فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال هفتم / شماره ۲۰ / تابستان ۱۳۹۱

مقایسه روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی و غیرفازی در محاسبه ارزش وزنی فعالیتهای پروژه

هیرش گل پیرا
مربی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج
Email:Herishgolpira@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۱۲ * تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۲۲

چکیده

این مقاله ترکیب روش‌های اِی‌اچ‌پی گروهی و تاپسیس در فرم‌های فازی و غیرفازی را برای تعریف ضرایب وزنی فعالیت‌های پروژه مورد ارزیابی قرار می‌دهد. به این منظور پروژه‌ای با ۱۲۱ فعالیت به عنوان مطالعه موردی انتخاب می‌شود. پارامترهای اثرگذار در تعیین اهمیت فعالیت‌ها شناسایی و با استفاده از اِی‌اچ‌پی گروهی یک بار در فرم فازی و بار دیگر در فرم غیرفازی اولویت‌بندی و وزن‌دار می‌شوند. در ادامه با استفاده از اوزان به‌دست آمده و با به کار بردن روش تاپسیس یک بار در فرم فازی و بار دیگر در فرم غیرفازی به اولویت‌بندی و وزن‌دهی به فعالیت‌های ۱۲۱گانه پروژه پرداخته می‌شود. پس از تأثیر اوزان در فعالیت‌های پروژه و ترسیم نمودار پیشرفت بر مبنای روش‌های معرفی شده و دو روش قدیمی و پذیرفته‌شده‌ی بی‌اُکیو و مایلستون سطح صحت هر یک از روش‌ها به صورت گرافیکی و با استفاده از آزمون فرض یک طرفه به چالش کشیده می‌شود. نتایج حاصله نشان می‌دهد که هردو روش فازی و غیرفازی روش‌های معتبری می‌باشند و حتی روش غیر فازی بهتر از روش فازی هم عمل کرده است.

واژه‌های کلیدی: موفقیت پروژه، تصمیم‌گیری چند معیاره، نمودار پیشرفت پروژه.

۱-مقدمه

تقریباً تمام تحقیقات صورت گرفته سه معیار اثرگذار در موفقیت پروژه‌ها را هزینه، زمانبندی و کیفیت معرفی می‌کنند (Barber & Miley, 2002; Levine, 2002; Shenhar, Levy, & Driv, 1997; Golpîra, 2011; Golpîra & Moradi, 2011; Barrie & Paulson, 1992; Hwang & Yoon, 1981). اما دلیل اینکه پروژه‌ها به صرف نزدیک بودنشان به زمان‌بندی و بودجه‌بندی مشخص، موفق ارزیابی می‌شوند، الزاماً دقیق بودن این دیدگاه نیست (Pinto & Slevin 1988; Shenhar et al. 1997). هزینه و زمانبندی خیلی به هم نزدیک بوده و ارتباطات زیادی دارند (Rasdorf & Abudayyeh, 1991). لذا منفک کردن آنها، مسبب بروز نارسایی و محاسبات تکراری است (Jung & Gibson, 1999). لذا مدل‌هایی چون درصد پیشرفت وزنی (Clark & Lorenzoni, 1978)، مدل دسته‌بندی کار[1] (DOD, 1980)، مدل منحنی استیونس (Stevens, 1986) مدل تیچولز (Teicholz, 1987) و مدل ارزش کسب شده[2] (Eldin, 1989) برای ترکیب این دو معیار پیشنهاد شده‌اند. (De Cotiie & Dyer, 1979; Paolini & Glaser, 1977; Pinto & Slevin, 1988) رضایت مشتری را به عنوان فاکتور مهم دیگری در موفقیت پروژه معرفی می‌کنند. فاکتور نیروی کاری معیار مهم دیگری در موفقیت پروژه است و عدم توجه به آن یکی از نارسایی‌های مدل‌های معرفی شده است (Barber & Miley, 2002). (Barrie & Paulson, 1992) ارزش وزنی حاصل از نیروی کار را به‌جای ارزش وزنی حاصل از هزینه برای تصحیح درصد پیشرفت پروژه تعریف می‌کنند. (Freeman & Beale, 1992) علاوه بر عوامل پیش‌گفته، نوع پروژه را به‌عنوان عامل دیگری در موفقیت پروژه معرفی می‌کنند و آن را به دیدگاه متفاوت افراد مختلف ارتباط داده و از این رو برای آن شخصیتی چندمعیاره و چندبعدی قائلند که با گذشت زمان متغیر است. (Shenhar et al. 1997) سیزده معیار را در موفقیت پروژه، مهم معرفی می‌کنند. چگونگی پرداخت به پیمانکار نیز پارامتر دیگری برای موفقیت پروژه به خصوص در پروژه‌های عمرانی است(Hamilton 2001; Clough & Sears, 1994; Wiliams, 2001).

(Hamilton 2001; Cloough & Sears, 1994; Wiliams, 2001) معیار پی‌گیری میزان موفقیت پروژه را پیشرفت واقعی در طول دوره عمر پروژه و مقایسه آن با برنامه مبنا دانسته‌اند. برای اندازه‌گیری پیشرفت پروژه که اساس جریان نقدینگی در آن است، دو روش: (۱) روش مایلستون[3] و (۲) روش بی‌اُکیو[4] وجود دارد. ترجیح کارفرمایان، روش مایلستون و ترجیح پیمانکاران روش بی‌اُکیو است و وجود تفاوت معنی‌دار بین این دو روش اثبات شده است (Clough & Sears, 1994 ;Golpîra, 2011). از این رو ارائه روش‌های دیگری که مورد تأیید همه ارکان پروژه باشند ضروری است. لذا (Golpîra & Moradi, 2011a, 2011b) با بهره‌گیری از تصمیم‌گیری چندمعیاره این کار را انجام دادند. (Golpîra, 2011) با توجه به وجود عدم قطعیت و ابهام در برخی ویژگی‌های پروژه و استفاده از متغیرهای زبانی، با استفاده از تئوری فازی، معیار جامع دیگری را نیز ارائه می‌نماید.

در این مقاله ضمن مقایسه‌ی دو روش قدیمی پی‌گیری پیشرفت پروژه و دو روش جدید معرفی شده با استفاده از مدل‌های اِی اچ پی گروهی و تاپسیس در دو فرم فازی و غیر فازی، به رتبه‌بندی روش‌های گفته شده براساس صحت و اعتبارشان پرداخته می‌شود. برای دستیابی به این هدف، از پروژه ای که در تاریخچه موضوع مورد استفاده قرار گرفته است استفاده شده و به صورت گرافیکی از نمودار پیشرفت پروژه (منحنی اِس[5]) و نیز از آزمون فرض یک طرفه به گستردگی استفاده شده است.

