



ارائه مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی جهت انتخاب روش آموزش محیط‌زیست در

مدارس فنی و حرفه‌ای

فاطمه قسامی^{۱*}، سید محمد شبیری^۲، مریم لاریجانی^۳، شهریار فرهمند راد^۴

۱. دانشجوی دکتری آموزش محیط‌زیست، دانشگاه پیام نور

۲. دانشیار، گروه علمی آموزش محیط‌زیست، دانشگاه پیام نور

۳. استادیار، گروه علمی آموزش محیط‌زیست، دانشگاه پیام نور

۴. استادیار، گروه علمی ریاضی، دانشگاه پیام نور

پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۲۵

دریافت: ۱۳۹۵/۴/۱۴

for Choosing Environmental Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Model Education Method in Vocational and Technical Schools

F. GHassami^{1*}, S.M.Shobeiri², M. Larjani³, SH. Farahmand rad⁴

1. Ph.D Student of Environmental Education, Payame Noor University, Tehran, Iran

2. Associate Professor, Department of Environmental Education, Payame Noor University, Tehran, Iran

3. Assistant Professor, Department of Environmental Education, Payame Noor University, Tehran, Iran

4. Assistant Professor, Department of Mathematics, Payame Noor University, Tehran, Iran

Received: 2016/11/16

Accepted: 2016/7/5

Abstract

Due to the presence of vocational and technical graduates in all economic activities, they should be trained in such a way that to be aware of the impact of their work and decision on the environment. In this regard, in this study we try to offer a fuzzy multiple attribute decision making model based on the environmental competency criteria for choosing an environmental education method in vocational and technical schools. For this purpose in the first by searching scientific resources, as well as discussions with experts, environmental competency criteria of technical and vocational graduates were identified, then three different questionnaires were designed for data collection and after distributing and collecting questionnaires among research experts, entropy Shanon method and hybrid DEMATEL-ANP approach were used for weighting and prioritizing of mentioned criteria. The results were used for ranking of environmental education methods using fuzzy Electre, fuzzy Topsis and fuzzy Saw. Since the results of the above-mentioned methods are not consistent with each other in some cases, for reaching a general consensus, the POSET method was used and finally, a fuzzy multiple attribute decision making model was proposed to select the best environmental education method in technical and vocational schools. The results show that prioritizing of environmental competency criteria is vary depending on the type of weighting techniques and group discussion is the most appropriate teaching method of environmental education.

Keywords

Environmental Education, Multiple Attribute Decision Making, Fuzzy.

چکیده

با توجه به حضور دانش‌آموختگان فنی و حرفه‌ای در کلیه فعالیت‌های اقتصادی، لازم است به‌گونه‌ای تربیت شوند که از تأثیر کار و تصمیم خود بر محیط‌زیست آگاه باشند. در این راستا در پژوهش حاضر سعی می‌شود با توجه به معیارهای شایستگی محیط زیستی، یک مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی برای انتخاب روش آموزش محیط‌زیست در مدارس فنی و حرفه‌ای، ارائه شود. به این منظور ابتدا با جستجو در منابع معتبر علمی و تبادل نظر با خبرگان، معیارهای شایستگی محیط زیستی دانش‌آموختگان فنی و حرفه‌ای، شناسایی و سپس به منظور تکمیل اطلاعات، سه پرسشنامه متفاوت طراحی شد و پس از توزیع و گردآوری پرسشنامه‌ها میان خبرگان تحقیق، با استفاده از تکنیک آنتروپی شانون و رویکرد ترکیبی دیمتل-فرایند تحلیل شبکه‌ای به وزن دهی معیارهای مذکور، پرداخته شد. از نتایج حاصل آن به منظور رتبه‌بندی روش‌های آموزش محیط‌زیست با استفاده از تکنیک‌های الکترو فازی، تاپسیس فازی و مجموع ساده وزنی فازی استفاده شد. با توجه به این که نتایج حاصل از اجرای تکنیک‌های فوق در مواردی با یکدیگر همخوانی نداشت، برای رسیدن به یک اجماع کلی از تکنیک رتبه‌بندی جزئی استفاده شد و در نهایت یک مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی جهت انتخاب روش آموزش محیط‌زیست در مدارس فنی و حرفه‌ای ارائه گردید. نتایج تحقیق نشان می‌دهد اولویت معیارهای شایستگی بسته به نوع تکنیک وزن دهی متفاوت است و بحث گروهی مناسب‌ترین روش تدریس آموزش محیط‌زیست است.

واژه‌های کلیدی

آموزش محیط‌زیست، تصمیم‌گیری چند شاخصه، فازی.

مقدمه

بخش عمده معضلات محیط‌زیستی موجود، ریشه در فقدان آگاهی لازم و ضعف فرهنگی در زمینه ارتباط انسان و طبیعت دارد چنانکه روند بر هم خوردن تعادل محیط‌زیست ادامه یابد، بدون تردید نه تنها آرامش و امنیت زندگی انسان، بلکه موجودیت او هم در معرض تهدید و خطر قرار گرفته و بالأخره حیات بشر را نابود خواهد کرد، در این میان بحران محیط‌زیست ایران یکی از شدیدترین بحران‌های محیط‌زیست در جهان شناخته شده است. بنابراین نیازمند عزم ملی و بین‌المللی برای حفاظت از محیط‌زیست در اقصاء مختلف جامعه بیش از پیش احساس می‌شود (Shobeiri & Meibody 2013; Shobeiri et al., 2014). آگاهی در مورد محیط‌زیست در سطوح محلی و جهانی و مشارکت در حل مسائل آن، همگی قابلیت‌هایی هستند که تنها با آموزش کارآمد قابل دستیابی است (Taherkhani, 2009). آموزش محیط‌زیست بر مبنای تفکر سیستمی و اصول علوم بین‌رشته‌ای، آموزش را با محیط‌زیست به عنوان بستر زندگی انسان پیوند داده است و در پی ایجاد بینش مطلوب، ارزش، آگاهی و علائق در مورد محیط‌زیست است به‌طوری که از محیط‌زیست حفاظت و به منظور ادامه حیات انسان در حال و آینده توسعه دهد (Shobeiri & Abdollahi, 2009).

از ارکان استقلال و توسعه پایدار در هر جامعه، بهره‌مندی از نیروهای سالم و کارآمد آن جامعه است (Mortazavi, 2004) و یکی از بخش‌های فعال در این زمینه آموزش فنی و حرفه‌ای است. با توجه به حضور دانش‌آموختگان فنی و حرفه‌ای در کلبه فعالیت‌های اقتصادی جامعه، لازم است برای آگاهی از خطرهای بالقوه و تأثیر کار خود بر محیط‌زیست و نیز نقدپذیری آثار محیط‌زیستی تصمیماتشان تربیت شوند و به عبارتی بایستی شایستگی محیط‌زیستی داشته باشند. شایستگی محیط‌زیستی (توسعه پایدار) به عنوان آگاهی از محیط فیزیکی و اثرات آن روی فعالیت‌های شخص و همچنین توانایی استفاده یا تغییر محیط به‌طور مناسب و شایسته با توجه به اهداف و فعالیت‌ها تعریف می‌شود (Lackney, 2008).

به منظور ارتقای شایستگی محیط‌زیستی دانش‌آموزان فنی و حرفه‌ای باید از روش‌های تدریس مناسب استفاده کرد، به‌طور کلی اصلی‌ترین روش‌های تدریس عبارت‌اند از:

- سخنرانی: معمول‌ترین روش آموزشی است که همه فراگیران را با وجود تفاوت فردی در شرایط یکسان تحت آموزش قرار می‌دهد (Momeni & Malekzade, 2000; Mirza, 2004) پایه و اساس این‌گونه آموزش، ارائه

اطلاعات یک‌سویه از طرف استاد به فراگیران است (Fattahi Bafghi et al., 2007).

- روش بحث گروهی: یک روش تعاملی است که تبادل افکار را امکان‌پذیر می‌سازد. در این روش معلم منابعی را معرفی می‌کند تا دانش‌آموزان خود به مطالعه، جمع‌آوری اطلاعات و بحث بپردازند (KeshavarzMohamadi & Hosseini, 2003). آموزش الکترونیکی: در این روش از فناوری اطلاعات و ارتباطات برای تقویت و تسهیل دسترسی به منابع، تبادل و مشارکت از دور یادگیرندگانی که در یک مکان و زمان معین نیستند، استفاده می‌شود (Martinez-Torres et al., 2011).

- نقشه مفهومی: یک بازنمایی تصویری و کلامی از مفاهیم و روابط میان آن‌هاست (Hadian et al., 2014).

- حل مسئله: این روش با یافتن راه‌حلی برای یک مسئله تعبیر می‌شود. دانشجو محور است و استاد، نقش راهنما را برای حل مسئله دارد (Aghazadeh, 2005; Aäri et al., 2008). - یادگیری مبتنی بر عملکرد: این روش تسلط بر درس را در موقعیت عملی می‌سجد (Azarbarzin & Haghanie, 2012).

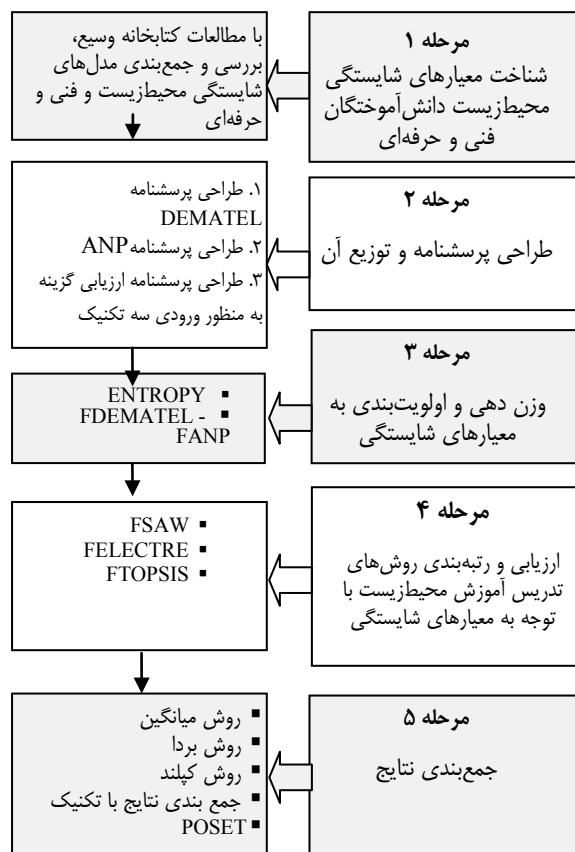
در راستای مطالب ذکرشده در پژوهش حاضر سعی بر این است که به منظور انتخاب روش آموزش محیط‌زیست در مدارس فنی و حرفه‌ای، مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی ارائه گردد و نیز به ارائه و اولویت‌بندی معیارهای شایستگی محیط‌زیستی دانش‌آموختگان فنی و حرفه‌ای پرداخته شود همچنین در مقاله حاضر به سؤالات ذیل پاسخ داده می‌شود:

- آیا نتایج حاصل از به‌کارگیری تکنیک‌های مختلف تصمیم‌گیری چند شاخصه (تاپسیس فازی^۱، مجموع ساده وزنی فازی^۲ و الکر فازی^۳) برای رتبه‌بندی روش‌های آموزش محیط‌زیست متفاوت خواهد بود و نیاز به تکنیک ادغامی برای رسیدن به جواب واحد است؟

- آیا نتایج حاصل از تکنیک‌های مختلف وزن دهی به معیارهای شایستگی محیط‌زیستی دانش‌آموختگان فنی و حرفه‌ای (آنترپوی و دیمتل فازی - تحلیل شبکه‌ای فازی^۴) یکسان خواهد بود؟

1. Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (FTOPSIS)
2. Fuzzy Simple Additive Weighted (FSAW)
3. Fuzzy Elimination et Choice in Translating to Reality (FELECTRE)

در سه پرسشنامه یکسان است). پس از توزیع و جمع‌آوری پرسشنامه‌ها از تکنیک دیمتل فازی- تحلیل شبکه‌ای فازی و آنترپوی برای وزن دهی به معیارهای شایستگی و سه تکنیک پراکارد تاپسیس فازی، الکر فازی، مجموع ساده وزنی فازی برای رتبه‌بندی روش‌های تدریس استفاده می‌شود. در شکل ۱، شمای کلی تحقیق به تصویر کشیده شده است.



