

## توسعه یک مدل برنامه‌ریزی چند هدفه عدد صحیح برای تخصیص کارکنان

### به موقعیت‌های شغلی

مهدی سیف برقی<sup>۱\*</sup>، راحله یزدانی فرد<sup>۲</sup>

۱- استادیار دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه الزهرا

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه الزهرا

#### چکیده

یکی از فعالیت‌های مهم در حوزه منابع انسانی، تخصیص مناسب کارکنان به موقعیت‌های شغلی به منظور ارتقای عملکرد سازمان است. در این مقاله، مسأله انتصاب کارکنان در یک شرکت تولیدی، با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی چند هدفه عدد صحیح صفر و یک، که همزمان مهارت‌ها، سطح رضایت و هزینه‌های آموزش کارکنان را در نظر می‌گیرد، فرموله شده است، به گونه‌ای که مناسب‌ترین تطبیق بین داوطلبان و موقعیت‌های شغلی موجود در سازمان به وجود آید. علاوه بر این، ترکیبی از روش‌ها شامل: فرایند تحلیل سلسله مراتبی گروهی، آنتروپی شانون، ضریب پراکندگی و منطق فازی به منظور محاسبه میزان اهمیت معیارهای ارزیابی غیر دقیق و فازی، اهمیت موقعیت‌های شغلی و تعیین ضریب توابع هدف مدل، به کار گرفته شده است. مزیت اصلی این روش ترکیبی، منطقی‌تر نمودن تاثیر قضاوت‌های شخصی و شهودی تصمیم‌گیرندگان در کنار خروجی ریاضی مدل تصمیم‌گیری است.

**واژه‌های کلیدی:** مسأله تخصیص کارکنان، مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک، فرایند تحلیل سلسله

مراتبی گروهی، آنتروپی شانون، ضریب پراکندگی

## مقدمه

توانمندی‌های داوطلبان و نیازمندی‌های موقعیت‌های شغلی است؛ به طوری که  $\alpha_{ij}$  درجه تطبیق بین توانمندی‌های داوطلب  $i$  و موقعیت شغلی  $j$  را نشان می‌دهد. از طرفی، متغیر صفر و یک  $\alpha_{ij}$  متغیر تصمیم مدل است که طبق معادله ۵ تعریف می‌شود:

$$(5) \quad \begin{cases} 1 & \text{تخصیص داوطلب } i \text{ به موقعیت شغلی } j \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

در مطالعات زیادی،  $\alpha_{ij}$  به عنوان درجه تطبیقی موزون بین توانمندی‌های داوطلب  $i$  و موقعیت شغلی  $j$  در نظر گرفته شده است (کرکماز و همکاران، ۲۰۰۸؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۰۹؛ لین و همکاران، ۲۰۱۰؛ لین و همکاران، ۲۰۱۲). اگر چه تطبیق مناسب بین توانمندی‌های داوطلبان و نیازمندی‌های موقعیت‌های شغلی از اهداف مهم در فرایند تخصیص کارکنان به شمار می‌رود، ولی در نظر گرفتن این هدف به تنهایی کافی نیست. هر سازمانی به منظور حفظ و نگهداشت کارکنان خود، به شناسایی اثر رضایت شغلی بر عملکرد شغلی کارکنان نیاز دارد. اگر کارکنان از موقعیت شغلی خود احساس رضایت نداشته باشند، نرخ جا به جایی آنها افزایش خواهد یافت. در همین راستا، در مطالعه‌ای از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی برای تکمیل فرایند تخصیص دانشجویان فارغ التحصیل از دانشگاه‌ها در محیط‌های کسب و کار و ایجاد رضایت کارفرما و داوطلبان از تخصیص صورت گرفته، استفاده شده است (لین، ۲۰۰۹). از طرفی دیگر، طبق پیشنهادی که توسط هوانگ و همکاران (۲۰۰۹) ارائه شده است، یکی از اهداف تحقیقی می‌تواند در نظر گرفتن هزینه‌های تحمیل شده به سازمان (همچون هزینه‌های آموزشی) باشد که بندرت در مطالعات