۲- مواد و روشها

روش اِی اچ پی که توسط ساعتی در سال ۱۹۸۰ معرفی شد، یک مدل قوی تصمیم‌گیری است که برای رده‌بندی گزینه‌ها به وسیله‌ی معیارهای مختلف کاربرد دارد (Saaty & Vargas, 1984). ساعتی معترف بود که عدم قطعیت‌هایی در روش وجود دارد (Saaty & Vargas, 2006). (Bellman & Zadeh, 1970) اولین کسانی بودند که مفهوم تصمیم‌گیری فازی را

[1] Work packaging model
[2] Earned value model
[3] Milestones
[4] Bill of Quantities (BOQ) method
[5] S-curve

پیش کشیدند و در نهایت، (Buckley, 1985) مدل اِی اچ پی فازی را ارائه کرد. به علاوه، Bezdek, Spillman, & (Kacprzyk, Fedrizzi & Nurmi, 1993; Tanino, 1984; Spillman 1979) نشان دادند که تصمیم‌گیری می‌تواند بر پایه‌ی نظر چندین تصمیم‌گیرنده باشد. روش‌های اِی اچ پی گروهی در فرم فازی و غیرفازی آن با تبدیل مسأله به یک زنجیره سلسله مراتبی شامل هدف، معیار و زیر معیارها و آلترناتیوهای تصمیم‌گیری آغاز می‌شود Torfi, Farahani &). (Rezapour, 2010) سپس ماتریس‌های مقایسات زوجی (D) با پرسش از همه‌ی تصمیم گیرندگان (Sun, 2010; Torfi et al. 2010)تهیه شده و بردار ویژه و $\lambda_{\max}$ با استفاده از رابطه $|D-\lambda.I|=0$ برای هر یک از ماتریس‌ها محاسبه می‌شوند. بردار ویژه همچنین یک نرخ سازگاری (CR) از ماتریس D را از رابطه‌ی $CI=\lambda_{\max}-n/n-1$, $CR=CI/RI$ محاسبه می‌کند (Asgarpour, 2010). این معیار باید کمتر از ۰/۱ باشد و درغیر این صورت تصمیم‌گیرنده باید در مورد قضاوتش بازنگری کند (Sun, 2010). از این مرحله به بعد فرآیند اِی اچ پی فازی از غیر فازی تفکیک می‌شود.

۱. در مدل اِی اچ پی غیر فازی وزن نسبی مناسب هر معیار با استفاده از تکنیک بردار ویژه استخراج می‌شود Golpîra &). Moradi, 2011; Hwang & Yoon, 1981; Pinto & Mantel, 1990)

۲. برای دست‌یابی به اوزان فازی از طریق اِی‌اچ‌پی فازی ابتدا ماتریس مقایسات زوجی فازی می‌شود. در این مقاله از اعداد فازی مثلثی و جدول گوموس برای این کار استفاده می‌شود (Gumus, 2009). در ادامه، وزن نسبی معیارهای اثرگذار برای هر تصمیم‌گیرنده، از روش میانگین هندسی که توسط (Buckley, 1985) ارائه شد، استفاده می‌شود. درنهایت برای جمع‌بندی نظرات همه‌ی تصمیم‌گیرندگان، از روش میانگین هندسی معمول در اِی‌اچ‌پی استفاده می‌شود تا به وزن نسبی فازی معیارها رسید (Chen & Tzeng, 2004; Golpîra, 2011).

مدل تاپسیس توسط (Hwang & Yoon, 1981) ارائه شده است. در این مدل موضوع قابل بررسی این است که برای تصمیم‌گیرنده بسیار مشکل است که قضاوت درستی در رابطه با گزینه‌های مختلف در پیوند با عوامل اثرگذارشان را داشته باشد (Golpîra & Noorossana, 2008; Yang & Hung, 2007). استفاده از اعداد فازی، سبب نزدیک شدن تصمیم‌گیرنده و تصمیم‌های او به عالم واقعیت می‌گردد و از ابهامات موجود در مدل غیرفازی می‌کاهد (Tsaur, Chang & Yen. 2002; Yang & Hung, 2007; Wang & Lin, 2003; Tsaur et al., 2002; Carlson, 1982) Carlson, 1982) Zimmerman, از آن برای انتخاب استراتژی مناسب استفاده کردند و (Clough & Sears, 1994; Chen & Tzeng, 2004) از آن برای انتخاب مواد خام استفاده کردند.

مدل تاپسیس با تشکیل ماتریس تصمیم (D') و به دست آوردن ماتریس بی مقیاس نرمال ($N_{D'}$) برای آن آغاز می‌شود. در ادامه با استفاده از وزن بدست آمده از روش اِی‌اچ‌پی (W)، ماتریس بی مقیاس وزین از طریق رابطه $V=N_D.W$ محاسبه می‌شود. سپس راه حل ایده آل (A^+) و ایده آل منفی (A^-) انتخاب و محاسبه اندازه جدایی گزینه i از گزینه ایده‌آل مثبت (d_i^+)و ایده‌آل منفی (d_i^-) به کمک روش اقلیدسی انجام می‌شود. نزدیکی نسبی A_i به راه حل ایده‌آل با استفاده از $cl_{i+} = C_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}; 0 < cli + < 1; i = 1, 2, ..., m$ بدست می‌آید و درنهایت اعداد بدست آمده در فاصله [۰ ۱] نرمال می‌شوند تا قابل استفاده در برنامه زمان‌بندی شوند (Golpîra & Moradi, 2011a; 2011b)

مدل تاپسیس فازی نیز مانند نوع غیر فازی آن با تعریف ماتریس تصمیم فازی آغاز می‌شود(Golpîra & Moradi, 2011) در این مقاله المان‌های ماتریس، اعداد فازی مثلثی هستند($\tilde{t}_{ij}$) که از روش سرانگشتی[6] برداشت شده‌اند. ماتریس تصمیم فازی نرمال شده ($\tilde{T}$)و ماتریس تصمیم فازی نرمال شده موزون به صورت $V=[\tilde{v}_{ij}]=[\tilde{w}_i \tilde{t}_{ij}]$ بدست می‌آید که در آن وزن فازی فاکتورها ($\tilde{w}$) قبلاً با استفاده از روش اِی‌اچ‌پی فازی محاسبه شده است. سپس با درنظر گرفتن آلترناتیو ایده‌آل مثبت به صورت $\tilde{v}_j^+ = (1,1,1)$ و ایده‌آل منفی به صورت $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$ به محاسبه فاصله هر آلترناتیو به نسبت ایده‌آل مثبت (d_i^+) و ایده-آل منفی (d_i^-) اقدام می‌شود تا در نهایت ضریب نزدیکی هر آلترناتیو(cl_{i+}) محاسبه گردد. در نهایت، از فاکتور نرمال شده در