شکل ۱. پژوهش

علت اینکه در تحقیق حاضر از تکنیک‌های مختلفی برای وزن دهی و اولویت‌بندی استفاده شده، عدم اطمینان در استناد به نتیجه تکنیکی خاص است. سند این ادعا را می‌توان در تفاوت کم و بیش نتایج تکنیک‌های گوناگون جستجو نمود (همسو با پژوهش‌های پیشین به‌عنوان مثال Parchami, 2015; hakour, 2015; Raei 2015; Rahimi et al., 2015). درواقع از آنجاکه تمام تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه با رویکردها و فرضیه‌های خود به مدل‌سازی و حل مسأله می‌پردازد، بنابراین، این امر طبیعی و قابل پیش‌بینی است که جواب‌های به‌دست‌آمده نیز متفاوت باشند با توجه به این موضوع پس از حصول نتایج نهایی سه تکنیک یادشده، برای رسیدن به نتیجه واحد، با استفاده از مجموعه رتبه‌بندی جزئی به اجماعی از سه روش اولویت‌بندی میانگین، بردا و کپلند دست یافته شد.

مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی جهت انتخاب روش آموزش محیط‌زیست در مدارس فنی و حرفه‌ای به چه شکل است؟ مرور منابع نشان می‌دهد در زمینه انتخاب روش آموزش محیط‌زیست و همچنین استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و منطق فازی در آموزش محیط‌زیست در ایران و خارج از ایران تحقیقی انجام‌نشده است. بنابراین به بیان تحقیقات انجام‌شده در سایر حوزه‌های مشابه پرداخته می‌شود. روکزن^۱ در پژوهش خود مدل شایستگی محیط‌زیستی تدوین کرد که محتوی پنج مؤلفه (دانش سیستمی محیط‌زیستی، دانش اثربخشی، دانش مبتنی بر عملکرد، ارتباط با طبیعت، رفتار اکولوژیکی) و ارتباط آن‌ها با یکدیگر است. جاکوبس^۲ در ۲۰۱۵ پژوهش خود مدل سه‌بعدی در خصوص توسعه شایستگی در آموزش فنی و حرفه‌ای با توجه به توسعه پایدار ارائه می‌کند. ماجومدار^۳ در ۲۰۱۲ به بیان شش چالش ادغام توسعه پایدار در آموزش فنی و حرفه‌ای و ارائه دو مدل کاربردی برای ادغام توسعه پایدار در برنامه درسی آموزش فنی و حرفه‌ای می‌پردازد. همچنین یوان^۴ در ۲۰۱۴ برای ارزیابی عملکرد معلمان تربیت بدنی از تکنیک الکر استفاده کرده است. حسن‌آبادی، بابایی و همتی (۱۳۸۹) به منظور ارائه مدل تصمیم‌گیری جهت انتخاب روش آموزش زبان انگلیسی از تحلیل سلسله‌مراتبی و تاپسیس فازی استفاده کردند.

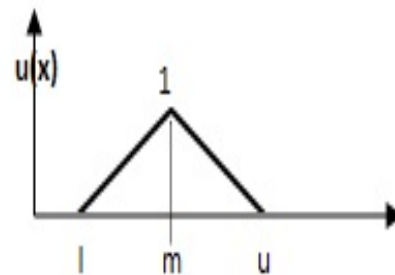
روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر از نوع کاربردی و روش بررسی آن توصیفی-تحلیلی بوده و در دو مرحله کیفی و کمی به انجام رسیده است. بدین ترتیب که ابتدا در مرحله کیفی از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، معیارهای شایستگی محیط‌زیستی دانش‌آموختگان فنی و حرفه‌ای شناسایی و با توجه به نظرهای کارشناسان مورد تعدیل قرار گرفتند. سپس سه پرسشنامه (دیمتل، تحلیل شبکه‌ای و ارزیابی گزینه‌ها) با توجه به معیارهای شایستگی به منظور رتبه‌بندی روش‌های تدریس طراحی و مرحله کمی و مطالعات میدانی پژوهش آغاز گردید. جامعه آماری تحقیق، متخصصان در زمینه آموزش محیط‌زیست و فنی و حرفه‌ای هستند که ۱۵ نفر از آن‌ها به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و گروه خبرگان تحقیق را جهت انجام مرحله میدانی و توزیع پرسشنامه تشکیل دادند (در تحقیقات از نوع بررسی روابط تجربی و اولویت‌سنجی وجود ۱۵ نفر در حجم نمونه کافی است (Khaki, 2004)). گروه خبرگان

1. Roczen
2. Jacobs
3. Majumdar
4. Yuan

منطق فازی

نظریه فازی را پرفسور لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ مطرح کرد. در منطق فازی که از آن به منطق نادقیق تعبیر شده است، تبدیل داده‌های کیفی و کمی به شیوه‌ای جدید انجام می‌شود (Momeni, 2008). اعداد فازی که یکی از ابزارهای تئوری فازی برای نشان دادن عدم قطعیت است، با تابع عضویت $\mu_{\tilde{A}}(x)$ مشخص می‌شود. عدد فازی با تابع عضویت مثلثی که در این مقاله به منظور فازی کردن ارزیابی‌ها استفاده شده است، به صورت شکل ۲ است و با $\tilde{s} = (l, m, u)$ نشان داده می‌شود (Habibi et al, 2014). شکل ریاضی تابع عضویت نیز به صورت رابطه (۱) است.



شکل ۲. تابع عضویت عدد فازی مثلثی در فضای هندسی

$$u_{\tilde{s}}(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} & l < x < m \\ 1 & x = m \\ \frac{u-x}{u-m} & m < x < u \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

یک‌های وزن دهی

الف) آنتروپی شانون

وقتی داده‌های یک ماتریس تصمیم‌گیری به‌طور کامل مشخص شده باشند، می‌توان از تکنیک آنتروپی برای وزن دهی به معیارها استفاده کرد (Momeni, 2008). ایده اصلی این روش آن است که هر چه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد، آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است (Atai, 2010). آنتروپی در نظریه اطلاعات، یک معیار عدم اطمینان است که به وسیله توزیع احتمال مشخص P_{ij} بیان می‌شود. در یک ماتریس تصمیم‌گیری P_{ij} می‌تواند برای ارزیابی گزینه‌های مختلف به کار رود. در ماتریس تصمیم‌گیری زیر m گزینه و n شاخص مدنظر می‌باشد و الگوریتم محاسبه آنتروپی آن به صورت روابط ۲ تا ۵ است.

جدول ۱. ماتریس تصمیم‌گیری

شاخص‌ها گزینه‌ها	C_1	C_2	...	C_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...	...	...	...	...
A_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}

- محاسبه $P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}}$; V_{ij} (۲)
- مقدار آنتروپی $E_j = -k \sum_{i=1}^m [p_{ij} \ln p_{ij}]$; V_j (۳)
- محاسبه عدم اطمینان $d_j = 1 - E_j$; V_j (۴)
- محاسبه اوزان $w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}$; V_j (۵)

ب) تکنیک دیمتل فازی

تکنیک دیمتل یک روش مؤثر است که با تجمیع دانش گروهی، به تجزیه و تحلیل روابط فی‌مابین عوامل سیستم می‌پردازد (Lee et al., 2011). این روش که بر پایه مقایسه زوجی است، ساختار سلسله‌مراتبی از عوامل موجود در سیستم همراه با روابط تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متقابل عناصر مذکور به دست می‌دهد، به‌گونه‌ای که شدت اثر روابط مذکور را به صورت امتیازی عددی معین می‌کند (Asgharpour, 2003). این تکنیک طی مراحل ذیل به محاسبه روابط درونی معیارها می‌پردازد:

تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم فازی گروهی (میانگین حسابی) با استفاده از اعداد فازی مثلثی که در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. طیف فازی معادل عبارت کلامی در فن دیمتل

متغیر زبانی	معادل فازی
بدون تأثیر	(۰/۲۵, ۰, ۰)
تأثیر کم	(۰/۵, ۰/۲۵, ۰)
تأثیر متوسط	(۰/۷۵, ۰/۵, ۰/۲۵)
تأثیر زیاد	(۱, ۰/۷۵, ۰)
تأثیر خیلی زیاد	(۱, ۱, ۰/۷۵)

مأخذ: (Habibi et al, 2014)

- فازی زدایی ماتریس ارتباط مستقیم فازی گروهی (M) با الگوی CFCS
- نرمال‌سازی ماتریس ارتباط مستقیم (معکوس بزرگ‌ترین مجموع عناصر سطر و ستون (K)) (۶) $N = K * M$
- محاسبه ماتریس روابط کل (۷) $T = N(N - N)^{-1}$

ج) تحلیل شبکه‌ای

تحلیل شبکه‌ای حالت عمومی تحلیل سلسله‌مراتبی است. تمام ویژگی‌های مثبت آن از جمله سادگی، انعطاف‌پذیری، به‌کارگیری معیارهای کمی و کیفی به‌طور هم‌زمان و قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها را دارا بوده و مضافاً با جایگزینی شبکه به جای سلسله‌مراتب، تحلیل سلسله‌مراتبی را بهبود می‌بخشد و می‌تواند ارتباطات پیچیده (وابستگی‌ها متقابل و بازخورد) بین عناصر تصمیم را در نظر بگیرد (Garcia-Melon et al., 2008). مراحل وزن‌دهی به عوامل با استفاده از تکنیک ANP را می‌توان به سه مرحله اساسی تقسیم کرد: (Chen et al., 2010; Neaupane & Piantanakulachi, 2006; Tsai et al., 2010).

- ساخت مدل

- تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و محاسبه بردار وزن: در این مرحله به کمک نظر خبرگان، مقایسه‌های زوجی بین معیارها بر اساس آیتم با لاسری انجام می‌شود و با استفاده از اعداد فازی مثلثی که در جدول ۳ آمده است، ماتریس مقایسه دودویی فازی تشکیل می‌شود.

جدول ۳. طیف فازی معادل عبارت کلامی در تحلیل شبکه

متغیر زبانی	فازی	فازی معکوس
مساوی	(۱, ۱, ۱)	(۱, ۱, ۱)
بینابین	(۳, ۲, ۱)	(۱, ۰/۵, ۰/۳۳)
کمی مرجح	(۴, ۳, ۲)	(۰/۵, ۰/۳۳, ۰/۲۵)
بینابین	(۵, ۴, ۳)	(۰/۳۳, ۰/۲۵, ۰/۲)
خیلی مرجح	(۶, ۵, ۴)	(۰/۲۵, ۰/۲, ۰/۱۶)
بینابین	(۷, ۶, ۵)	(۰/۲, ۰/۱۶, ۰/۱۴۲)
خیلی زیادمرجح	(۸, ۷, ۶)	(۰/۱۶۶, ۰/۱۴۲, ۰/۱۲۵)
بینابین	(۹, ۸, ۷)	(۰/۱۴۲, ۰/۱۲۵, ۰/۱۱)
کاملاً مرجح	(۹, ۹, ۹)	(۰/۱۱, ۰/۱۱, ۰/۱۱)

مأخذ: (Habibi et al., 2014)

سپس با میانگین هندسی، ماتریس‌های فازی نظرات خبرگان باهم ترکیب می‌شود. ماتریس حاصل با الگوی CFCS فازی زدایی می‌شود و وزن نسبی معیارهای اصلی (W_{21}) و معیار فرعی (W_{32}) از طریق محاسبه میانگین هندسی سطرهای ماتریس‌های قطعی و نرمال کردن آنها محاسبه می‌گردد. تشکیل سوپر ماتریس و تبدیل آن به سوپر ماتریس حد: با اجتماع بردارهای وزن نسبی به‌دست‌آمده از مقایسه‌های عناصر در هر ماتریس، ماتریس ناموزون به‌دست می‌آید، در هر ستون مقادیر موجود نشان‌دهنده

بردار وزن نسبی حاصل از مقایسات زوجی بین معیارها با توجه به آیتم کنترل بالایی است. در ماتریس به‌دست‌آمده ممکن است بعضی از ستون‌ها به صورت ستون‌های احتمالی نبوده یا به عبارت ساده‌تر حاصل جمع عناصر ستون‌ها برابر یک نباشد؛ در این حالت باید تمام ستون‌ها را نرمال کرد تا حاصل جمع هر ستون برابر با یک شود. ماتری حاصله سوپر ماتریس وزنی نام دارد. در ادامه برای به‌دست آمدن بردار وزن نهایی، سوپر ماتریس مرتباً در خود ضرب می‌شود و این آن‌قدر ادامه می‌یابد تا در یک بازه قابل قبول ماتریسی همگرا ایجاد گردد که سوپر ماتریس حدی ایجاد می‌شود.