تخصیص کارکنان به موقعیت‌های شغلی مناسب برای هر کسب و کاری امری ضروری به شمار می‌رود. به دلیل تفاوت در شخصیت، توانمندی‌ها و سطح رضایت کارکنان از مشاغل مختلف، مدیران در فرایند تخصیص با معیارهای مختلفی برای ارزیابی کارکنان روبه‌رو هستند. مسأله تخصیص کارکنان که معمولاً به صورت یک مدل تک هدفه ارائه می‌شود، توسط محققان زیادی مطالعه شده است. در این مسأله، تعدادی داوطلب به تعدادی موقعیت شغلی با هدف حداکثر سازی میزان تطبیق بین توانمندی‌های داوطلبان و نیازمندی‌های موقعیت‌های شغلی، تخصیص داده می‌شوند و مطابق با مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک فرموله می‌شود (کاباک و همکاران، ۲۰۱۲):

$$(1) \quad \text{Max } f_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \alpha_{ij} x_{ij}$$

S.t:

$$(2) \quad \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad \forall j = 1, 2, \dots, m$$

$$(3) \quad \sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$

$$(4) \quad x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall (i, j) \in FA$$

در مدل فوق،  $n$ ، تعداد داوطلبان متقاضی استخدام و  $m$ ، تعداد موقعیت‌های شغلی موجود در سازمان است، به طوری که مجموعه تخصیص‌های ممکن را نشان می‌دهد. به بیانی دیگر، فرض بر این است که  $n$  داوطلب وجود دارد و باید به  $m$  موقعیت شغلی تخصیص داده شوند، در حالی که  $n > m$  است. هدف این مدل، حداکثر کردن میزان تطبیق بین

به علت تفاوت در میزان اهمیت هر یک از معیارهای ارزیابی در موقعیت‌های شغلی مختلف، محاسبه وزن معیارها در فرایند انتصاب ضروری است. بنابراین، برخی از محققان با ادغام تئوری مجموعه‌های فازی و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره<sup>۱۱</sup>، وزن معیارهای ارزیابی را در شرایط عدم اطمینان و مبهم محاسبه کرده‌اند (هوانگ و همکاران، ۲۰۰۴؛ گونگورا و همکاران<sup>۱۲</sup>، ۲۰۰۹؛ کلیک و همکاران<sup>۱۳</sup>، ۲۰۰۹؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۰۹؛ لین، ۲۰۱۰؛ شاه حسینی و سبط<sup>۱۴</sup>، ۲۰۱۱؛ کاباک و همکاران، ۲۰۱۲). مرور ادبیات موضوع گویای آن است که روش‌های موجود مبتنی بر قضاوت‌های شخصی و غیر علمی تصمیم‌گیران بوده است. پیشرفت‌های اخیر در حوزه پایگاه داده، هوش مصنوعی و فناوری اطلاعات باعث ارتقای تحلیل داده‌ها، کشف دانش و فهم دانش کشف شده، گردیده است (هوانگ و همکاران، ۲۰۰۶) و بهره‌گیری از این فناوری‌ها می‌تواند باعث منطقی‌تر شدن تاثیر قضاوت‌های شخصی و شهودی تصمیم‌گیران در حوزه‌های تصمیم‌گیری شود، اما تاکنون تحلیل داده‌های پرسنلی سازمان برای تعیین وزن معیارهای ارزیابی، مورد توجه محققان نبوده است.

علاوه بر تعیین وزن موقعیت‌های شغلی و معیارهای ارزیابی، اندازه‌گیری درجه تطبیق میان توانایی‌های داوطلبان و نیازمندی‌های موقعیت‌های شغلی در فرایند تخصیص کارکنان از اهمیت زیادی برخوردار است. در این راستا، کروین و همکاران<sup>۱۵</sup> (۲۰۰۲) یک ساختار فازی سازگار برای اندازه‌گیری درجه تطبیق بین توانمندی‌های داوطلبان با اهداف تیم در پروژه‌های چند مرحله‌ای ارائه نمودند.