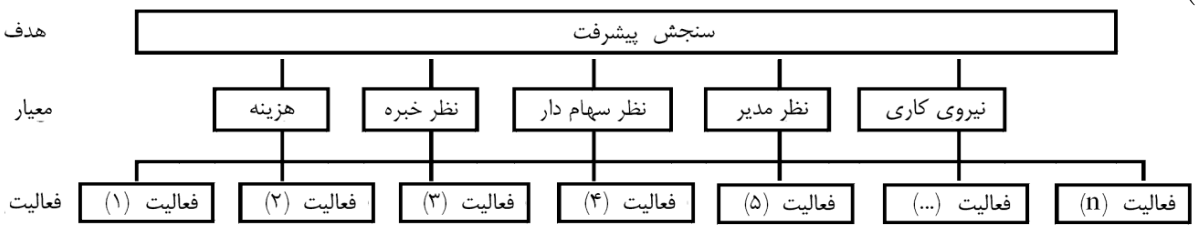
[6] Role of thumb

فاصله [۱ ۰] برای استفاده به عنوان ضریب فعالیت در برنامه زمان‌بندی پروژه استفاده می‌شود (Golpîra & Moradi, 2011a; 2011b).

برای اجرا و مقایسه مدل‌ها، بررسی عملی روی یک استادیوم به عنوان یک پروژه عمرانی انجام می‌شود تا کاربردی بودن روش‌های ارائه شده آزمون شود و امکان مقایسه نیز بین روش‌های موردنظر امکان‌پذیر گردد. اطلاعات این تحقیق در زمستان سال ۱۳۸۸ در کردستان جمع‌آوری شده است. پروژه شامل ۱۲۱ فعالیت در چهار سطح ساختار شکست کار و برنامه زمان‌بندی در نرم افزار اِمِاِس‌پی[7] است. سه گروه تصمیم‌گیرنده در مورد ساختار شکست کار که به عنوان تصمیم‌گیرنده برای وزن‌دهی به معیارها و فعالیتها نیز مورد استفاده قرار گرفتند، مورد سؤال واقع شده‌اند. مراحل محاسبات به شرح زیر است:

(۱)ساختار زنجیره‌ای مثال مورد نظر در شکل (۱) نشان داده شده است. نکته قابل توجه در مورد این شکل این است که معیار هزینه برای هر فعالیت یا هر دسته از فعالیت‌های یک سطح ساختار شکست کار، شامل هزینه نیروی کاری نمی‌باشد. به علاوه، این ساختار و فاکتورهای موجود درآن با توجه به مدل طراحی و ارائه شده در پیشینه تحقیق ارائه گردیده است و لذا درنظر گرفتن ۵ فاکتور به عنوان فاکتورهای با اهمیت در پروژه کاملا براساس برداشت از پیشینه تحقیق می باشد تا امکان مقایسه مدل های ارائه شده بوجود آید. بدیهی است که مدل با توجه با ساختار منعطفی که در اختیار می‌گذارد امکان این را فراهم می‌آورد که این فاکتورها توسعه یافته و به نسبت پروژه و ذی نفعان آن، از فاکتورهای دیگری نیز بهره بگیرد.

(۲)



شکل شماره (۱): ساختار زنجیره‌ای مطالعه موردی

(۳)برای جمع‌آوری نظر تصمیم‌گیرندگان و تبدیل آن به ماتریس تصمیم، جدولی طراحی و نظر تصمیم‌گیرندگان برای پرکردن آن پرسیده شد. قضاوت غیر فازی تصمیم‌گیرندگان در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول شماره (۱): ماتریس نظر تصمیم‌گیرندگان برای مقایسه زوجی معیارها

	نیروی کاری			نظر مدیر			نظر سهام دار			نظر خبره			هزینه		
تصمیم گیرنده ۳,۲,۱	تصمیم گیرنده			تصمیم گیرنده			تصمیم گیرنده			تصمیم گیرنده			تصمیم گیرنده		
	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱
هزینه	۰/۲	۷	۷	۰/۶	۵	۳	۰/۵	۲	۳	۰/۵	۲	۵	۱	۱	۱
نظر خبره	۱	۲	۲	۵	۳	۰/۵	۳	۰/۵	۱/۳	۱	۱	۱	۲	۰/۵	۰/۲
نظر سهام دار	۰/۵	۵	۳	۱	۳	۲	۱	۱	۱	۱/۳	۲	۳	۲	۰/۵	۱/۳
نظر مدیر	۰/۵	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۰/۲	۰/۵	۰/۲	۰/۵	۲	۱/۰۶	۰/۲	۱/۳
نیروی کاری	۱	۱	۱	۲	۰/۵	۰/۵	۲	۰/۲	۱/۳	۱	۰/۵	۰/۵	۵	۱/۷	۱/۷
	CR: ۰/۰۱۹						λ_{max}: ۵/۰۹			تصمیم گیرنده ۱					
	CR: ۰/۰۲۲						λ_{max}: ۵/۱۰			تصمیم گیرنده ۲					
	CR: ۰/۰۵۲						λ_{max}: ۵/۲۳			تصمیم گیرنده ۳					

(۴)درنهایت با طی مراحل مدل اِی‌اچ‌پی غیر فازی وزن‌های غیرفازی معیارها طبق جدول (۲) بدست می‌آید و همچنین با طی مراحل مدل اِی‌اچ‌پی فازی، اوزان فازی معیارها طبق جدول (۳) بدست می‌آید.