تکنیک‌های رتبه‌بندی

در تمامی تکنیک‌های رتبه‌بندی مطابق جدول ۴ اعداد قطعی به اعداد فازی مثلثی تبدیل می‌شوند.

جدول ۴. طیف فازی معادل عبارات کلامی در

پرسشنامه ارزیابی گزینه

متغیر زبانی	معادل فازی
خیلی ضعیف	(۱, ۰, ۰)
ضعیف	(۳, ۱, ۰)
ضعیف تا متوسط	(۵, ۳, ۱)
متوسط	(۷, ۵, ۳)
تقریباً خوب	(۹, ۷, ۵)
خوب	(۱۰, ۹, ۷)
خیلی خوب	(۱۰, ۱۰, ۹)

مأخذ: (Habibi et al., 2014)

الف) تکنیک مجموع ساده وزنی فازی

این مدل ساده‌ترین و اغلب پرکاربردترین روش به عنوان یک تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره است (Malczewski, 1997).

در این تکنیک پس از نرمال‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری به روش خطی (رابطه ۸) و ضرب اوزان فازی در آن، مناسب‌ترین گزینه از

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max a_{ij}} \quad (8)$$

$$A^* = \{A_i | \max \sum_{j=1}^n n_{ij} w_j\} \quad (9)$$

به بیانی دیگر در تکنیک مجموعه ساده وزنی، گزینه‌ای انتخاب می‌شود که حاصل جمع مقادیر بی‌مقیاس شده وزنی آن (A^*)، از بقیه گزینه‌ها بیشتر باشد (Momeni, 2008).

ب) تکنیک تاپسیس فازی

تکنیک تاپسیس اولین بار توسط هوانگ و یون^۱ در سال ۱۹۸۱ ارائه شد (Opricovic & Tzeng, 2004; Chen & Tsao, 2004).

1. Hwang & Yoon

در مرحله بعد عناصر ماتریس هماهنگی و ناهماهنگی باید نسبت به یک ارزش آستانه‌ای سنجیده شود که اگر هر عنصر ماتریس NI_{kl} و I_{kl} به ترتیب کوچک‌تر یا بزرگ‌تر آستانه $(\bar{I}, \bar{NI})$ باشد، آن مؤلفه در ماتریس G و H ، مقدار یک و غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد.

$$\bar{NI} = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m NI_{ikl} / m(m-1) \quad (17)$$

$$\bar{I} = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m I_{ikl} / m(m-1) \quad (18)$$

در نهایت با ترکیب (ضرب) ماتریس هماهنگ مؤثر (H_{kl}) و ماتریس ناهماهنگ مؤثر (G_{kl}) ماتریس کلی مؤثر (F_{kl}) به دست می‌آید. این ماتریس، نشان‌دهنده ترتیب راهکارهای مختلف، نسبت به یکدیگر است یعنی اگر $F_{kl} = 1$ باشد می‌توان گفت A_k بر A_l ارجحیت دارد. البته شرط این‌که در تکنیک الکر فازی، A_k یک گزینه ارجح باشد این است که: (Momeni, 2008)

$$F_{kl} = 1, I \quad \text{برای حداقل یک} \quad F_{kl} = 0, I \quad \text{برای کلیه } I$$

تکنیک رتبه‌بندی جزئی^۱

نتایج تکنیک‌های مختلف تصمیم‌گیری چند شاخصه برای هر مسأله می‌تواند متفاوت باشد. بنابراین برای رسیدن به نتیجه‌ای واحد، از مجموعه رتبه‌بندی جزئی که شامل موارد ذیل است، استفاده می‌شود.

- روش میانگین: رتبه نهایی هر یک از گزینه‌ها را براساس میانگین رتبه‌های به‌دست‌آمده از هر روش محاسبه می‌کند.
- روش به بردا: براساس قاعده اکثریت استوار است. گزینه‌های استفاده‌شده به صورت زوجی با یکدیگر مقایسه می‌شوند، اولویت‌بندی نهایی گزینه‌ها در این روش بر اساس تعداد بردهایی که نشان داده می‌شود، انجام می‌شود (Momeni, 2008).
- روش کپلند نه تنها بردها، بلکه تعداد باخت‌ها را نیز در نظر می‌گیرد. این روش بر اساس تفاضل بردها و باخت‌ها، امتیاز هر گزینه را به دست می‌آورد (Yoon & Hwang, 1981).

اطلاعات و داده‌ها

این پژوهش در ۵ مرحله انجام می‌گیرد:

شناسایی معیارهای شایستگی دانش‌آموختگان فنی

و حرفه‌ای

به منظور شناسایی معیارها، مطالعات کتابخانه‌ای وسیعی انجام و معیارهای عمومی شایستگی محیط‌زیستی، معیارهای شایستگی محیط‌زیستی (توسعه پایدار) دانش‌آموخته فنی و حرفه‌ای و معیارهای شایستگی محیط‌زیستی و توسعه پایدار در حوزه

(2008). اساس این روش بر پایه نزدیکی به راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و دوری از راه‌حل‌های ایده‌آل منفی است (Chen & Tsao, 2008). در این روش، ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری فازی تشکیل می‌شود (اعداد قطعی با متغیرهای زبانی به معادل فازی‌شان تبدیل می‌شوند) و پس از نرمال‌سازی به روش نرم (رابطه ۱۰) و وزن‌دهی فازی ماتریس تصمیم فازی، ماتریس وزین $\tilde{V}$ حاصل می‌گردد و با توجه به آن گزینه‌های ایده‌آل مثبت و منفی فازی تعریف می‌شوند (روابط ۱۱ و ۱۲)

$$N = [n_{ij}], \quad n_{ij} = \frac{a_{ij}}{[\sum_{i=1}^m a_{ij}^2]^{\frac{1}{2}}} \quad (10)$$

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+ \dots \tilde{v}_n^+) \quad \tilde{v}_j^+ = \max_i \{v_{ij}^+\} \quad (11)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^- \dots \tilde{v}_n^-) \quad \tilde{v}_j^- = \max_i \{v_{ij}^-\} \quad (12)$$

سپس فاصله اقلیدسی هر گزینه تا گزینه ایده‌آل مثبت (d_i^+) و گزینه ایده‌آل منفی (d_i^-) محاسبه می‌شود. از آنجا که دورترین فاصله از ایده‌آل منفی، لزوماً به معنای نزدیک‌ترین فاصله به ایده‌آل مثبت نیست؛ بنابراین، از شاخص ترکیبی نزدیکی نسبی بر اساس رابطه ۱۳ استفاده شود.

$$CC_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (13)$$

مقدار این شاخص بین صفر و یک و از نوع مطلوبیت است؛ بنابراین ارزیابی گزینه‌ها و رتبه‌بندی آنها از بزرگ به کوچک قرار می‌گیرد (Chen et al., 2006).

ج) تکنیک الکر فازی

بنیان‌های این روش را اولین بار برنارد روی مطرح کرد (Pardalos et al., 1995). در این روش گزینه‌ها به صورت زوجی با یکدیگر مقایسه می‌شوند و گزینه‌های مسلط و ضعیف (غالب و مغلوب) شناسایی شده و سپس گزینه‌های ضعیف و مغلوب حذف می‌شوند (Roy, 1991). در این روش پس از نرمال‌سازی و تشکیل ماتریس وزین فازی، با توجه روابط زیر اقدام به تشکیل مجموعه‌های هماهنگ (S_{kl}) و ناهماهنگ (D_{kl}) برای هریک از گزینه‌های A_l و A_k می‌شود.

$$S_{kl} = \{j | v_{kj} \geq v_{lj}\} \quad D_{kl} = \{j | v_{kj} < v_{lj}\} \quad j = 1, m \quad (14)$$

سپس ماتریس هماهنگ (I_{kl}) و ناهماهنگ (NI_{kl}) محاسبه می‌شود که قطر این دو ماتریس، فاقد عنصر است و سایر عناصر این ماتریس نیز از روابط ۱۵ و ۱۶ به دست می‌آید یعنی:

$$I_{kl} = \sum w_j, j \in S_{kl} \quad I = 1, 2, \dots, m \quad (15)$$

$$NI_{kl} = \frac{\text{Max}\{v_{kj} - v_{lj}\}, j \in D_{kl}}{\text{Max}\{v_{kj} - v_{lj}\}, j \in \text{مجموعه‌های}} \quad (16)$$

1. partially ordered set (POSET)

مهارت، نگرش و رشد و بالندگی)، ۸ معیار اصلی (تسلط بر دانش روزآمد و کارآمد، خلاقیت و حل مسأله، مهارت فنی و عملی، مهارت ارتباطی و کارگروهي، تعهد و احساس مسئولیت، انگیزه متعالی، یادگیری مادام‌العمر، یاد دهنده‌گی خودانگیزه) و ۲۴ معیار فرعی ارائه شده است.

مهندسی (به دلیل نزدیکی حوزه مهندسی به فنی و حرفه‌ای) در منابع داخلی و خارج از کشور بررسی گردید. درنهایت با جمع‌بندی مطالعات انجام‌شده و نظر کارشناسان، معیارهای شایستگی محیط‌زیستی (توسعه پایدار) دانش‌آموخته فنی و حرفه‌ای به شرح جدول ۵ ارائه گردید. این معیارها در قالب چهار بعد کلان (دانش،

جدول ۵. معیارهای شایستگی دانش‌آموختگان فنی و حرفه‌ای با رویکرد محیط‌زیستی

بعد	معیار اصلی	معیار فرعی
دانش	تسلط بر دانش روزآمد و کارآمد (۵۱)	تسلط بر دانش تخصصی دریکی از رشته‌های فنی و حرفه‌ای (۵۱)
		تسلط بر دانش محیط‌زیست مرتبط با یک‌رشته خاص فنی و حرفه‌ای (۵۲)
		تسلط بر نرم‌ها، ارزش‌ها و فرهنگ ایرانی (۵۳)
		تفکر انتقادی (۵۴)
مهارت	مهارت فنی و عملی (۵۳)	تفکر خلاق (۵۵)
		تفکر سیستمی (۵۶)
		مهارت تبدیل دانش تخصصی و محیط‌زیستی به عمل سازگار با محیط‌زیست (۵۷)
		مهارت آنالیز جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی (۵۸)
نگرش	تعهد و احساس مسئولیت (۵۵)	مهارت کار با ابزار و تجهیزات تخصصی (۵۹)
		مهارت بیان ایده‌ها (۶۰)
		مهارت ارتباط مؤثر و همکاری با دیگران (۶۱)
		مهارت تجزیه و تحلیل نظرات (۶۲)
رشد و بالندگی	انگیزه متعالی (۵۶)	تعهد و مسئولیت نسبت به محیط‌زیست (۶۳)
		تعهد و مسئولیت نسبت به رشد و توسعه کشور (۶۴)
		آینده‌نگری (۶۵)
		گرایش به سمت توسعه پایدار و درک اهمیت محیط‌زیست (۶۶)
یادگیری مادام‌العمر	یادگیری مادام‌العمر (۵۷)	درک اهمیت حرفه و کار خود در رشد و توسعه کشور (۶۷)
		اشتیاق به خدمت (۶۸)
		مهارت‌های مطالعه و استراتژی‌های یادگیری (۶۹)
		مهارت جستجو در منابع الکترونیکی و کتابخانه‌ای (۷۰)
یاد دهنده‌گی خودانگیزه	یاد دهنده‌گی خودانگیزه (۵۸)	مهارت یادگیری خود راهبر (۷۱)
		ارتقای اثربخشی دیگران (۷۲)
		سازمان‌دهی مفاهیم (۷۳)
		راهبردهای یاددهی (۷۴)

مأخذ:

Lapiņa & Aramina 2011; Wright 2014; Tkachenko 2014; Tippelt & Amoros 2003; Roczen 2011; Roczen et al 2013; Gräsel 2001; Jensen & Schnack 1997; Eggert & Bögeholz 2006; De Haan 2006; Lackney 2008; Dentoni et al 2012; Chinien et al 2009; Plane 2007; Wiek et al 2011; Rauner 2010; CEAB 2012; EUA 2007; Feiz & Bahadori nejad 2010; Jacob 2015

طراحی پرسشنامه و نظرخواهی از خبرگان

سه تکنیک جمع ساده وزنی، تاپسیس و الکترونیک شد. روایی و پایایی پرسشنامه‌ها بدین شرح به دست آمد: آلفای کرونباخ پرسشنامه‌های تکنیک دیمتل با توجه به استفاده از دو دسته پرسشنامه‌های معیارهای اصلی و فرعی به ترتیب ۰/۹۲۵، ۰/۹۹۵ و در پرسشنامه ارزیابی گزینه‌ها آلفای کرونباخ ۰/۹۶ به دست آمد.