گذشته به آن اشاره شده است. بنابراین، سطح رضایت و هزینه‌های آموزشی داوطلبان می‌تواند علاوه بر میزان تطبیق میان توانایی‌های داوطلبان و نیازمندی‌های موقعیت‌های شغلی به عنوان اهداف دوم و سوم در مدل کردن فرایند انتصاب مد نظر قرار گیرند.

به طور کلی، هر یک از موقعیت‌های شغلی دارای منافع متفاوتی برای سازمان هستند. بنابراین، ممکن است از نظر مدیران سازمان، میزان اهمیت (وزن) موقعیت‌های شغلی یکسان نباشد. روش‌های معمول برای محاسبه درجه اهمیت موقعیت‌های شغلی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۱</sup> و فرایند تحلیل شبکه<sup>۷</sup> ارائه شده توسط ساعتی<sup>۸</sup> در سال ۱۹۸۰ و ۱۹۹۶ است که در برخی مطالعات مورد استفاده قرار گرفته‌اند (هوانگ و همکاران، ۲۰۰۹). از آنجایی که تصمیم‌گیری گروهی می‌تواند مجموعه‌ای از دانش و تجربه خبرگان را در اختیار قرار دهد (ماراکاس<sup>۹</sup>، ۱۹۹۹)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی گروهی<sup>۱۰</sup> می‌تواند به بهبود کیفیت تصمیمات کمک نماید، با این حال، در مطالعات گذشته از این روش برای محاسبه وزن موقعیت‌های شغلی در فرایند انتصاب کارکنان استفاده نشده است.

با توجه به اینکه فرایند تخصیص کارکنان، مستلزم ارزیابی داوطلبان با توجه به معیارهای متنوعی، همچون: مهارت فنی، مهارت ارتباطی، ویژگی‌های شخصیتی و ... است، نوعی مسأله تصمیم‌گیری چند معیاره به شمار می‌رود. در بسیاری از مواقع، به دلیل وجود اطلاعات غیر دقیق، توصیف این معیارها با مقادیر عددی و کمی غیر ممکن است. علاوه بر این،

انگای<sup>۱۶</sup> و وات (۲۰۰۳) سیستم خبره‌ای توسعه دادند که از منطق فازی<sup>۱۷</sup> مبتنی بر معیارهای تطبیق برای انتخاب هتل استفاده می‌کردند. در مطالعات مذکور، وقتی سطح مهارت داوطلب، متجاوز از نیازمندی‌های موقعیت شغلی بود، درجه تطبیق بر اساس سطح مهارت داوطلب تعیین می‌گردید، در حالی که هوانگ و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از یک عملگر فازی، درجه تطبیق یکسانی را برای داوطلبانی که سطح مهارتی آنها متجاوز از نیازمندی‌های موقعیت شغلی است، در نظر می‌گرفتند.

مسأله تخصیص کارکنان، یک مسأله بهینه‌سازی ترکیبی و برنامه‌ریزی خطی کامل است (ترسلو<sup>۱۸</sup>، ۲۰۰۳؛ ترسلو و آرسلان‌گلو<sup>۱۹</sup>، ۲۰۰۷) که می‌تواند با استفاده از الگوریتم‌ها و روش‌های مختلفی حل شود. یکی از الگوریتم‌های شناخته شده برای حل مسأله انتصاب کارکنان، الگوریتم ژنتیک است که توسط برخی از محققان استفاده شده است (هررا و همکاران<sup>۲۰</sup>، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۱؛ ترسلو و آرسلان‌گلو، ۲۰۰۷). در مطالعه‌ای دیگر، هوانگ و همکاران (۲۰۰۹) مسأله تخصیص کارکنان را به صورت یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک دو هدفه در یک محیط فازی فرموله کرده و با استفاده از الگوریتم ابداعی، آن را حل نمودند. چند سال بعد، محققانی با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات<sup>۲۱</sup> به بهبود الگوریتم ابداعی ارائه شده توسط هوانگ و همکارانش پرداختند (لین و همکاران، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲). در مطالعه حاضر، مسأله تخصیص کارکنان به کمک یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک چند هدفه فرموله می‌شود، به نحوی که میزان تطبیق بین توانمندی‌های داوطلبان و نیازمندی‌های