[7] MSP

جدول شماره (۲): وزن غیرفازی مقایسه‌ای معیارها

تصمیم گیرنده۱	(۰/۴۸۴۳,۰/۰۸۹۹,۰/۲۲۱۱,۰/۱۴۱۵,۰/۰۶۳۲)
تصمیم گیرنده۲	(۰/۴۱۷۰,۰/۱۷۳۱,۰/۲۶۷۹,۰/۰۸۳۲,۰/۰۵۸۸)
تصمیم گیرنده۳	(۰/۴۰۵۱,۰/۱۳۲۳,۰/۱۰۶۰,۰/۱۶۰۷,۰/۱۹۵۹)
	W =(۰/۴۳۴۱,۰/۱۲۷۲,۰/۱۸۴۴,۰/۱۲۳۶,۰/۰۸۸۴)

جدول شماره (۳): وزن فازی مقایسه‌ای معیارها

W=	(۰/۱۴۱۳,۰/۲۴۵۱,۰/۴۵۲۷)
	(۰/۰۹۲۵,۰/۱۶۵۳,۰/۳۱۲۸)
	(۰/۱۰۷۱,۰/۱۹۲۸,۰/۳۵۹۳)
	(۰/۶۱۰۳,۰/۱۰۹۱,۰/۲۰۶۴)
	(۰/۵۹۴۰,۰/۱۰۰۴,۰/۱۹۰۳)

اطلاعات مختلف پروژه با استفاده از فرم مخصوصی که از طریق اطلاعات برنامه زمان‌بندی و نظر افراد خبره پر می‌شود، جمع آوری می‌شود. برای به کار بردن مدل تاپسیس غیرفازی پس از به کار بردن روش پنج رده‌ای لیکرت[۸] برای تبدیل داده‌های کیفی به کمی ماتریس تصمیم نرمال می‌شود و در نهایت با طی مراحل اجرایی مدل، وزن هرفعالیت در کل پروژه به صورت نشان داده شده در جدول (۴) برداشت می‌شود.

برای پیاده‌سازی مدل تاپسیس فازی ابتدا به نرمال کردن داده‌های عددی در بازه‌ای بین صفر تا یک پرداخته می‌شود. این امر با توجه به اینکه همگی فاکتورهای مورد بحث "هرچه بزرگتر باشند بهترند"، از طریق رابطه زیر امکان پذیر است:

$$Y_{ij} = \frac{[y_{ij} - \min\{y_{ij}\}]}{[\max\{y_{ij}\} - \min\{y_{ij}\}]}$$

سپس روند تاپسیس فازی را مطابق با آنچه در بالا به آن اشاره شد، ادامه می‌دهیم تا در نهایت به اوزان فعالیت‌ها در جدول (۵) دست یابیم.

۳- نتایج و بحث

برای مقایسه‌ی روش‌ها، نمودار اِس مربوط به دو روش قبلی را که داده‌های آن مستقیماً و بدون دخالت دادن اوزان فعالیت‌ها، با استفاده از نرم‌افزار اِم اِس پی قابل برداشت می‌باشد، برداشت می‌کنیم. در ادامه با توجه به اینکه در جداول (۴) و (۵) اوزان فعالیت‌ها محاسبه شده است، این اوزان به تناوب به نرم‌افزار اِماِس‌پی و برنامه‌ی موردی مد نظر ما انتقال داده می‌شوند و با تأثیر آنها در درصد پیشرفت فیزیکی فعالیت‌ها نمودار اِس مربوط به روش‌های پیشنهادی نیز برداشت می‌شوند که برای سهولت مقایسه، این نمودارها، به صورت توأم در شکل (۲) به تصویر کشیده شده‌اند.

همانگونه که از نمودارهای اِس شکل (۲) برمی‌آید، نمودار اِس روش‌های پیشنهادی از لحاظ جایگاه در مکانی بین نمودار روش‌های بی‌اُکیو و مایلستون واقع شده‌اند. از این رو به نظر می‌رسد که توانسته باشیم روش مناسبتری را ارائه کنیم. اما برای اینکه این موضوع اثبات گردد، از آزمون فرض آماری به صورت زیر استفاده می‌کنیم:

اولین گام، یافتن حجم نمونه از تعداد کل ۶۱ ماهی است که برای اتمام این پروژه برنامه‌ریزی شده است. بودجه‌ی برنامه‌ریزی شده برای این پروژه عبارت است از ۱۸۷۴۲۰۲۸۷۱۳ واحد پولی. لذا میانگین پرداختی برای هر ماه، عبارت خواهد بود از ۳۰۷۲۴۶۳۷۲ واحد پولی. از این رو اگر خطای قابل قبول را حتی در حالت خیلی بدبینانه، برابر با یک هزارم مبلغ پرداخت میانگین ماهیانه، یعنی مبلغی بالغ بر ۳۰۷۲۴۶ نیز درنظر بگیریم، با درنظر گرفتن $\alpha = ۰/۰۵$ حجم نمونه برابر با ۳۲ خواهد شد. از این رو ۳۲ ماه (۳۲ مشاهده) را با استفاده از تولید اعداد تصادفی، به صورت کاملاً تصادفی انتخاب می‌کنیم تا مبنای لازم را برای انجام آزمون فرض فراهم آورده باشیم.

[8] Five point Likert

حال آزمون فرض آماری را با توجه به روابط زیر شروع می‌کنیم قرار می‌دهیم:

$$\begin{cases} H_0 : (\mu_1 - \mu_2) = D \\ H_1 : (\mu_1 - \mu_2) \neq D \end{cases}, \quad Where\, D = 0$$

حال آزمون نرمال را با توجه به اینکه حجم نمونه بیشتر از ۳۰ محاسبه گردید، از رابطه زیر اعمال می‌کنیم:

$$Z = \frac{\overline{d} - D}{\sigma_{\overline{d}}},\ Where\ \ \overline{d} = \frac{\sum d}{n}\ \&\ \sigma_{\overline{d}} = S_{\overline{d}} = \sqrt{\frac{S_1^2}{n} + \frac{S_2^2}{n}}\ ,n = 32$$

که در آن n حجم نمونه، d، تفاضل پرداخت‌ها در هر ماه با استفاده از دو روش مورد آزمون، D، میانگین تفاضل پرداخت‌ها با استفاده از دو روش مورد آزمون، $\overline{d}$، میانگین نمونه‌ای تفاضل پرداخت‌ها با استفاده از دو روش مورد آزمون و $S_{\overline{d}}$، انحراف معیار داده‌های حاصل از تفاضل پرداخت‌ها با استفاده از دو روش مورد آزمون است. در نهایت، اگر $|Z| < Z_{\alpha/2}$ برقرار شود، فرض صفر را رد و در غیر این صورت آن را می‌پذیریم.

با توجه به نتایج خلاصه شده در جدول (۶)، آزمون فرض انجام شده، وجود تفاوت بین دو روش ابتدایی را به اثبات می‌رساند. اما همانگونه که دیده می‌شود، تفاوت بین روش پیشنهادی و هر یک از دو روش پیشین در سطح معنی‌داری ۰/۰۵، به اثبات نرسیده است. از این رو روش‌های پیشنهادی دارای تفاوت معنی‌دار با هر یک از دو روش پیشین نیستند و لذا می‌توان از این روشها، به عنوان جایگزین‌هایی مناسب برای دو روش پیشین استفاده نمود. علاوه بر این موضوع، نگاهی دقیق‌تر به نتایج بدست آمده از آزمون‌های فرض آماری، روشن می‌سازد که روش غیرفازی محاسبه ضرایب وزنی فعالیت‌ها حتی درصورتی که مقدار سطح معنی‌دار بودن از ۰/۰۵ تا حدود ۰/۰۹ هم افزایش یابد، باز هم روش جایگزین مناسبی برای روش‌های قدیمی می‌باشد. از این رو می‌توان گفت که در اولویت‌بندی روش‌های ارائه شده، روش غیر فازی روش مناسب‌تری می‌باشد.