به‌منظور تصمیم‌گیری در زمینه انتخاب مناسب‌ترین روش تدریس از سه پرسشنامه متفاوت استفاده شد. پرسشنامه تحلیل شبکه برای اولویت‌بندی معیارهای شایستگی در مقیاس نه ارزشی، پرسشنامه دیمتل برای شناسایی روابط درونی معیارها در مقیاس پنج ارزشی و پرسشنامه ارزیابی گزینه‌ها در مقیاس هفت ارزشی به منظور ورودی

همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است. معیار مهارت کار با ابزار و تجهیزات تخصصی (۲۳)، تفکر خلاق (۲۲)، مهارت تبدیل دانش تخصصی و محیط‌زیستی به عمل سازگار با محیط‌زیست (۳۱) به ترتیب بیشترین وزن را دارند. همچنین تسلط بر نرم‌ها، ارزش‌ها و فرهنگ ایرانی (۱۳) مهارت یادگیری خود راهبر (۷۳) و ارتقای اثربخشی دیگران (۸۱) به ترتیب کمترین وزن را دارند. درواقع ملاک وزن دهی در این تکنیک پراکندگی معیار است؛ به عبارت دیگر اگر معیاری در تمامی روش‌های تدریس ارزش ۷ (بالاترین ارزش) را بگیرد چون پراکندگی آن صفر است وزن آن هم صفر است.

ب) وزن دهی و اولویت‌بندی به معیارها با تکنیک FDEMATEL-FANP

➤ محاسبه ماتریس روابط درونی تکنیک دیمتل

پس از تکمیل پرسشنامه‌های دیمتل توسط متخصصین و انجام مراحل تکنیک دیمتل، ماتریس روابط کلی به دست می‌آید. با نرمال کردن ستون‌های ماتریس روابط کلی (تقسیم هر عدد بر مجموع ستون)، ماتریس وابستگی درونی معیارها (W_{22}) و زیرمعیارها (W_{23}) به دست می‌آید (جداول ۶ و ۷).

جدول ۶. ماتریس وابستگی درونی معیارهای اصلی (W_{22})

	۱C	۲C	۳C	۴C	۵C	۶C	۷C	۸C
۱C	۰/۱۰۱	۰/۱۵۵	۰/۱۴۳	۰/۱۲۵	۰/۱۳۵	۰/۱۴	۰/۱۳۶	۰/۱۳۴
۲C	۰/۰۶۴	۰/۰۵۱	۰/۰۸۵	۰/۰۶۴	۰/۰۵۸	۰/۰۶	۰/۰۶۱	۰/۰۶۳
۳C	۰/۰۷۸	۰/۱۰۱	۰/۰۶۲	۰/۰۸۵	۰/۰۸۳	۰/۰۸	۰/۰۸۱	۰/۰۸۶
۴C	۰/۱۱۹	۰/۱۰۷	۰/۱۱	۰/۰۸۷	۰/۱۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱۵	۰/۱۲۸
۵C	۰/۱۵۳	۰/۱۳۶	۰/۱۴۵	۰/۱۵۶	۰/۱۱۸	۰/۱۷	۰/۱۶۵	۰/۱۵۸
۶C	۰/۱۷۳	۰/۱۵۱	۰/۱۵۶	۰/۱۶۳	۰/۱۹۲	۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۱۷۲
۷C	۰/۱۸۲	۰/۱۷۳	۰/۱۷۱	۰/۱۶۸	۰/۱۷۵	۰/۱۸	۰/۱۲۷	۰/۱۶
۸C	۰/۱۳۱	۰/۱۲۶	۰/۱۲۷	۰/۱۵۳	۰/۱۲۸	۰/۱۳	۰/۱۳۶	۰/۰۹۸

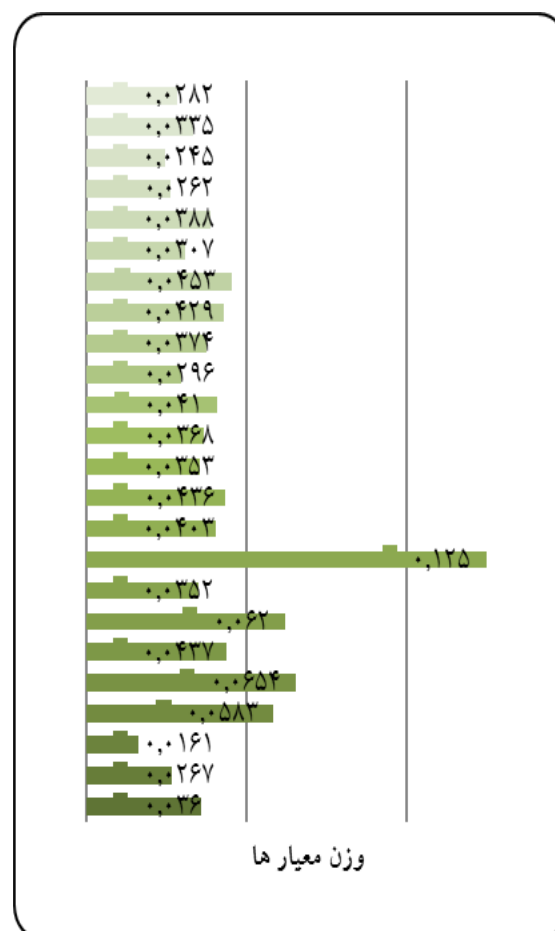
به‌منظور تعیین پایایی پرسشنامه‌های تحلیل شبکه‌ای، نرخ ناسازگاری به روش گاگوس و بوچر برای همه ماتریس‌های مقایسه زوجی فازی هر ۱۵ خبره و ماتریس تجمیع نظرهای خبرگان محاسبه گردید و ماتریس‌هایی که طبق قاعده ناسازگار شناخته شدند، برای تجدیدنظر به پاسخ‌دهندگان برگشت داده شد. درنهایت در همه ماتریس‌های مقایسات زوجی فازی نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ به دست آمد که گویای هماهنگی و پایایی داده‌هاست. روایی محتوایی پرسشنامه‌ها نیز توسط متخصصان و صاحب‌نظران تأیید شد. پس از تبدیل اعداد قطعی پرسشنامه‌ها مطابق جدول (۲،۳،۴) به اعداد فازی مثلثی، نظرات خبرگان در پرسشنامه تحلیل شبکه‌ای از طریق محاسبه میانگین هندسی اعداد فازی مثلثی و در پرسشنامه دیمتل و ارزیابی گزینه‌ها از طریق محاسبه میانگین حسابی اعداد فازی مثلثی جمع‌بندی می‌شود.

وزن دهی و اولویت‌بندی به معیارها

الف) وزن دهی و اولویت‌بندی معیارها با تکنیک آنتروپی

با انجام مراحل تکنیک آنتروپی، وزن معیارها در نرم‌افزار اکسل مطابق شکل ۳ به دست می‌آید.

شکل ۳. وزن دهی و اولویت‌بندی معیارها با تکنیک آنتروپی



جدول ۷. ماتریس وابستگی درونی زیر معیارها (W_{۳۳})