موقعیت‌های شغلی، سطح رضایت داوطلبان و هزینه آموزشی آنها به طور همزمان مد نظر قرار می‌گیرد. علاوه بر این، به منظور تعیین ضریب تابع هدف مدله ارائه شده به روش ذیل عمل می‌شود: ابتدا با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی گروهی، وزن هر یک از موقعیت‌های شغلی تعیین می‌گردد. سپس به کمک یک روش پیشنهادی ادغامی متشکل از آنتروپی شانون<sup>۲۲</sup> و ضریب پراکندگی<sup>۲۳</sup>، وزن هر یک از معیارهای ارزیابی با توجه به موقعیت‌های شغلی مختلف محاسبه می‌گردد و نهایتاً برای تعیین درجه تطبیق بین توانمندی‌های داوطلبان و نیازمندی‌های موقعیت‌های شغلی، یک عملگر فازی استفاده می‌شود. پس از مدل کردن مسأله تخصیص، از یک سری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، همچون: ال.پی متریک<sup>۲۴</sup>، تابع مطلوبیت<sup>۲۵</sup>، ایده‌آل جا به جا شده<sup>۲۶</sup> و تاپسیس<sup>۲۷</sup>، برای حل مدل بهره گرفته می‌شود. به منظور تست و اجرای مدل پیشنهادی، اطلاعات پرسنلی مورد نیاز، از یک شرکت تولیدی در صنعت غذایی کشور اخذ گردیده است.

همان طور که مشاهده گردید، در بخش حاضر به تعریف مسأله تخصیص کارکنان و مرور مطالعات صورت گرفته در این حوزه پرداخته شد. بخش بعد، به ارائه و تشریح مدل پیشنهاد شده اختصاص یافته است و در بخش سوم روش‌های محاسبه وزن موقعیت‌های شغلی، معیارهای ارزیابی و درجه تطبیق ارائه می‌گردد. در بخش چهارم به ارائه روش‌های حل مدل پرداخته می‌شود و در بخش پنجم با ارائه یک مثال عددی مدل پیشنهادی ارزیابی می‌شود. نهایتاً در بخش ششم نتیجه‌گیری صورت گرفته، پیشنهادهایی برای مطالعات آینده ارائه می‌گردد.

و نشان‌دهنده اهمیت آن موقعیت شغلی در سازمان است. علاوه بر این، هر موقعیت شغلی دارای  $l$  معیار ارزیابی است که هر یک از این معیارها با نماد  $k$  نشان داده و توسط مدیران منابع انسانی سازمان تعریف می‌شوند. مجموع معیارهای ارزیابی مربوط به موقعیت شغلی  $j$  دارای وزنی است که با استفاده از بردار ستونی  $w^j$  مطابق معادله ۱۱ نشان داده می‌شود:

$$w^j = \begin{bmatrix} w_{1j} \\ w_{2j} \\ \vdots \\ w_{kj} \\ \vdots \\ w_{lj} \end{bmatrix}, \quad \forall j = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

به طوری که  $w_{kj}$  نشان دهنده وزن معیار ارزیابی  $k$  تحت موقعیت شغلی  $j$  است. در نهایت، ماتریس مقیاس تطبیقی  $P^j$  که میزان تطابق بین توانمندی‌های هر یک از داوطلبان و نیازمندی‌های موقعیت شغلی  $j$  را نشان می‌دهد، طبق معادله ۱۲ تعریف می‌شود:

$$P^j = [p_{ik}^j], \quad \forall j = 1, 2, \dots, m \quad (12)$$

که نماد  $p_{ik}^j$  نشان دهنده درجه تطابق داوطلب  $i$  با موقعیت شغلی  $j$  تحت معیار  $k$  است. در معادله ۶، پارامتر  $z_{ij}$  به شرح ذیل تعریف می‌شود:

$$z = \begin{cases} 1 & \text{اگر داوطلب } i \text{ موقعیت شغلی } j \text{ را به عنوان} \\ & \text{اولویت اول انتخاب کند} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases} \quad (13)$$