در این مقاله کاربرد روش‌های تاپسیس و ای‌اچ‌پی گروهی در دو فرم فازی و غیرفازی برای وزن‌دهی به فعالیت‌های پروژه جهت دست‌یابی به درصد پیشرفت صحیح‌تر و قابل اعتمادتر مورد ارزیابی قرار گرفت. مدل‌های ارائه شده، توانایی در نظر گرفتن و اعمال همگی پارامترهای اثرگذار روی پیشرفت هر پروژه‌ای را برای دست‌یابی به موفقیت در انجام آن، اعم از پارامترهای کیفی و کمی و زبانی دربر می‌گیرند و با تأثیر توأم آنها، وزن‌دهی فعالیت‌های پروژه را به صورت جامع و یکپارچه به انجام می‌رسانند. نتایج بدست آمده از اجرای عملی مدل‌های مورد نظر نشان می‌دهند که مدلهای پیشنهادی، به نسبت سایر روش‌های مرسوم، دارای قابلیت انعطاف بالاتر، چارچوبی مطمئن و قابل اعتمادتر و ساختاری یکپارچه‌تر و مقبول برای همگی ارکان پروژه می‌باشند. به علاوه اگر بخواهیم بین این دو روش نیز به اولویت‌بندی بپردازیم، روش غیرفازی از اولویت بالاتری برخوردار خواهد بود.

جدول شماره (۴): وزن فعالیتها برداشتی از روش غیر فازی

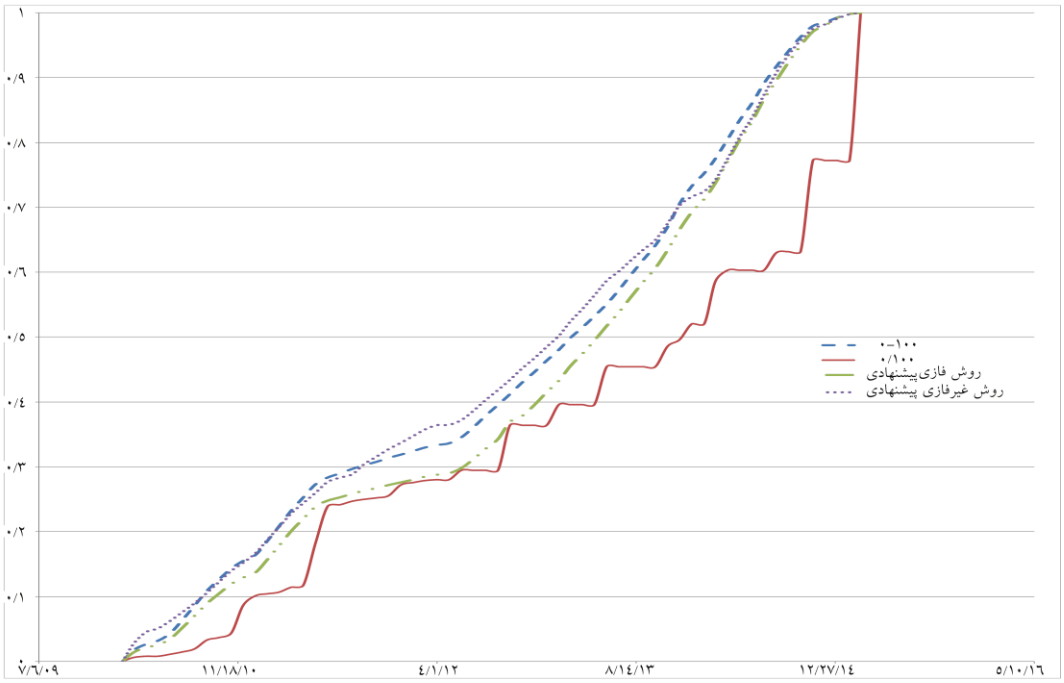
کد	وزن	CL+	کد	وزن	CL+	کد	وزن	CL+	کد	وزن	CL+
۱	۳/۱۳۳	۰/۱۳۱	۳۱	۳/۹۱۲	۰/۱۶۴	۶۱	۰/۳۰۷	۰/۰۱۳	۹۱	۰/۱۱۹	۰/۰۰۸
۲	۰/۷۴۸	۰/۰۳۱	۳۲	۰/۳۷۷	۰/۰۱۶	۶۲	۰/۲۲۰	۰/۰۰۹	۹۲	۰/۱۱۹	۰/۰۰۸
۳	۰/۱۲۰	۰/۰۰۵	۳۳	۰/۲۶۶	۰/۰۱۱	۶۳	۰/۴۱۷	۰/۰۱۷	۹۳	۰/۱۱۹	۰/۰۰۸
۴	۰/۲۵۶	۰/۰۱۱	۳۴	۰/۳۰۸	۰/۰۱۳	۶۴	۰/۲۲۰	۰/۰۰۹	۹۴	۰/۱۴۳	۰/۰۰۶
۵	۵/۲۹۹	۰/۲۲۲	۳۵	۰/۲۷۲	۰/۰۱۱	۶۵	۰/۲۲۰	۰/۰۰۹	۹۵	۰/۱۴۳	۰/۰۰۶
۶	۰/۳۵۱	۰/۰۱۵	۳۶	۰/۴۷۴	۰/۰۲۲	۶۶	۰/۳۰۷	۰/۰۱۳	۹۶	۰/۱۹۴	۰/۰۰۸
۷	۰/۱۹۹	۰/۰۰۸	۳۷	۰/۲۰۲	۰/۰۰۸	۶۷	۰/۲۲۰	۰/۰۰۹	۹۷	۰/۱۹۴	۰/۰۰۸
۸	۰/۲۵۲	۰/۰۱۱	۳۸	۰/۴۰۴	۰/۰۱۷	۶۸	۰/۴۱۷	۰/۰۱۷	۹۸	۰/۳۸۰	۰/۰۱۶
۹	۵/۶۸۸	۰/۲۳۸	۳۹	۰/۵۵۳	۰/۰۲۳	۶۹	۰/۲۷۳	۰/۰۱۱	۹۹	۰/۲۶۹	۰/۰۱۱
۱۰	۰/۲۲۰	۰/۰۰۹	۴۰	۲/۱۱۴	۰/۰۸۹	۷۰	۰/۲۷۳	۰/۰۱۱	۱۰۰	۰/۳۳۶	۰/۰۱۴
۱۱	۰/۱۵۰	۰/۰۰۶	۴۱	۰/۳۱۵	۰/۰۱۳	۷۱	۰/۳۷۱	۰/۰۱۶	۱۰۱	۰/۲۸۸	۰/۰۱۲