	۱۱C	۱۲C	۱۳C	۲۱C	۲۲C	۲۳C	۳۱C	۳۲C	۳۳C	۴۱C	۴۲C	۴۳C	۵۱C	۵۲C	۵۳C	۶۱C	۶۲C	۶۳C	۷۱C	۷۲C	۷۳C	۸۱C	۸۲C	۸۳C
۱۱C	۰/۰۲۸	۰/۰۳۶	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶	۰/۰۵۲	۰/۰۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۴	۰/۰۶۶	۰/۰۵	۰/۰۴۱	۰/۰۵۱	۰/۰۳۴	۰/۰۴۷	۰/۰۴۸	۰/۰۳۷	۰/۰۵۳	۰/۰۴۵	۰/۰۴۸	۰/۰۴۶	۰/۰۴۵	۰/۰۴۷	۰/۰۵۲	۰/۰۴۴
۱۲C	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴۱	۰/۰۵۲	۰/۰۴۹	۰/۰۵۴	۰/۰۵۸	۰/۰۵۱	۰/۰۳۹	۰/۰۵۱	۰/۰۴۳	۰/۰۵۱	۰/۰۵۹	۰/۰۵۳	۰/۰۵۸	۰/۰۵۶	۰/۰۵	۰/۰۴۷	۰/۰۴۳	۰/۰۴۴	۰/۰۴۷	۰/۰۴۶	۰/۰۵۴	۰/۰۴۵
۱۳C	۰/۰۳	۰/۰۳۵	۰/۰۲۲	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۳۷	۰/۰۳۶	۰/۰۳۴	۰/۰۲۹	۰/۰۴	۰/۰۳۹	۰/۰۳۵	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۹	۰/۰۴۱	۰/۰۳۳	۰/۰۴۳	۰/۰۲۹	۰/۰۳	۰/۰۲۹	۰/۰۳۳	۰/۰۳۵	۰/۰۳۱
۲۱C	۰/۰۴۶	۰/۰۴۸	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵۲	۰/۰۵	۰/۰۴۹	۰/۰۵۲	۰/۰۴۱	۰/۰۵۳	۰/۰۵۱	۰/۰۶	۰/۰۴۶	۰/۰۴۷	۰/۰۴۶	۰/۰۴۸	۰/۰۵۱	۰/۰۴۵	۰/۰۴۹	۰/۰۴۵	۰/۰۴۴	۰/۰۴۵	۰/۰۴۹	۰/۰۴۵
۲۲C	۰/۰۴۸	۰/۰۴۶	۰/۰۴۴	۰/۰۵	۰/۰۲۹	۰/۰۴۶	۰/۰۵۳	۰/۰۴۹	۰/۰۴۸	۰/۰۴۹	۰/۰۵۶	۰/۰۴۵	۰/۰۳۹	۰/۰۳۸	۰/۰۴۱	۰/۰۴۲	۰/۰۴۵	۰/۰۴	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۰۴۹	۰/۰۴۴	۰/۰۴۸	۰/۰۵۲
۲۳C	۰/۰۴۷	۰/۰۴۶	۰/۰۴۶	۰/۰۵۳	۰/۰۵۳	۰/۰۲۹	۰/۰۴۹	۰/۰۵۳	۰/۰۴۸	۰/۰۴۵	۰/۰۴۷	۰/۰۵	۰/۰۵۱	۰/۰۴۶	۰/۰۴۸	۰/۰۵	۰/۰۴۹	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶	۰/۰۴۷	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۸	۰/۰۴۲
۳۱C	۰/۰۴۲	۰/۰۴۸	۰/۰۴۷	۰/۰۴۸	۰/۰۴۹	۰/۰۴۷	۰/۰۲۸	۰/۰۴۶	۰/۰۵۱	۰/۰۴۵	۰/۰۴۱	۰/۰۴۹	۰/۰۵۴	۰/۰۴۵	۰/۰۴۴	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۱	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۶	۰/۰۴۷	۰/۰۴۵	۰/۰۳۷
۳۲C	۰/۰۴۲	۰/۰۴۵	۰/۰۴۴	۰/۰۴۹	۰/۰۴۳	۰/۰۴۸	۰/۰۴۶	۰/۰۲۷	۰/۰۲۹	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۵۲	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۲	۰/۰۴۴	۰/۰۴۳	۰/۰۴۲	۰/۰۴	۰/۰۴۱	۰/۰۴
۳۳C	۰/۰۳۸	۰/۰۳۴	۰/۰۲۷	۰/۰۲۶	۰/۰۳۳	۰/۰۲۸	۰/۰۳۶	۰/۰۲۹	۰/۰۱۹	۰/۰۲۹	۰/۰۳۲	۰/۰۲۵	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰/۰۲۴	۰/۰۳۲	۰/۰۳	۰/۰۲۶	۰/۰۳۱	۰/۰۳	۰/۰۳۶	۰/۰۳	۰/۰۳۲
۴۱C	۰/۰۲۶	۰/۰۲۷	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱	۰/۰۲۸	۰/۰۲۹	۰/۰۲۴	۰/۰۱۹	۰/۰۴۶	۰/۰۳۶	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲۷	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳	۰/۰۲۹	۰/۰۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳	۰/۰۴۳
۴۲C	۰/۰۳۴	۰/۰۳۲	۰/۰۳۶	۰/۰۳۲	۰/۰۳۴	۰/۰۳۵	۰/۰۳۲	۰/۰۳۲	۰/۰۳۹	۰/۰۴۷	۰/۰۲۲	۰/۰۲۷	۰/۰۳	۰/۰۲۷	۰/۰۲۸	۰/۰۲۹	۰/۰۳۲	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۲۶	۰/۰۳۳	۰/۰۵	۰/۰۳۴	۰/۰۴۵
۴۳C	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۶	۰/۰۴۸	۰/۰۴۱	۰/۰۴۵	۰/۰۳۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۹	۰/۰۲۵	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۵	۰/۰۳۷	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۹	۰/۰۳۵	۰/۰۴	۰/۰۴۲	۰/۰۳۹	۰/۰۴
۵۱C	۰/۰۳۲	۰/۰۴۹	۰/۰۴	۰/۰۳۸	۰/۰۳۷	۰/۰۳۹	۰/۰۴۳	۰/۰۳۵	۰/۰۳۱	۰/۰۲۹	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۴	۰/۰۵۲	۰/۰۳۸	۰/۰۵۱	۰/۰۳۲	۰/۰۳۳	۰/۰۳۵	۰/۰۴۲	۰/۰۳۶	۰/۰۳۴
۵۲C	۰/۰۴۴	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۴	۰/۰۳۵	۰/۰۳۷	۰/۰۳۳	۰/۰۳۶	۰/۰۴۱	۰/۰۳۲	۰/۰۳۴	۰/۰۳۲	۰/۰۴۵	۰/۰۲۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۴	۰/۰۵۱	۰/۰۴۱	۰/۰۴۲	۰/۰۴۴	۰/۰۴۱	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷
۵۳C	۰/۰۳۷	۰/۰۳۶	۰/۰۳	۰/۰۳۶	۰/۰۳۲	۰/۰۳۶	۰/۰۳۹	۰/۰۳۷	۰/۰۴۱	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۲۴	۰/۰۴۹	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۷	۰/۰۳۸	۰/۰۳۷	۰/۰۳۱	۰/۰۳۷	۰/۰۳
۶۱C	۰/۰۴۱	۰/۰۵۱	۰/۰۴۵	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۵	۰/۰۴۴	۰/۰۳۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۵	۰/۰۵۶	۰/۰۵۴	۰/۰۵۶	۰/۰۲۸	۰/۰۴۹	۰/۰۵۴	۰/۰۴۲	۰/۰۳۹	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴۱	۰/۰۳۵
۶۲C	۰/۰۴۴	۰/۰۳۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۵	۰/۰۳۱	۰/۰۳۵	۰/۰۳۳	۰/۰۳۵	۰/۰۴۲	۰/۰۳۱	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳۹	۰/۰۴۵	۰/۰۴۱	۰/۰۳۷	۰/۰۲۳	۰/۰۴۷	۰/۰۳۹	۰/۰۳۸	۰/۰۳۷	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳	۰/۰۲۳
۶۳C	۰/۰۴۴	۰/۰۴	۰/۰۳۸	۰/۰۳۷	۰/۰۳۳	۰/۰۳۶	۰/۰۴۱	۰/۰۳۸	۰/۰۴۵	۰/۰۳۶	۰/۰۴۲	۰/۰۳۷	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۴۶	۰/۰۴۸	۰/۰۴۵	۰/۰۲۶	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۶	۰/۰۴۶	۰/۰۳۸	۰/۰۴۳
۷۱C	۰/۰۵۵	۰/۰۵۲	۰/۰۵۴	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	۰/۰۵۲	۰/۰۴۸	۰/۰۵	۰/۰۴۶	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۷	۰/۰۴۵	۰/۰۳۸	۰/۰۳	۰/۰۵۷	۰/۰۵۸	۰/۰۴۷	۰/۰۵۳	۰/۰۵۸
۷۲C	۰/۰۵۱	۰/۰۴۸	۰/۰۵۴	۰/۰۴۵	۰/۰۴۶	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۵	۰/۰۴۴	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۴۳	۰/۰۳۹	۰/۰۳۸	۰/۰۳۷	۰/۰۳۶	۰/۰۳۹	۰/۰۳۶	۰/۰۴۴	۰/۰۲۷	۰/۰۵۴	۰/۰۳۷	۰/۰۴۲	۰/۰۴۳
۷۳C	۰/۰۵۹	۰/۰۵۵	۰/۰۶	۰/۰۵۵	۰/۰۵۹	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۴۹	۰/۰۴۶	۰/۰۵۶	۰/۰۵۱	۰/۰۴۸	۰/۰۵۳	۰/۰۵۳	۰/۰۵۱	۰/۰۴۸	۰/۰۶۵	۰/۰۶۲	۰/۰۳۳	۰/۰۴۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۸
۸۱C	۰/۰۳۹	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۴	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۷	۰/۰۴۱	۰/۰۴۱	۰/۰۵۱	۰/۰۴۱	۰/۰۳۶	۰/۰۳۸	۰/۰۳۹	۰/۰۳۷	۰/۰۴	۰/۰۴۴	۰/۰۳۹	۰/۰۴	۰/۰۳۸	۰/۰۲۴	۰/۰۳۸	۰/۰۴۹
۸۲C	۰/۰۴۷	۰/۰۴۶	۰/۰۴۵	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۰۴۲	۰/۰۳۷	۰/۰۴۶	۰/۰۳۴	۰/۰۴۷	۰/۰۴۳	۰/۰۴۲	۰/۰۳۴	۰/۰۳۹	۰/۰۳۸	۰/۰۳۹	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۴۸	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶	۰/۰۴۸	۰/۰۲۶	۰/۰۵۲
۸۳C	۰/۰۵	۰/۰۴۸	۰/۰۴۷	۰/۰۴۵	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۱	۰/۰۵۴	۰/۰۵۸	۰/۰۶	۰/۰۵۴	۰/۰۴۴	۰/۰۴۷	۰/۰۴۶	۰/۰۴۱	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۵۶	۰/۰۵۴	۰/۰۵۲	۰/۰۵۹	۰/۰۵۷	۰/۰۳۱

فسامی و همکاران، ارائه مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی جهت انتخاب روش آموزش محیط‌زیست...

زیر معیارها مطابق جدول ۸ به دست می‌آید:

محاسبه ماتریس روابط بیرونی بر اساس فرایند تحلیل شبکه‌ای

با انجام مراحل اول و دوم تحلیل شبکه، بردار وزن نسبی معیارها و

جدول ۸. وابستگی بیرونی معیار اصلی (W_{21}) و زیرمعیارها (W_{32})

W_{21}		W_{32}	
C1	۰/۱۹۳	۱۱۵	۰/۶۶
		۱۲۵	۰/۲۹
		۱۳۵	۰/۰۶
C2	۰/۱۴۱	۲۱۵	۰/۱۷
		۲۲۵	۰/۳۹
		۲۳۵	۰/۴۴
C3	۰/۱۴۵	۳۱۵	۰/۶۰
		۳۲۵	۰/۲۹
		۳۳۵	۰/۱۱
C4	۰/۰۵۴	۴۱۵	۰/۴۴
		۴۲۵	۰/۲۹
		۴۳۵	۰/۲۸
C5	۰/۱۹۹	۵۱۵	۰/۶۳
		۵۲۵	۰/۲۴
		۵۳۵	۰/۱۳
C6	۰/۲	۶۱۵	۰/۷۰
		۶۲۵	۰/۰۹
		۶۳۵	۰/۲۱
C7	۰/۰۳۹	۷۱۵	۰/۱۵
		۷۲۵	۰/۲۱
		۷۳۵	۰/۶۴
C8	۰/۰۲۹	۸۱۵	۰/۲۵
		۸۲۵	۰/۳۳
		۸۳۵	۰/۴۲

تلفیق نتایج فرایند تحلیل شبکه‌ای و دیمتل

به منظور تلفیق نتایج، ماتریس‌های وابستگی درونی معیارها و زیر معیارها به‌دست‌آمده از تکنیک دیمتل (W_{22} و W_{33}) و ماتریس‌های وابستگی بیرونی تحلیل شبکه‌ای (W_{21} و W_{32})

(W) مطابق شکل ۴ در ساختار سوپر ماتریس اولیه جایگذاری و سوپر ماتریس ناموزون تشکیل می‌شود. سپس با انجام مرحله سوم تحلیل شبکه‌ای در نرم‌افزار سوپردسیژن، ماتریس حد مطابق جدول ۹ به دست می‌آید.

خوشه‌ها

	معیارهای اصلی		زیرمعیارها
	هدف	معیار اصلی	زیرمعیارها
هدف	۰	۰	۰
معیار اصلی = W	W_{21}	W_{22}	۰
زیر معیارها	۰	W_{32}	W_{33}

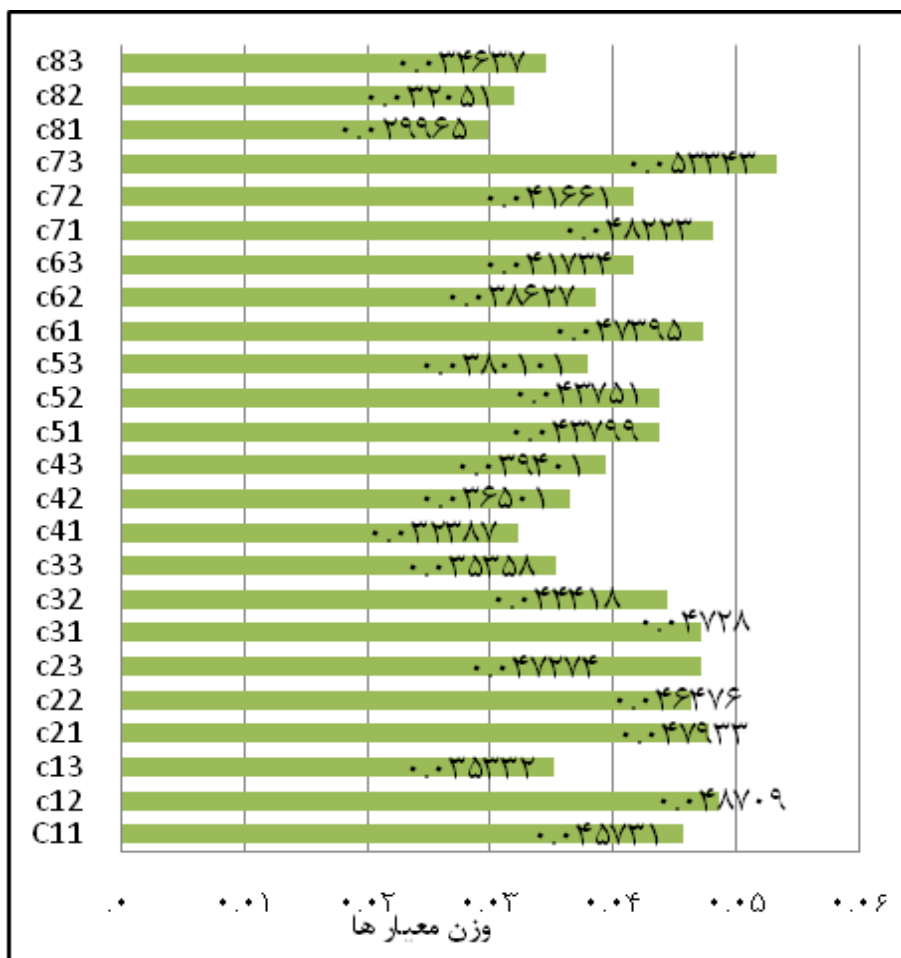
شکل ۴. ساختار سوپر ماتریس اولیه (غیر موزون)

جدول ۹. ماتریس حد

[illegible]

درنهایت وزن‌های به‌دست‌آمده از سوپر ماتریس حد نرمال می‌گردد و وزن نهایی معیارها به شرح شکل ۵ ارائه می‌گردد.