در معادله ۷، پارامتر  $r_{ij}$  درجه علاقه‌مندی داوطلب  $i$  به موقعیت شغلی  $j$  است که بیشترین درجه علاقه‌مندی با ارزش عددی ۱ مشخص می‌شود. برای نمونه، اگر ۵ موقعیت شغلی در فرایند تخصیص مد نظر باشد و داوطلبی موقعیت شغلی خاصی را با عدد

## مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح باینری چند هدفه<sup>۲۸</sup> پیشنهادی

مدل چند هدفه پیشنهادی به منظور تخصیص تعدادی داوطلب به تعداد کمتری موقعیت شغلی با هدف حداکثر سازی مجموع درجه تطابق بین توانمندی‌های داوطلبان و نیازمندی‌های موقعیت‌های شغلی (تابع هدف  $f_1$ )، حداکثر کردن تعداد داوطلبان راضی (تابع هدف  $f_2$ )، حداقل کردن میانگین ترجیحات داوطلبان (تابع هدف  $f_3$ ) و حداقل کردن هزینه آموزشی داوطلبان (تابع هدف  $f_4$ ) ارائه گردیده است. معادلات ۱، ۶، ۷ و ۸ توابع هدف و معادلات ۲، ۳ و ۴ محدودیت‌های این مدل را ارائه می‌دهند.

$$\text{Max } f_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m z_{ij} x_{ij} \quad (6)$$

$$\text{Min } f_3 = \left( \frac{1}{f_2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij} x_{ij} \right) \quad (7)$$

$$\text{Min } f_4 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \gamma_{ij} x_{ij} \quad (8)$$

در معادله ۱، پارامتر  $\alpha_{ij}$  عناصر ماتریس مقیاس‌های ترکیبی موزون  $A$  هستند که میزان تطابق موزون بین توانمندی‌های داوطلب  $i$  و نیازمندی‌های موقعیت شغلی  $j$  را مطابق معادله ۹ نشان می‌دهد.

$$A = [A_1 \dots A_j \dots A_m] = [\alpha_{ij}]_{n \times m} \quad (9)$$

ضمناً  $A_j$  طبق معادله ۱۰ تعریف می‌شود (هوانگ و همکاران، ۲۰۰۹):

$$(10)$$

در مسأله تخصیص کارکنان، هر موقعیت شغلی  $j$  دارای وزن اهمیتی است که با  $\beta_j$  نشان داده می‌شود

$$Cl^j = \begin{bmatrix} Cl_{1j} \\ Cl_{2j} \\ \vdots \\ Cl_{kj} \\ \vdots \\ Cl_{lj} \end{bmatrix}, \quad \forall j = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

به طوری که  $Cl_{kj}$  میزان هزینه آموزشی صرف شده برای ارتقای معیار  $k$  تحت موقعیت شغلی  $j$  است. همان‌طور که قبلاً اشاره گردید،  $p_{ik}^j$  نشان دهنده درجه تطبیق توانمندی‌های داوطلب  $i$  با موقعیت شغلی  $j$  تحت معیار  $k$  است. بنابراین، ماتریس  $q^j$  میزان عدم تطابق بین توانمندی‌های هر یک از داوطلبان و نیازمندی‌های موقعیت شغلی  $j$  را نشان می‌دهد که سازمان برای رفع این عدم تطابق، باید یک سری دوره آموزشی برگزار نماید. پارامتر اشاره شده از معادله ۱۷ قابل محاسبه است.

$$q^j = [1 - p_{ik}^j], \quad \forall j = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

در نهایت، محدودیت اول (معادله ۲) مدل حاکی از آن است که هر موقعیت شغلی فقط و فقط می‌تواند توسط یک داوطلب اشغال شود، درحالی که محدودیت دوم (معادله ۳) نشان می‌دهد که ممکن است برخی از داوطلبان به هیچ یک از موقعیت‌های شغلی تخصیص داده نشوند.