۱۲	۰/۵۸۳	۰/۰۲۴	۴۲	۰/۳۱۵	۰/۰۱۳	۷۲	۰/۲۲۰	۰/۰۰۹	۱۰۲	۰/۲۲۴	۰/۰۰۹
۱۳	۰/۱۶۶	۰/۰۰۷	۴۳	۰/۱۷۱	۰/۰۰۷	۷۳	۰/۴۵۷	۰/۰۱۹	۱۰۳	۰/۱۹۱	۰/۰۰۸
۱۴	۱۱/۳۳۳	۰/۴۷۵	۴۴	۰/۳۱۵	۰/۰۱۳	۷۴	۰/۲۱۵	۰/۰۰۹	۱۰۴	۰/۳۲۲	۰/۰۱۳
۱۵	۰/۸۲۱	۰/۰۳۴	۴۵	۰/۲۵۵	۰/۰۱۱	۷۵	۰/۱۷۱	۰/۰۰۷	۱۰۵	۰/۲۷۴	۰/۰۱۱
۱۶	۰/۳۰۷	۰/۰۱۳	۴۶	۰/۲۲۵	۰/۰۰۹	۷۶	۰/۳۱۱	۰/۰۱۳	۱۰۶	۰/۲۶۴	۰/۰۱۱
۱۷	۵/۶۷۹	۰/۲۳۸	۴۷	۰/۲۲۰	۰/۰۰۹	۷۷	۰/۱۳۷	۰/۰۰۶	۱۰۷	۰/۲۸۷	۰/۰۱۲
۱۸	۳/۱۸۹	۰/۱۳۴	۴۸	۰/۳۳۸	۰/۰۱۴	۷۸	۰/۲۴۵	۰/۰۱۰	۱۰۸	۰/۲۲۴	۰/۰۰۹
۱۹	۰/۱۳۸	۰/۰۰۶	۴۹	۰/۲۶۲	۰/۰۱۱	۷۹	۰/۲۴۵	۰/۰۱۰	۱۰۹	۰/۱۹۱	۰/۰۰۸
۲۰	۳/۱۲۷	۰/۱۳۱	۵۰	۰/۱۸۹	۰/۰۰۸	۸۰	۰/۲۴۵	۰/۰۱۰	۱۱۰	۰/۳۷۱	۰/۰۱۶
۲۱	۰/۱۲۵	۰/۰۰۵	۵۱	۰/۲۲۰	۰/۰۰۹	۸۱	۰/۲۴۵	۰/۰۱۰	۱۱۱	۰/۲۶۹	۰/۰۱۱
۲۲	۲۲/۷۹۳	۰/۹۵۵	۵۲	۰/۳۲۹	۰/۰۱۴	۸۲	۰/۷۴۶	۰/۰۳۱	۱۱۲	۰/۲۶۴	۰/۰۱۱
۲۳	۱/۰۸۵	۰/۰۴۵	۵۳	۰/۲۶۲	۰/۰۱۱	۸۳	۰/۲۳۶	۰/۰۱۰	۱۱۳	۰/۲۸۸	۰/۰۱۲
۲۴	۰/۸۷۲	۰/۰۳۷	۵۴	۰/۱۹۹	۰/۰۰۸	۸۴	۰/۳۰۲	۰/۰۱۳	۱۱۴	۰/۲۲۴	۰/۰۰۹
۲۵	۰/۲۲۱	۰/۰۰۹	۵۵	۰/۲۲۰	۰/۰۰۹	۸۵	۱/۱۱۷	۰/۰۴۷	۱۱۵	۰/۱۰۱	۰/۰۰۴
۲۶	۰/۱۵۰	۰/۰۰۶	۵۶	۰/۲۴۴	۰/۰۱۰	۸۶	۰/۳۱۸	۰/۰۱۳	۱۱۶	۰/۳۷۱	۰/۰۱۶
۲۷	۰/۷۹۳	۰/۰۳۳	۵۷	۰/۱۹۹	۰/۰۰۸	۸۷	۰/۳۱۸	۰/۰۱۳	۱۱۷	۰/۲۶۹	۰/۰۱۱
۲۸	۰/۲۹۵	۰/۰۱۲	۵۸	۰/۴۲۷	۰/۰۱۸	۸۸	۰/۳۱۸	۰/۰۱۳	۱۱۸	۰/۲۶۴	۰/۰۱۱
۲۹	۰/۵۳۷	۰/۰۲۳	۵۹	۰/۱۹۹	۰/۰۰۸	۸۹	۰/۳۱۸	۰/۰۱۳	۱۱۹	۰/۲۸۸	۰/۰۱۲
۳۰	۰/۲۲۳	۰/۰۰۹	۶۰	۰/۱۹۹	۰/۰۰۸	۹۰	۰/۱۱۹	۰/۰۰۸	۱۲۰	۰/۲۲۴	۰/۰۰۹
									۱۲۱	۰/۱۰۱	۰/۰۰۴