محاسبه وزن نهایی معیارهای شایستگی محیط‌زیست
با تکنیک دیمتل فازی - تحلیل شبکه فازی



شکل ۵. وزن دهی و اولویت‌بندی معیارها با تکنیک دیمتل فازی - تحلیل شبکه‌ای فازی

می‌گیرند و معیاری چون ارتقای اثربخشی دیگران، به علت اثربخشی کمی که روی معیارهای دیگر دارند وزن کمتری می‌گیرند.

ارزیابی و رتبه‌بندی روش‌های تدریس با توجه به معیارهای شایستگی با سه تکنیک FELECTRE, FTOPSIS, FSAW

در این مرحله پرسشنامه‌های ارزیابی گزینه که توسط گروه خبرگان تکمیل‌شده به روش میانگین حسابی در نرم‌افزار اکسل باهم ترکیب و ماتریس تصمیم‌گیری شکل می‌گیرد، سپس با توجه به وزن معیارهای شایستگی حاصل از دو تکنیک آنتروپی و دیمتل فازی-تحلیل شبکه‌ای فازی و انجام محاسبات مربوط به هر تکنیک در نرم‌افزار اکسل، نتایج رتبه‌بندی روش‌های تدریس به دست می‌آید.

با توجه به شکل ۵، مهارت یادگیری خود راهبر (C73)، تسلط بر دانش محیط‌زیست مرتبط با یک رشته خاص فنی و حرفه‌ای (C12)، مهارت‌های مطالعه و استراتژی‌های یادگیری (C71) تفکر انتقادی (C21) گرایش به سمت توسعه پایدار و درک اهمیت محیط‌زیست (C61) به ترتیب بیشترین وزن و بهترین اولویت را دارند و ارتقای اثربخشی دیگران (C81)، سازمان‌دهی مفاهیم (C82)، مهارت بیان ایده‌ها (C41)، راهبردهای یاددهی (C83)، تسلط بر نرم‌ها، ارزش‌ها و فرهنگ ایرانی (C13) به ترتیب کمترین وزن و اولویت را دارند. این تکنیک به علت اینکه علاوه بر وابستگی بیرونی معیارها و زیر معیارها، وابستگی درونی آن‌ها (تعامل معیار و زیرمعیارها) را نیز در نظر می‌گیرد، معیارهایی چون مهارت یادگیری خود راهبر و معیارهایی از این دست به علت اثرگذاری زیادی که روی معیارهای دیگر دارند وزن زیادی

جدول ۱۰. رتبه‌بندی روش تدریس با تکنیک جمع ساده وزنی فازی

دیمتل – تحلیل شبکه‌ای فازی			آنتروپی	
رتبه	A*	رتبه	A*	
سخنرانی	۶	۰/۷۰۳	۶	۰/۶۳
بحث گروهی	۱	۲/۳۴	۲	۲/۱۸
نقشه مفهومی	۴	۲/۱۱	۴	۲/۰۱
یادگیری الکترونیکی	۵	۱/۳۲	۵	۱/۲۲
یادگیری مبتنی بر عملکرد	۲	۲/۲۵	۱	۲/۲۹
یادگیری مبتنی بر حل مسئله	۳	۲/۲۵	۳	۲/۱۴

اولویت، و سخنرانی نیز کمترین اولویت را دارا است. در تکنیک دیمتل فازی - تحلیل شبکه‌ای فازی - جمع ساده وزنی، بحث گروهی بالاترین اولویت، و سخنرانی پایین‌ترین اولویت را دارد.

الف) تکنیک جمع ساده وزنی فازی (FSAW)
همان‌گونه که از جدول ۱۰ مشخص است در تکنیک آنتروپی - جمع ساده وزنی، یادگیری مبتنی بر عملکرد، بیشترین امتیاز و به تبع آن بالاترین

وزن دهی	دیمتل - تحلیل شبکه فازی				آنتروپی			
	رتبه	CL _i	d-	d+	رتبه	CL _i	d-	d+
سخنرانی	۶	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۴۵	۶	۰/۰۴۵	۰/۰۲۳	۰/۴۸۹
بحث گروهی	۱	۰/۷۹	۰/۳۷	۱	۲	۰/۶۹۸	۰/۳۵۸	۰/۱۵۵
نقشه مفهومی	۴	۰/۶۶	۰/۳۱	۰/۱۶	۴	۰/۶۱	۰/۳۱۳	۲
یادگیری الکترونیکی	۵	۰/۳۱	۰/۱۴	۰/۳۲	۵	۰/۲۸۶	۰/۱۴۷	۰/۳۶۵
یادگیری مبتنی بر عملکرد	۲	۰/۷۴	۰/۳۵	۰/۱۲	۱	۰/۷۶۶	۰/۳۹۳	۰/۱۲
یادگیری مبتنی حل مسئله	۳	۰/۷۲	۰/۳۴	۰/۱۳	۳	۰/۶۶۶	۳۴۱/۰	۰/۱۷۱

جدول ۱۱. رتبه‌بندی روش‌های تدریس با تکنیک تاپسیس فازی

ج) رتبه‌بندی با تکنیک الکترونیکی فازی (FELECTRE)
در تکنیک آنتروپی - تاپسیس یادگیری مبتنی بر عملکرد برترین روش تدریس و سخنرانی نامناسب روش تدریس است. در تکنیک دیمتل فازی - تحلیل شبکه‌ای فازی - تاپسیس بحث گروهی برترین روش تدریس و سخنرانی نامناسب روش تدریس است

ب) رتبه‌بندی با تکنیک تاپسیس فازی (FTOPSIS)
بر اساس خروجی تاپسیس فازی که در جدول ۱۱ مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار CL_i بیانگر بالاترین اولویت یا برترین گزینه خواهد بود به عبارتی گزینه‌ای که بیشترین نزدیکی نسبی را به راه‌حل ایده‌آل داشته باشد مناسب‌ترین است.

جدول ۱۲. رتبه‌بندی روش‌های تدریس با تکنیک الکتروفازی

آنترپوی				دیمتل - تحلیل شبکه‌ای فازی			
تعداد ۱ در ماتریس F	تفاضل	رتبه	تعداد ۱ در ماتریس F	تفاضل	رتبه	تعداد ۱ در ماتریس F	تفاضل
ستون	سطر		ستون	سطر		ستون	سطر
۴	۰	۴-	۵	۴	۰	۴	۴-
۰	۲	۲	۱	۰	۳	۱	۳
۱	۲	۰	۳	۱	۱	۳	۰
۲	۲	۲-	۴	۱	۱	۳	۰
۰	۲	۱	۲	۰	۰	۳	۰
۰	۲	۲	۱	۰	۱	۲	۱

همچنین مقایسه نتایج جداول ۱۰، ۱۱ و ۱۲ با یکدیگر نشان می‌دهد، وقتی تکنیک وزن دهی یکسان و تکنیک‌های رتبه‌بندی متفاوت استفاده می‌شود، نتایج تکنیک‌های رتبه‌بندی TOPSIS و FSAW مشابه یکدیگر ولی متفاوت از تکنیک FELECTRE است (جداول ۱۰، ۱۱ و ۱۲).

جمع‌بندی نتایج با استفاده از تکنیک POSET

با توجه به اینکه در این پژوهش از تکنیک‌های مختلفی برای وزن‌دهی معیارها و رتبه‌بندی روش تدریس استفاده شده است در نتیجه رتبه‌بندی‌های متفاوتی برای یک مسأله واحد به دست آمده است که برای اجماع در رتبه‌بندی‌های گوناگون از تکنیک رتبه‌بندی جزئی استفاده می‌شود. با توجه به توضیحات بخش تکنیک رتبه‌بندی جزئی نتایج سه روش میانگین بردا و کپلند، مطابق جدول ۱۳ حاصل ارائه می‌شود.

در تکنیک الکتروفازی هر گزینه‌ای که تفاضل یک‌های سطری و ستونی آن در ماتریس کلی بیشتر باشد، گزینه بهتری است (به عبارت دیگر هرچه یک‌های سطری بیشتر و یک‌های ستونی کمتر باشد، گزینه بهتری است).

در تکنیک آنترپوی - الکتروفازی، روش تدریس بحث گروهی و یادگیری مبتنی بر حل مسأله برترین روش‌های تدریس و روش سخنرانی نامناسب‌ترین روش تدریس است (مطابق جدول ۱۲). در تکنیک دیمتل فازی تحلیل شبکه‌ای فازی - الکتروفازی، روش تدریس بحث گروهی برترین و سخنرانی نامناسب‌ترین روش تدریس است.

نتایج رتبه‌بندی روش تدریس آموزش محیط‌زیست در هر یک از جداول ۱۰، ۱۱ و ۱۲ یعنی وقتی در استفاده از یک تکنیک رتبه‌بندی، از دو شیوه وزن دهی استفاده می‌شود، متفاوت است.

جدول ۱۳. نتایج روش‌های میانگین، به ردا، کپلند و رتبه‌بندی جزئی (POSET)

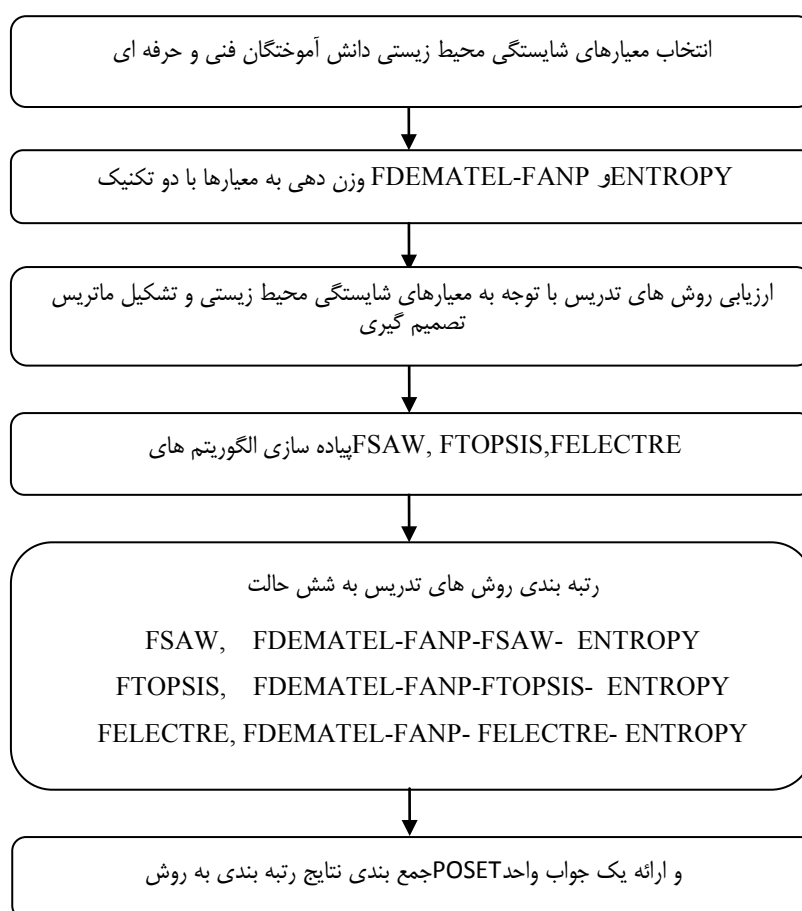
	مقایسه زوجی گزینه‌ها (روش کپلند و بردا)						بردا		کپلند		میانگین	
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	رتبه	ΣC	رتبه	ΣC - ΣR	رتبه	M
سخنرانی A1	-	x	x	x	x	x	۰	۶	۵-	۶	۲/۶	۶
بحث گروهی A2	M	-	M	M	M	M	۵	۱	۵	۱	۰/۵	۱
نقشه مفهومی A3	M	x	-	M	x	x	۲	۴	۱-	۴	۱/۸۳	۴
یادگیری الکترونیکی A4	M	x	x	-	x	x	۱	۵	۳-	۵	۲/۱۶	۵
یادگیری مبتنی بر عملکرد A5	M	x	M	M	-	M	۴	۲	۳	۲	۱/۱۶	۲
یادگیری مبتنی بر حل مسئله A6	M	x	M	M	x	-	۳	۳	۲	۳	۱/۳	۳
ΣR	۵	۰	۳	۴	۱	۱						

بحث و نتیجه گیری

در این بخش با توجه به معیارهای شایستگی محیط زیستی دانش آموختگان فنی و حرفه ای و همچنین نتایج حاصل از اجرای تکنیک های مختلف وزن دهی و رتبه بندی، یک مدل تصمیم گیری چند شاخصه فازی جهت انتخاب روش آموزش محیط زیست در مدارس فنی و حرفه ای (مطابق شکل ۶) ارائه می گردد.

