید، که به شرح جدول زیر می باشد:

$$\lim_{Z \rightarrow \infty} (W^{\alpha l})^Z, \quad \lim_{Z \rightarrow \infty} (W^{\alpha m})^Z, \quad \lim_{Z \rightarrow \infty} (W^{\alpha u})^Z$$

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	0.033	0.037	0.039	0.04	0.04	0.09	0.1	0.1	0.022	0.022	0.025	0.022	0.02	0.023	0.023	0.021	0.021	0.06	0.057	0.053	0.041	0.044	0.043	0.051	0.048	0.049
C ₁₂	0.033	0.033	0.037	0.039	0.04	0.04	0.09	0.1	0.1	0.022	0.022	0.025	0.022	0.02	0.023	0.023	0.021	0.021	0.06	0.057	0.053	0.041	0.044	0.043	0.051	0.048	0.049
C ₁₃	0.033	0.033	0.037	0.039	0.04	0.04	0.09	0.1	0.1	0.022	0.022	0.025	0.022	0.02	0.023	0.023	0.021	0.021	0.06	0.057	0.053	0.041	0.044	0.043	0.051	0.048	0.049
C ₁₄	0.033	0.033	0.037	0.039	0.04	0.04	0.09	0.1	0.1	0.022	0.022	0.025	0.022	0.02	0.023	0.023	0.021	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 دهنده 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 تجاری 0.17 (4) C ₂	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 گزینه‌ها 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 زیر آورده شده است.

جدول ۱۳ - مؤلفه 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:

$$\tilde{f}_j^* = \max \tilde{x}_{ij}, \tilde{f}_j^- = \min \tilde{x}_{ij} \tag{9}$$

جدول ۱۴ - بهترین و بدترین مقدار 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
\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 زیر خواهد بود:

$$n_{ij} = \frac{a_{ij} - \min_i(a_{ij})}{\max_i(a_{ij}) - \min_i(a_{ij})} \tag{10}$$

جدول ۱۵ - ماتریس نرمال شده

	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	-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{R}_i و \tilde{S}_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 w_j وزن فازی معیار باشد:

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{w}_j [(\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)], \tag{11}$$

$$\tilde{f}_j^* = \max \tilde{x}_{ij}, \tilde{f}_j^- = \min \tilde{x}_{ij} \tag{12}$$

$$\tilde{f}_j^* = \min \tilde{x}_{ij}, \tilde{f}_j^- = \max \tilde{x}_{ij} \tag{13}$$

$$\tilde{R}_i = \max [w_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)]. \tag{14}$$

این محاسبات در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۱۶- مقادیر \tilde{R} و \tilde{S}

	\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:

$$\tilde{Q}_i = v \frac{\tilde{S}_i - \tilde{S}_{\min}}{\tilde{S}_{\max} - \tilde{S}_{\min}} + (1 - v) \frac{\tilde{R}_i - \tilde{R}_{\min}}{\tilde{R}_{\max} - \tilde{R}_{\min}} \tag{15}$$

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 \tilde{S} , \tilde{R} , \tilde{Q} با توجه به فرمول زیر قطعی می شوند:

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

$$Crisp(\tilde{N}) = \frac{2m+l+r}{4} \tag{16}$$

در ادامه، مقادیر 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 گزینه ها صورت می گیرد. در این قسمت رتبه بندی به دو صورت دی فازی شده محاسبه گردید:

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

دی فازی شده						
\tilde{Q}		\tilde{R}		\tilde{S}		رتبه
V=0.5						
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.