جدول شماره (۵): وزن فعالیتها برداشتی از روش فازی

کد	وزن	C	کد	وزن	C	کد	وزن	C	کد	وزن	C
۱	۰/۷۸	۰/۰۷	۳۱	۰/۷۸	۰/۰۷	۶۱	۰/۸۵	۰/۰۸	۹۱	۰/۸۴	۰/۰۸
۲	۰/۸۴	۰/۰۸	۳۲	۰/۷۸	۰/۰۷	۶۲	۰/۸۴	۰/۰۸	۹۲	۰/۸۴	۰/۰۸
۳	۰/۸۴	۰/۰۸	۳۳	۰/۹۳	۰/۰۹	۶۳	۰/۸۳	۰/۰۸	۹۳	۰/۸۴	۰/۰۸
۴	۰/۸۳	۰/۰۸	۳۴	۰/۸۷	۰/۰۸	۶۴	۰/۸۴	۰/۰۸	۹۴	۰/۷۴	۰/۰۷
۵	۱/۰۵	۰/۱۰	۳۵	۰/۷۸	۰/۰۷	۶۵	۰/۸۴	۰/۰۸	۹۵	۰/۷۴	۰/۰۷
۶	۰/۸۴	۰/۰۸	۳۶	۰/۶۸	۰/۰۶	۶۶	۰/۸۷	۰/۰۸	۹۶	۰/۷۴	۰/۰۷
۷	۰/۷۴	۰/۰۷	۳۷	۰/۷۸	۰/۰۷	۶۷	۰/۸۴	۰/۰۸	۹۷	۰/۷۴	۰/۰۷
۸	۰/۸۳	۰/۰۸	۳۸	۰/۸۶	۰/۰۸	۶۸	۰/۸۳	۰/۰۸	۹۸	۱/۰۳	۰/۰۹
۹	۰/۹۵	۰/۰۹	۳۹	۱/۰۳	۰/۰۹	۶۹	۰/۸۴	۰/۰۸	۹۹	۰/۸۴	۰/۰۸
۱۰	۰/۸۴	۰/۰۸	۴۰	۰/۸۶	۰/۰۸	۷۰	۰/۸۴	۰/۰۸	۱۰۰	۰/۸۷	۰/۰۸
۱۱	۰/۷۴	۰/۰۷	۴۱	۰/۹۴	۰/۰۹	۷۱	۰/۹۷	۰/۰۹	۱۰۱	۰/۷۴	۰/۰۷
۱۲	۰/۸۴	۰/۰۸	۴۲	۰/۹۴	۰/۰۹	۷۲	۰/۸۴	۰/۰۸	۱۰۲	۰/۷۳	۰/۰۷
۱۳	۰/۷۸	۰/۰۷	۴۳	۰/۸۴	۰/۰۸	۷۳	۰/۹۳	۰/۰۹	۱۰۳	۰/۶۴	۰/۰۶
۱۴	۱/۰۸	۰/۱۰	۴۴	۰/۹۴	۰/۰۹	۷۴	۰/۸۴	۰/۰۸	۱۰۴	۰/۹۳	۰/۰۹
۱۵	۰/۸۰	۰/۰۷	۴۵	۰/۸۳	۰/۰۸	۷۵	۰/۸۴	۰/۰۸	۱۰۵	۰/۸۴	۰/۰۸
۱۶	۰/۶۸	۰/۰۶	۴۶	۰/۸۴	۰/۰۸	۷۶	۰/۹۳	۰/۰۹	۱۰۶	۰/۷۸	۰/۰۷

۰/۰۷	۰/۷۴	۱۰۷	۰/۰۶	۰/۶۸	۷۷	۰/۰۸	۰/۸۴	۴۷	۰/۰۹	۰/۹۵	۱۷
۰/۰۷	۰/۷۳	۱۰۸	۰/۰۸	۰/۸۴	۷۸	۰/۰۹	۰/۹۳	۴۸	۰/۰۶	۰/۷۰	۱۸
۰/۰۶	۰/۶۴	۱۰۹	۰/۰۸	۰/۸۴	۷۹	۰/۰۸	۰/۸۷	۴۹	۰/۰۷	۰/۷۵	۱۹
۰/۰۹	۰/۹۷	۱۱۰	۰/۰۸	۰/۸۴	۸۰	۰/۰۶	۰/۶۸	۵۰	۰/۰۶	۰/۶۵	۲۰
۰/۰۸	۰/۸۴	۱۱۱	۰/۰۸	۰/۸۴	۸۱	۰/۰۸	۰/۸۴	۵۱	۰/۰۷	۰/۷۵	۲۱
۰/۰۷	۰/۷۸	۱۱۲	۰/۰۹	۰/۹۳	۸۲	۰/۰۸	۰/۸۳	۵۲	۰/۱۳	۱/۶۳	۲۲
۰/۰۷	۰/۷۴	۱۱۳	۰/۰۸	۰/۸۴	۸۳	۰/۰۸	۰/۸۵	۵۳	۰/۰۷	۰/۴۵	۲۳
۰/۰۷	۰/۷۳	۱۱۴	۰/۰۸	۰/۸۶	۸۴	۰/۰۷	۰/۷۵	۵۴	۰/۰۷	۰/۸۲	۲۴
۰/۰۶	۰/۶۴	۱۱۵	۰/۰۹	۱/۰۳	۸۵	۰/۰۸	۰/۸۴	۵۵	۰/۰۸	۰/۸۴	۲۵
۰/۰۹	۰/۹۷	۱۱۶	۰/۰۹	۰/۹۳	۸۶	۰/۰۷	۰/۷۷	۵۶	۰/۰۷	۰/۷۴	۲۶
۰/۰۸	۰/۸۴	۱۱۷	۰/۰۹	۰/۹۳	۸۷	۰/۰۷	۰/۷۴	۵۷	۰/۰۶	۰/۶۸	۲۷
۰/۰۷	۰/۷۸	۱۱۸	۰/۰۹	۰/۹۳	۸۸	۰/۰۹	۰/۹۳	۵۸	۰/۰۶	۰/۶۸	۲۸
۰/۰۷	۰/۷۴	۱۱۹	۰/۰۹	۰/۹۳	۸۹	۰/۰۷	۰/۷۴	۵۹	۰/۰۶	۰/۶۸	۲۹
۰/۰۷	۰/۷۳	۱۲۰	۰/۰۸	۰/۸۴	۹۰	۰/۰۷	۰/۷۴	۶۰	۰/۰۷	۰/۷۵	۳۰
۰/۰۶	۰/۶۴	۱۲۱									



شکل شماره (۲): نمودار اِس مربوط به چهار روش مورد اشاره

جدول شماره (۶): نتایج آزمون فرض آنالیز آماری

Z = ۰/۷۱۸۸۴۲۹۷۴	۰-۱۰۰ در مقایسه با روش پیشنهادی غیر فازی	$Z < Z_{\alpha/2}$	فرض صفرتأیید می‌شود.	امکان جایگزینی روش غیرفازی با روش مایلستون وجود دارد.
Z=۱/۶۹۹۵۳۷۸۴۹	۰/۱۰۰ در مقایسه با روش پیشنهادی غیرفازی	$Z < Z_{\alpha/2}$	فرض صفر تأیید می‌شود.	امکان جایگزینی روش غیرفازی با روش بی‌اُکیو وجود دارد.
Z=۲/۰۳۵۹۱۴۹۱۸	۰-۱۰۰ در مقایسه با ۰/۱۰۰	$Z > Z_{\alpha/2}$	فرض صفر نمی-	امکان جایگزینی روش‌های بی‌اُکیو و

			تواند تأیید شود.	مایلستون وجود ندارد.
Z=۰/۰۱۴۸۵۳۹	۱۰۰-۰ در مقایسه با روش پیشنهادی فازی	$Z < Z_{\alpha/2}$	فرض صفر تأیید می‌شود.	امکان جایگزینی روش فازی با روش مایلستون وجود دارد.
Z=۱/۹۳۸۹۱۳۱۹۵	۱۰۰/۰ در مقایسه با روش پیشنهادی فازی	$Z < Z_{\alpha/2}$	فرض صفرتأیید می‌شود.	امکان جایگزینی روش فازی با روش بی‌اُکیو وجود دارد.