بدین ترتیب، مسأله انتصاب کارکنان به کمک یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح باینری چند هدفه فرموله گردید. در بخش بعد، روش محاسبه  $\beta_j$ ،  $w_{kj}$  و  $p_{ik}^j$  به تفسیر مورد بحث قرار خواهد گرفت.

۱ ارزش‌گذاری نماید، حاکی از آن است که آن موقعیت شغلی، اولویت اول داوطلب محسوب شده است، ولی اگر با عدد ۵ ارزش‌گذاری شده باشد، نشان دهنده آن است که داوطلب کمترین علاقه را به موقعیت شغلی مذکور داشته است. پارامترهای  $Z_{ij}$  و  $r_{ij}$  از طریق مصاحبه‌های اولیه با داوطلبان به دست می‌آید. شایان ذکر است که معادلات ۶ و ۷ به طور همزمان، در پی بالابردن سطح رضایت داوطلبان هستند؛ با این تفاوت که هدف اول در پی حداکثر نمودن تعداد داوطلبانی است که اولویت اول شغلی خود را انتخاب نموده‌اند و هدف دوم در پی حداقل نمودن میانگین ترجیحات داوطلبان است.

در معادله ۸، پارامتر  $\gamma_{ij}$  عناصر ماتریس هزینه آموزشی کل  $Y$  هستند که میزان هزینه آموزشی کل داوطلب  $i$  را تحت موقعیت شغلی  $j$  نشان می‌دهد:

$$Y = [Y_1 \dots Y_j \dots Y_m] = [\gamma_{ij}]_{n \times m} \quad (14)$$

که  $Y_j$  طبق معادله ۱۵ تعریف می‌شود:

$$Y_j = q^j \times Cl^j, \quad \forall j = 1, 2, \dots, m \quad (15)$$

در بسیاری از سازمان‌ها، پس از فرایند تخصیص یک سری دوره‌های آموزشی برای ارتقای توانایی‌های داوطلبان تخصیص داده شده و آماده‌سازی آنها در پذیرش موقعیت شغلی مربوطه برگزار می‌گردد که برای سازمان هزینه‌بر است. بردار ستونی  $Cl^j$  نشان دهنده هزینه آموزشی همه معیارهای مرتبط با موقعیت شغلی  $j$  است، که طبق معادله ۱۶ تعریف می‌شود:

جدول ۲. ماتریس مقایسات زوجی تجمعی

موقعیت های شغلی		برای $h$ تصمیم گیرنده	
موقعیت شغلی	$F$	..	$F$
	1	..	$\epsilon$
	$\vdots$		$\vdots$
	$g$	..	1
	$\vdots$		$\vdots$
	$g$	..	$g$
	$g$	..	$g$
	$g$	..	1

$$=E_j$$

نکته:  $g_{j'j} = 1/g_{jj'}$

سپس، عناصر ماتریس تصمیم نرمال شده  $N$  که با نماد  $N_{j'j}$  ارائه می‌گردد، طبق معادله ۱۹ تعریف می‌شود:

$$N_{j'j} = \frac{g_{j'j}}{\sum_{j=1}^m g_{j'j}}, \quad (19)$$

$$\forall j, j' = 1, 2, \dots, m$$

و نهایتاً وزن موقعیت شغلی  $j$  ( $\beta_j$ ) بر اساس معادله ۲۰ محاسبه می‌گردد:

$$\beta_j = \frac{N_{jj}}{\sum_{j=1}^m N_{jj}}, \quad \forall j = 1, 2, \dots, m \quad (20)$$

علاوه بر این، از یک روش ادغامی شامل آنتروپی شانون و ضریب پراکندگی برای محاسبه وزن معیار ارزیابی  $k$  تحت موقعیت شغلی  $j$  ( $w_{kj}$ ) استفاده می‌شود. ابتدا به تفکیک هر موقعیت شغلی، امتیازات مربوط به کارکنان فعلی سازمان که دارای عملکرد شغلی بالایی هستند، از پایگاه داده پرسنلی سازمان استخراج و ماتریس تصمیم آن شکل می‌گیرد (جدول ۳). کارکنان با نماد  $A$  نشان داده شده‌اند.