در این جدول M نشان دهنده ارجحیت گزینه سطر به ستون و X نشانگر ارجحیت ستون به سطر است. معیار اولویت در تکنیک بردا آن است که در چند دفعه بردهای گزینه (یعنی M) در سطر دارای اکثریت است. $\sum C$ تعداد M در سطر نشان می دهد. امتیازی که کپلند به هر گزینه می دهد با تفاضل تعداد باخت ها ($\sum R$) از بردها محاسبه می شود. با توجه به یکسان بودن نتایج رتبه بندی در سه روش میانگین، بردا و کپلند می توان از جواب های حاصل میانگین گرفت و به رتبه بندی واحدی دست یافت:

$$A_2 > A_5 > A_6 > A_3 > A_4 > A_1$$



شکل ۶. مدل تصمیم گیری چند شاخصه فازی جهت انتخاب روش آموزش محیط زیست در مدارس فنی و حرفه ای

و بهادری نژاد، ۲۰۱۰) ۸ معیار اصلی و ۲۴ معیار فرعی بیان شده اند و مشتمل بر شایستگی های یک فرد هم به عنوان یک دانش آموخته فنی و حرفه ای، هم به عنوان یک انسان

ویژگی های این مدل را مشتمل بر موارد زیر است:
در این مدل معیارهای شایستگی در قالب چهار بعد کلان دانش، مهارت، نگرش و رشد و بالندگی (همانند پژوهش فیض

ارزشمند و هم به عنوان شهروند محیط‌زیستی است. درحالی‌که سایر پژوهش‌های انجام‌شده این جامعیت را ندارند؛ به‌عنوان مثال معیارهای شایستگی توسعه پایدار در محیط کاری در پژوهش دنتونی^۱ (۲۰۱۲) عبارت‌اند از شایستگی تفکر سیستمی، شایستگی تفکر آینده‌نگری، شایستگی هنجاری، شایستگی بین فردی، مدیریت استراتژیکی و شایستگی عملی، شایستگی بین‌رشته‌ای و تنوع و در پژوهش جاکوبس (۲۰۱۵) عبارت‌اند از خلاقیت، مسئولیت محیط‌زیستی، مسئولیت اجتماعی، تمایل به کار، تداوم پذیری، بهره‌وری و اثربخشی، عملکرد، شفافیت و بیان روشن. چینین^۲ و همکاران (۲۰۰۹) معیارهای شایستگی را در دو دسته توسعه پایدار (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) و توانمند سازهای عملکرد انسانی (دانش، مهارت و نگرش) دسته‌بندی می‌کند. رایت^۳ (۲۰۱۴) در پژوهش خود شایستگی‌های توسعه پایدار را در قالب سه معیار اصلی دانش، مهارت و نگرش بیان می‌دارد. درواقع معیارهای شایستگی محیط‌زیست (توسعه پایدار) در پژوهش‌های پیشین به خوبی تمامی ابعاد دانش، مهارت، نگرش و رشد و بالندگی را پوشش نمی‌دهد.

بدین منظور که در اولویت‌بندی معیارهای شایستگی، جنبه‌های مختلف در نظر گرفته شود و با دقت بیشتری در خصوص انتخاب روش آموزش محیط‌زیست تصمیم‌گیری شود، در این مدل معیارهای شایستگی محیط‌زیستی دانش‌آموختگان فنی و حرفه‌ای با دو تکنیک آنتروپی و دیمتل فازی-تحلیل شبکه‌ای فازی وزن دهی شدند که هر یک از جنبه‌ای خاص به معیارها وزن می‌دهد (آنتروپی بر اساس پراکندگی و دیمتل فازی-تحلیل شبکه‌ای فازی در نظر گرفتن وابستگی درونی و بیرونی معیارها). درحالی‌که در سایر پژوهش‌ها برای وزن‌دهی به معیارها از یک روش استفاده‌شده است به‌عنوان مثال در پژوهش انجام‌شده توسط ایگان^۴ (۲۰۱۵) و شاه‌حسینی بیده و همکاران (۲۰۱۵) از تکنیک دیمتل-تحلیل شبکه‌ای و در پژوهش انجام‌شده توسط شمس (۲۰۱۵) و شمس‌الدینی (۲۰۱۶) از تکنیک آنتروپی برای اولویت‌بندی معیارها استفاده‌شده است.

روش‌های تدریس با سه تکنیک تصمیم‌گیری چند شاخصه

1. Dentoni
2. Chinien
3. Wright
4. Uygun

(جمع ساده وزنی، تاپسیس و الکترا) اولویت‌بندی شدند که در ترکیب با تکنیک‌های وزن دهی در مجموع شش حالت ایجاد شد و درنهایت به منظور رسیدن به نتیجه واحد از تکنیک رتبه‌بندی جزئی استفاده گردید. در سایر پژوهش‌هایی که از چند تکنیک برای اولویت‌بندی گزینه‌ها استفاده کردند، همانند پژوهش حاضر، نتایج متفاوتی حاصل شد به‌عنوان مثال پژوهش انجام‌شده توسط سلیمی و همکاران، ۲۰۱۴ (AHP و SAW) و طواری، ۲۰۰۸ (AHP, TOPSIS, SAW, ELECTRE) که در آنها نیز از تکنیک رتبه‌بندی جزئی استفاده شد.

در تمامی تکنیک‌های مورد استفاده از منطق فازی بهره گرفته‌شده است. درواقع در مواردی که پرسش شوندگان دارای قطعیت نظر نیستند، یعنی تعریف دقیقی برای متغیرهای کیفی در ذهن همگان وجود ندارد، منطق فازی بازه‌ای از انتخاب برای سؤال شوندگان در نظر می‌گیرد.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد در وزن دهی به معیارها به تکنیک دیمتل فازی-تحلیل شبکه‌ای فازی، مهارت یادگیری خود راهبر (۷۳)، تسلط بر دانش محیط‌زیست مرتبط با یک‌رشته خاص فنی و حرفه‌ای (۱۲) مهارت‌های مطالعه و استراتژی‌های یادگیری (۷۱) و در وزن دهی به تکنیک آنتروپی، مهارت کار با ابزار و تجهیزات تخصصی (۳۳)، تفکر خلاق (۲۲)، مهارت تبدیل دانش تخصصی و محیط‌زیستی به عمل سازگار با محیط‌زیست (۳۱) به ترتیب بیشترین وزن دارند همچنین بحث گروهی، یادگیری مبتنی بر عملکرد و یادگیری مبتنی بر حل مسئله به ترتیب مناسب‌ترین روش تدریس آموزش محیط‌زیست در مدارس فنی و حرفه‌ای است. با توجه به اینکه در تکنیک دیمتل فازی-تحلیل شبکه‌ای فازی وابستگی بیرونی و درونی معیارها و در تکنیک آنتروپی پراکندگی معیارها ملاک وزن دهی قرار می‌گیرد، نتایج وزن دهی و اولویت‌بندی معیارها در دو تکنیک وزن دهی مورد استفاده متفاوت است.

همچنین وقتی تکنیک‌های رتبه‌بندی (FTOPSIS, FSAW, FELECTRE) یکسان و تکنیک وزن دهی متفاوت (ENTROPY, FDEMATEL-FANP) است، نتایج متفاوتی حاصل می‌گردد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تکنیک‌های رتبه‌بندی، به وزن معیارها حساس‌اند و در وزن‌های متفاوت، نتایج رتبه‌بندی نیز تغییر می‌کند (تکنیک الکترا بالاترین

کاربرد آنها در حوزه آموزش محیط‌زیست پرداخته شد و امید است با ورود این تکنیک‌ها به حوزه تصمیم‌گیری مسائل آموزشی به ویژه در مواقعی که با فعالیت‌هایی از قبیل شناسایی، دسته‌بندی، انتخاب و اولویت‌بندی سروکار داریم، تصمیمات بهتر و موثرتری اتخاذ گردد. همچنین پیشنهاد می‌گردد مطالعاتی در خصوص معیارهای شایستگی محیط‌زیست و انتخاب روش مناسب انتقال آموزه‌های محیط‌زیستی برای سایر مخاطبان آموزش محیط‌زیست انجام گیرد و از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه که قابلیت و کارایی آن‌ها بارها توسط محققین تأیید شده و می‌تواند در گرفتن تصمیم درست و توجه به جنبه‌های مختلف مسأله مؤثر باشد و نیز از منطق فازی برای کاهش ابهام ارزیابی‌های کلامی و افزایش دقت ارزیابی در سایر پژوهش‌های حوزه آموزش محیط‌زیست استفاده گردد.

در انجام این پژوهش محدودیت‌هایی بدین شرح وجود داشت: با توجه به اینکه معیارهای شایستگی محیط‌زیستی مربوط به حوزه‌های مختلفی هستند (فنی و حرفه‌ای، محیط‌زیست، اخلاقیات) و خبرگان در همه حیطه‌ها تسلط ندارند، ممکن است وزن بیشتری را به معیارهای مربوط به حوزه خود بدهند. همچنین با توجه به طولانی بودن پرسشنامه‌ها، ممکن است خبرگان با حوصله و دقت به همه پرسش‌ها پاسخ ندهند.

حساسیت را به وزن معیار دارد) و وقتی تکنیک‌های رتبه‌بندی متفاوت و تکنیک وزن‌دهی یکسان است نتایج بیانگر این است تکنیک‌های FTOPSIS و FSAW دارای مشابهت قابل توجهی با یکدیگر و با تکنیک FELECTRE متفاوت هستند (همسو با پژوهش‌های انجام‌شده توسط مرآتی و شیخ‌السلامی ۲۰۱۵ و قاضی نوری و طباطبایی، ۲۰۰۲) که این تفاوت ناشی از الگوریتم‌ها و فرضیه‌های متفاوت تکنیک‌های رتبه‌بندی است درواقع با توجه به نتایج کم و بیش متفاوت تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه از آنجا که تکنیک دقیقی وجود ندارد تا بتوان نتیجه‌گیری کرد کدام تکنیک بهتر است، برای رسیدن به نتیجه واحد از تکنیک رتبه‌بندی جزئی استفاده شده است.

درواقع با شناخت معیارهای شایستگی محیط‌زیستی دانش‌آموختگان فنی و حرفه‌ای و انتخاب درست و مناسب روش تدریس آموزش محیط‌زیست بر اساس آن، می‌توان گامی مؤثر در جهت انتقال دانش محیط‌زیستی به افراد و هدایت آن‌ها در مسیر درست تا نهادینه کردن در رفتار و نگرش محیط‌زیستی در دانش‌آموزان فنی و حرفه‌ای برداشت. با توجه به اینکه بخش قابل توجهی از فعالان عرصه کشاورزی، صنعت و خدمات، دانش‌آموختگان فنی و حرفه‌ای هستند بنابراین اقدامات و تصمیمات محیط‌زیستی درست و شایسته آنها می‌تواند در حفظ سلامت محیط‌زیست بسیار مؤثر باشد.

با در نظر گرفتن قابلیت‌ها و کارکردهای تکنیک‌های تصمیم‌گیری شاخصه و منطق فازی، در این پژوهش به معرفی و

References

- Aäri, R., Elomaa, L., Ylönen, M. & Saarikoski, M. (2008). "Problem-based learning in clinical practice: Employment and education as development partners". *Nurse Education in Practice*, 6(8), 420-427.
- Aghazadeh, M. (2005). "Guide to new methods of teaching". Tahan: Yydz. [In Persian]
- Asgharpour, M.J. (2003). "Group decision-making and game theory with attitude Operations Research". Tehran: Tehran university. [In Persian].