$\alpha = ۰/۰۵ \Rightarrow Z_{\alpha/2} = ۱/۹۶$

۴- منابع

1- Asgarpour, M. J. (2010). Multiple Criteria Decision Making (7th ed.). University of Tehran.
2- Barber, E., & Miley, F. (2002). Monitoring project progress: more than a series of feedback loops. Australasian Evaluation Society International Conference, 1-9.
3- Barrie, D. S., & Paulson, B. C. (1992). Professional construction management. McGraw-Hill, New York.
4- Bellman, R. E., Zadeh, L. A. (1970). Decision making in a fuzzy environment. J. Management Science, 17, 141-164.
5- Bezdek, J., Spillman, B., & Spillman, R. A. (1979). Fuzzy relation spaces for group decision theory: an application. Fuzzy Sets and Systems, 2, 5–14.
6- Buckley, J.J. (1985). Ranking alternatives using fuzzy numbers. Fuzzy Sets and Systems, 10, 21–31.
7- Carlson, C. (1982). Tackling an MCDM-problem with the help of some results from fuzzy set theory. Eur. J. Opera. Res., 10, 270–281.
8- Chen, M., & Tzeng G. (2004). Combining grey relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country. Mat. Computer Modeling, 40, 1473–1490.
9- Clough, R., & Sears, G. (1994). Construction contracting. Indianapolis, John Wiley & Sons, Inc.
10- Clark, F. D., & Lorenzoni, A. B. (1978). Applied cost engineering. Marcel Dekker, New York.
11- DeCotiie, T. A., & Dyer, L. (1979). Defining and measuring project performance. Research Management 16, 17–22.
12- Department of Defense (DoD) (1980). Cost and schedule control systems criteria for contract performance measurement", Document No. DOD/CR-0017, Washington, D.C.
13- Eldin, N. N. (1989). Measurement of work progress: Quantitative technique. J. Constr. Eng. Manage, 115(3), 462–474.
14- Freeman, M. & Beale, P. (1992). Measuring project success. Project Management Journal, 13(1), 9-16.
15- Hamilton, A. (2001). Managing projects for success, Tomas Telford Ltd.
16- Hwang, C.L., & Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making: methods and applications, Springer, Berlin, Heidelberg.
17- Jung, Y., & Gibson, G. E. (1999). Planning for computer integrated construction. J. Comput. Civ. Eng., 13(4), 217–225.
18- Kacprzyk, J., Fedrizzi M., & Nurmi, H., (1993). Group decision making with fuzzy majorities represented by linguistic quantifiers, in: D. Dubois, H. Prade, R. R. Yager (Eds.). Readings in Fuzzy Sets for Intelligent Systems, Morgan Kaufmann, Los Altos, CA.

19- Levine, H. (2002). Practical project management tips, tactics, and tools, New York, John Wiley and Sons, INC.
20- Golpîra, H. (2011). Fuzzy method for project success achievement. in Proc. Iran international project management conference.
21- Golpîra, H., & Moradi, V., (2011). Application of TOPSIS and Group AHP for Project Management. In Proc. Iran 4th international conference of operations research society.
22- Golpîra, H., & Noorossana, R. (2008). Improve and applying the balance scorecard for organizational improvement measurement. J. Industrial management, Faculty of humanities, Islamic Azad university of Sanandaj.
23- Golpîra, H., & Moradi, V. (2011). A new method for calculating project progress based on Multi-criteria decision making, Journal of Industrial Management, Islamic Azad University of Sanandaj, 14.
24- Gumus, A.T. (2009). Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two-step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology. Expert system and applications 36, 4067–4074.
25- Paolini, Jr. A., & Glaser, M. A. (1977). Product selection methods to pick winners. Research Management 20, 26–29.
26- Pinto J. K., & Slevin, D. P. (1988). Project success: definitions and measurement techniques. Project management journal, 19(3), 67–73.
27- Pinto, J. K., & Mantel, S. J. (1990). The causes of project failure. IEEE Transactions on Engineering Management EM 37(4), 69–76.
28- Rasdorf, W. J., & Abudayyeh, O. Y. (1991). Cost-and schedule control integration: issues and need. J. Constr. Eng. Manage., 117(3), 486–502.
29- Saaty T. L., & Vargas LG. (1984). Comparison of eigenvalue, logarithmic least squares and least squares methods in estimating ratios. Mathematical Modeling, 5-309.
30- Saaty, T. L. (2006). Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process. AHP series Sec. Ed., sec. printing, RWS Publication, Pittsburgh.
31- Shanian, A., Savadogo, O. (2006). TOPSIS multiple-criteria decision support analysis for material selection of metallic bipolar plates for polymer electrolyte fuel cell. J. Power Sources 159, 1095–1104.
32- Shenhar, A. J., Levy, O., & Driv, D. (1997). Mapping the dimensions of project success. Project management journal, 28 (2), 5-13.
33- Stevens, W. M. (1986). Cost control: Integrated cost/schedule performance. J. Manage. Eng., 157–164.
34- Sun, C. C. (2010). A performance evaluation model by integrating fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods. Expert systems with applications, 10.1016/j.eswa.2010.04.066.
35- Tanino, T. (1984). Fuzzy preference orderings in group decision making. Fuzzy Sets and Systems 12, 117–131.
36- Teicholz, P. M. (1987). Current needs for cost control systems. Project controls: needs and solutions C. W. Ibbs and D. B. Ashley, eds., ASCE, New York, 47–57.
37- Tsaur, H., Chang, T., & Yen C. (2002). The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM. Tour. Manage, 23, 107–115.
38- Torfi, F., Farahani R. Z., & Rezapour, S. (2010). Fuzzy AHP to determine the relative weights of evaluation criteria and Fuzzy TOPSIS to rank the alternatives. Elsevier 10, 520-528.

39- Wang, J., & Lin, Y. (2003). Fuzzy multi-criteria group decision making approach to select configuration items for software development. Fuzzy Sets and Systems, 134, 343–363.
40- Wiliams, A. (2001). Contemporary Business Statistics, Florence: Thomas learning.
41- Yang, T., Hung, C. C. (2007). Multiple-attribute decision-making methods for plant layout design problem. Robotics and Computer-integrated manufacturing, 23, 126–137.
42- Zimmerman, H. J., (1978). Fuzzy Set, Decision Making, and Expert System, Kluwer Academic Publishers.