در دنیای واقعی، وقتی میانگین امتیازات تمامی کارکنانی که دارای عملکرد شغلی بالا هستند، بر اساس یکی از معیارهای ارزیابی بالاتر از حد متوسط باشد، گویای آن است که بالا بودن آن معیار برای فرد، بر بالا بودن عملکرد شغلی او اثر داشته است و

## یک روش ادغامی برای محاسبه پارامترهای حساس

مد

همان طور که در بخش ۱ اشاره شد، برای بهبود کیفیت تصمیمات، از روش تحلیل سلسله مراتبی گروهی ارائه شده توسط هوانگ و لین<sup>۲۹</sup> (۱۹۸۷) برای محاسبه وزن موقعیت شغلی  $j$  ( $\beta_j$ ) استفاده می‌شود. بر اساس این روش، ماتریس مقایسات زوجی  $E_j$  با ابعاد  $m \times m$  توسط تصمیم گیرنده  $t$  (فرض بر این است که  $h$  تصمیم گیرنده وجود دارد) ساختار بندی شده است. عناصر این ماتریس که با نماد  $e_{j'j}^t$  نشان داده می‌شود، اهمیت رابطه‌ای میان دو موقعیت شغلی را که مبتنی بر مقیاس ۱-۹ ساعتی (۱۹۸۰) است، ارائه می‌دهد (جدول ۱). در مرحله بعد، برای ادغام ماتریس مقایسات زوجی  $h$  تصمیم گیرنده و به دست آوردن ماتریس مقایسات زوجی تجمعی  $G_j$  از میانگین هندسی استفاده می‌شود (جدول ۲) که عناصر این ماتریس با نماد  $g_{j'j}$  (معادله ۱۸) نشان داده می‌شود.

$$g_{j'j} = \sqrt[h]{\prod_{t=1}^h e_{j'j}^t}, \quad (18)$$

$$\forall j, j' = 1, 2, \dots, m$$

جدول ۱. ماتریس مقایسات زوجی  $m$  موقعیت شغلی توسط

تصمیم گیرنده  $t$

موقعیت های شغلی		تصمیم گیرنده $t$	
موقعیت شغلی	$F$	..	$F$
	1	..	$\epsilon$
	$\vdots$		$\vdots$
	$e$	..	1
	$\vdots$		$\vdots$
	$e$	..	$\epsilon$
	$e$	..	1

$$=E_j$$

نکته:  $e_{j'j}^t = 1/e_{jj'}^t$

به طوری که  $CV_{kj}$  ضریب پراکندگی داده‌های مربوط به معیار ارزیابی  $k$  در موقعیت شغلی  $j$  است و توسط معادله ۲۲ محاسبه می‌شود. ضریب پراکندگی برای مقایسه پراکندگی دو جامعه، مخصوصاً هنگامی که میانگین آنها برابر نباشد، استفاده می‌شود (آذر و مومنی، ۳۰، ۱۳۷۵).

$$CV_{kj} = \frac{d_{kj}}{\mu_{kj}}, \quad (22)$$

$$\forall k = 1, \dots, l, j = 1, 2, \dots, m$$

میانگین داده‌های مربوط به هر معیار ارزیابی  $k$  در موقعیت شغلی  $j$  ( $\mu_{kj}$ ) طبق معادله ۲۳ محاسبه می‌شود:

$$\mu_{kj} = \frac{\sum_{a=1}^c b_{ak}^j}{c}, \quad (23)$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, l, j = 1, 2, \dots, m$$

حال با استفاده از روش آنتروپی شانون ارائه شده توسط هوانگ و یون<sup>۳۱</sup> (۱۹۸۱) انحراف معیار داده‌های مربوط به هر معیار ارزیابی  $k$  در موقعیت شغلی  $j$  ( $d_{jk}$ ) محاسبه می‌گردد.

$$d_{kj} = 1 - E_{kj}, \quad (24)$$

$$\forall k = 1, \dots, l, j = 1, 2, \dots, m$$

آنتروپی یک مفهوم عمده در علوم فیزیکی، اجتماعی و تئوری اطلاعات است؛ به طوری که نشان‌دهنده مقدار عدم اطمینان موجود از محتوای مورد انتظار اطلاعاتی از یک پیام است. به بیانی دیگر، آنتروپی در تئوری اطلاعات معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته ( $\rho$ )؛ به گونه‌ای که این عدم اطمینان

می‌توان نتیجه گرفت که اهمیت هر معیار با میانگین داده‌های مربوط به آن معیار، رابطه‌ای مستقیم دارد.