- Atai, M. (2010). "Fuzzy Multi-Criteria Decision Making". Shahrood: Shahrood University Press. [In Persian].
- Azarbarzin, M. & Haghanie, F. (2012). "Active Learning: An Approach for Reducing Theory-Practice Gap in Clinical education". *Journal of Medical Education*, 11(9), 1179-1190. [In Persian].
- Chen, T. Y. & Tsao, C. Y. (2008). "The interval-valued fuzzy TOPSIS method and experimental analysis". *Fuzzy Sets and Systems*, 11(159), 1410-1428.
- Chen, T., Ching, T L. & Huang, Sue. F. (2006). "A fuzzy Approach for Supplier Evaluation

- and Selection in Supply Chain Management” *Journal of Production Economics*. 102,289-301.
- Chen, Y. Ch., Lien, H. P. & Tzeng, G. H. (2010). “Measures and evaluation for environment watershed plans using a novel hybrid MCDM model”. *Expert systems with applications*, 37(2), 926-938.
- Chinien, C., Boutin, F. & Karen, P. (2009). “The Challenge for ESD in TVET: Developing Core Sustainable Development Competencies and Collaborative Social Partnerships for Practice”. In R. Maclean & D. Wilson, *International Handbook of Education for the Changing World of Work*, 2553-2569.
- CEAB(Canadian Engineering Accreditation Board). (2012). “Accreditation Criteria and Procedures”. Canadian Council of Professional Engineers.
- De Haan, G. (2006). “The BLK‘ 21 programme in Germany: a ‘ Gestaltungskompetenz ’ based model for education for sustainable development”. *Environmental Education Research*, 12, 19-32.
- Denton, D., Blok, V., Lan, T. & Wesselink, R. (2012). “ Developing human capital for agri-food firms’ multi-stakeholder interactions”. *International Food and Agribusiness Management Review*, 15, 61-68.
- Eggert, S., & Bögeholz, S. (2006). “ The Göttingen model of decision-making competence – the partial competence evaluation‘ choice and reflection for decision making tasks in the area of sustainable development”. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 177-199.
- EUA. (2007). “Creativity in higher education.‘ report on the EUA creativity project 2006-2007”. European University Association.
- Fattahi Bafghi, A., Karimi, H., Anvari, M H. & Barzegar, K. (2007). “Comparison of the Effectiveness of Two Teaching Methods of Group Discussion and Lecturing in Learning Rate of Laboratory Medicine Students”. *Journal of Strides Dev Med Educ*, 4(1),51-56.[In Persian].
- Feiz, M. & Bahadori nejad, M. (2010). “A Professional Competency Model for Graduates of Engineering Colleges in Iran (Case study: Graduates of Sharif University of Technology)”. *Journal of Engineering Education*, 12(46), 37-68. [In Persian].
- Garcia-Melon, M., Ferris-Onate, J., Aznar-Bellver, J., Aragonés-Beltran, P. & Poveda-Bautista, R. (2008). “Farmland appraisal based on the analytic network Process”. *Journal of Global Optimization*, 42, 143-155.
- Ghazinoory, S.S., Tabatabaeian, H. (2002). “Multiple Attribute Decision Making issues sensitivity analysis with respect to the type of technique used Case Study”, *Journal of Management Knowledge*, 15(56), 129-141.[In Persian].
- Gräsel, C. (2001). “Ökologische Kompetenz: Analyse und Förderung [Ecological competence: Analysis and promotion]” (Unpublished habilitation thesis). Ludwig Maximilian University, Munich, Germany.
- Habibi, A., Izadyar, S. & Sarafranz, A. (2014). “Fuzzy Multi-Criteria Decision Making”. Gil Katibe publications. [In Persian]
- Hadian, M., Eslampour, M.J. & Reyhani, E. (2014). “On the Conceptualization of the Concept Map Limit the Case of Mathematics Students”. *Journal of Technology of Education*, 9(1),1-92. [In Persian]
- Hasan abadi, M., Babai, R. & Hemati, M. (2010). “Provide a decision making model to select the language teaching method using AHP and TOPSIS under Fuzzy Environment”. *Quarterly Journal of Educational Leadership & Administration*, 4(4),55-79. [In Persian]
- Hwang,L. Yoon, K.(1981). “Multiple Attribute Decision Making : methods and applications : a state-of-the-art survey”. Berlin ; New York : Springer-Verlag.
- Jacob,P. (2015).“The potential of the comet competence Diagnostic model for the assessment and Development of occupational competence and Commitment, in technical vocational Education and

- training" (Doctoral dissertation), Philosophy, Bremen university, Germany , P.102.
- Jensen, B. & Schnack, K. (1997). "The action competence approach in environmental education". *Journal of Environmental Education Research*, 2(3), 163-179.
- Khaki, Gh. (2004). "Research method". Islamic Azad University Press. [In Persian]
- KeshavarzMohamadi, N. & Hosseini, SA. (2003). Health education and educational technology. Tehran: Tehran Dibagaran Art Institute.[In Persian]
- Lackney, J. A. (2008). "Teacher Environmental Competence in Elementary School Environments". *Children, Youth and Environments*, 18(2), 133-۱۵۹.
- Lapiņa, I. & Aramina, D. (2011). "Competence based sustainable development: quality of education". *Management theory and studies for rural business and infrastructure development* , 2 (26),138-145.
- Lee, W. S., Huang, A. Y., Chang, Y. Y. & Chang, C. M. (۲۰۱۱). "Analysis of Decision Making Factors for Equity Investment by DEMATEL and Analytic Network Process". *Journal of Expert Systems with Applications*, 38, 8375-8383.
- Majumdar, S. (2012). Integrating sustainable development in tvet curriculum. Bangkok, Thailand: UNESCO Bangkok .
<http://www.voced.edu.au/content/ngv54369>.
- Malczewski, J. (1997). "Propagation of Errors in Multicriteria Location Analysis: A Case Study". In: Fandel, G. and Gal, T., Eds., *Multiple Criteria Decision Making*, Springer, Berlin, 154-155.
- Martinez-Torres, M., Toral, S., & Barrero, F. (2011). "Identification of the Design Variables of e-Learning Tools". *Journal of Interacting with Computers* , 23, 279-288.
- Merati, H. & Sheikholeslami, A. (2015). "Sensitivity analysis Decision techniques and weighting techniques in multiple attribute decision making Case Study (priority public transport systems in Qom)", The first national conference on urban planning, urban management and sustainable development, Tehran, Iranian Institute, Association of Iranian architecture. [In Persian]
- Mirza Mohammadi, M. (2004). "Teaching Methods and Technology". Tehran: Puran Research.[In Persian]
- Momeni, M. (2008). "New topics Operations Research (second edition)". Tehran: Tehran University Press. [In Persian]
- Momeni, E. & Malekzade, J.M. (2000). "A comparative study of the effect of education through lectures and pamphlets on the nutritional knowledge of health volunteers in Yasouj". *Journal of Armaghane danesh*, 5(19, 20),49-53.[In Persian]
- Mortazavi, Sh. (2004). "Introduction to environmental psychology". *Journal of Natural Sciences*, 1(3),60-63.[In Persian]
- Neaupane, K, M. & Piantanakulchai, M. (2006). "Analytic network process model for landslide hazard zonation". *Journal of Engineering Geology*, 85(3), 281-294.
- Opricovic, S. & Tzeng, G H.(2004). "Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS", *European Journal of Operational*, 156, 445-455.
- Pardalos, P. M., Siskos, Y. & Zopoudinis,C. (1995). *Advances in Multicriteria Analysis*. Kluwer Academic Publishers.
- Parchami Sarghein, M. & Raei, R. (2015). "Rating Insurance Companies based on Financial Variables and Ratios Utilizing Multiple Attribute Decision Making (MADM) Techniques". *Journal Insurance Research*, 118 ,85-108.[In Persian]
- Plane, K. (2007). "A very peculiar practice? Building social capital through learning partnerships with small business: but what have we learnt from research and practice?". *Australian journal of adult learning* , 47(1), 25-45.
- Rahimi, H., Salman mahini, A. & kamyab, H. (2015). "Priority of Gorgan's sub-watershed for using rainfed agriculture using Multi-Attribute Decision Making (MADM) and GIS". *Journal of Natural Environment*, 68(3),401-411.[In Persian]

- Rauner, F. (2010). "KOMET – Measuring vocational competence in electronic engineering". Federal Institute for Vocational Education and Training. BWP.
- Roczen, N., Kaiser, F. G., Bogner, F. X. & Wilson, M. (2013). "A Competence Model for Environmental Education". *Journal of Environment and Behavior*, 8(46), 972-992.
- Roczen, N. (2011). "Environmental competence: The interplay between connection with nature and environmental knowledge in promoting ecological behavior"(Doctoral dissertation). Eindhoven, The Netherlands: Eindhoven University of Technology .
- Roy, B.(1991). "The Outranking Approach and the Foundation of ELECTRE Methods" . *Journal of Theory and Decisio*, 73(1), 31-49.
- Salimi, M., Soltan Hosseini, M. & Esfahani, N. (2014). "The Ranking of the Private Firms' Sponsorship Improving Obstacles from Champion Sport according to Assemble the Result of MADM Methods Using POSET combinational Technique". *Journal of Sport Management Studies*, 5(21), 149-172.[In Persian]
- Shahhosseini bideh, S., morovati shariabadi, A & zanjirchi S M. (2015). "The comparison of organization's performance on Customer Relationship Management (CRM) implementation using an integrative approach of Fuzzy ANP and DEMATEL". *Journal of New Marketing Research*, 4(4),195-212.[In Persian]
- Shakour, A. (2015). "Comparative application of multi-criteria decision-making methods in determining availing level (Case study: districts of Kamyaran County)". *Journal of Rural Research*, 6(3),679-698.[In Persian]
- Shams, G.R., Farasatkah M., Mahdi, R. & Maarefvand, Z. (2015). "Analysis of Factors Affecting QA of Educational Administration by Using Shannon's Entropy Techniqu". *Quarterly Journal of Educational Measurement and Evaluation Studies*,5(10), 6-31.[In Persian]
- Shamsoddini, A. & Amiri Fahlyiani, MR. (2016). "Rating the Aspects of Tourist Development in the Villages of Mamasani County". *Journal of Research and Rural Planning (Peer-reviewed)*, 1(5),19-32.[In Persian]
- Shobeiri, S.M. & Meibuodi, H. (2013). "Evaluating environmental education in Iran and providing recommendations to improve the current situation". *Journal of Environmental Science*. 11(1), 130-119.[In Persian]
- Shobeiri, S. M., Meiboudi, H. & Kamali, F. (2014). "The Brief History of Environmental Education and its Changes from 1972 to Present in Iran". *International Research in Geographical and Environmental Education*, 23(3), 228-241.[In Persian]
- Shobeiri, S M. & Abdollahi, S. (2009). "Theories and Applications of Environmental Education". Payame noor Press: Tehran. [In Persian]
- Taherkhani, S. (2009). "Provided the theoretical framework of environmental education in the primary with an emphasis on teaching methods". Tehran: Thesis MSc Environmental Education, PNU. [In Persian]
- Tavari, M., Sokhikian, M.A. & Mirnejad, S.A. (2008). "Identifying and Prioritizing Factors that Affect Human Resource Productivity by Using MADM Techniques". *Journal of Industrial Management*,1(1),71-88.[In Persian]
- Tkachenk, M. V. (2014). "On Competency Building Approach in Education Activities of Vocational-Technical Schools Students. European". *Journal of Social and Human Sciences*, 3 (3), 156-162.
- Tippelt, R. and Amoros, A. 2003. "Competency-Based Training, Compilation of Seminar Subject Matter: Training the Trainer". In WEnt–Capacity Building International, Mannheim, Germany. Accessed on September 9, 2008. Form, <http://www.inwent.org>.
- Tsai, W. H., Chou, W. C. & Lai, C. W. (2010). "An effective evaluation model and improvement analysis for national park websites: A case study of Taiwan". *Turism Manage*,31, 936-952.
- Uygun, Ö., Kaçamak, H. & Kahraman, Ü.(2015). "An integrated DEMATEL and

- Fuzzy ANP techniques for evaluation and selection of outsourcing provider for a telecommunication company”. *Journal of Computers & Industrial Engineering*, 86, 137–146.
- Wiek, A., Withycombe, L. & Redman, C. (2011). “Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development”. *Journal of Sustainability Science*, 6, 203-218
- Wright, M. J. (2014). “Canadian Civil Engineering And Sustainable Development Competence”. Master of applied science , British Columbia University.
- Yuan, D. (2014). “An improved evaluation approach to PE teachers using ELECTREIII method”. *Chemical and Pharmaceutical Researc*, 6 (6), 856-859.