جدول ۳. امتیازات کارکنان فعلی سازمان با عملکرد

بالا، مربوط به موقعیت شغلی  $j$  ( $b_{ak}^j$ )

معیارها	مربوط به موقعیت شغلی $j$				
کارکنان فعلی سازمان	$c$	..	$c$	..	$c$
	$b$	..	$b$	..	$b$
	⋮		⋮		⋮
	$b$	..	$b$	..	$b$
	⋮		⋮		⋮
	$b$	..	$b$	..	$b$

البته، ذکر این نکته ضروری است که میانگین، به تنهایی تعیین‌کننده نیست، چرا که ممکن است دو معیار دارای میانگین یکسانی باشند، ولی پراکندگی داده‌های آنها متفاوت باشد. وقتی داده‌های مربوط به یکی از معیارها دارای پراکندگی بیشتری نسبت به دیگری باشد (البته با میانگین‌های یکسان)، به این معنی است که در ارتباط با آن معیار، کارکنان در هر صورت - چه با امتیاز بالا، چه متوسط و چه پایین دارای عملکرد بالا هستند و این امر حاکی از آن است که معیار با پراکندگی بیشتر، تاثیر کمتری در بالابودن عملکرد شغلی دارد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت، وزن هر معیار با انحراف معیار داده‌های مربوط به آن رابطه‌ای عکس دارد. با توجه به تحلیل فوق، وزن معیار ارزیابی  $k$  در موقعیت شغلی  $j$  به کمک معادله ۲۱ محاسبه می‌گردد.

$$w_{kj} = \frac{1}{CV_{kj}} \frac{1}{\sum_{k=1}^l \frac{1}{CV_{kj}}}, \quad (21)$$

$$\forall k = 1, \dots, l, j = 1, 2, \dots, m$$



در صورت پخش بودن توزیع، بیشتر از موردی است که توزیع فراوانی تیزتر است. این عدم اطمینان که با نماد  $E_{kj}$  نشان داده شده است، طبق معادله ۲۵ تعریف می‌شود:

$$E_{kj} = \frac{1}{Ln m} \sum_{a=1}^c [\rho_{ak}^j \cdot Ln \rho_{ak}^j], \quad (25)$$

$$\forall k = 1, \dots, l, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

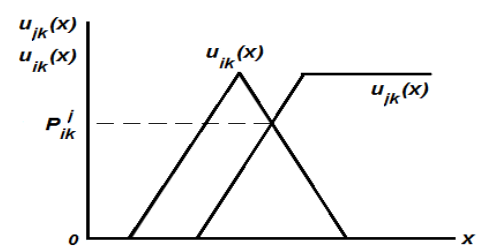
به طوری که  $\rho_{ak}^j$  ارزش نرمال شده  $b_{ak}^j$  بوده، بر اساس معادله ۲۶ تعریف می‌شود:

$$\rho_{ak}^j = \frac{b_{ak}^j}{\sum_{a=1}^c b_{ak}^j}, \quad (26)$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, l, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

از آنجایی که فرایند تخصیص کارکنان در برگیرنده ارزیابی داوطلبان مبتنی بر معیارهای زبانی است، برای اندازه‌گیری درجه تطبیق داوطلب  $i$  با موقعیت شغلی  $j$  تحت معیار  $k$  ( $p_{ik}^j$ ) از یک عملگر فازی ارائه شده توسط لطفی زاده طبق معادله ۲۷ استفاده می‌شود (رس ۲۰۰۴، ۳۳):

$$p_{ik}^j = \max \left( \min \left( u_{ik}(x), u_{jk}(x) \right) \right), \quad (27)$$

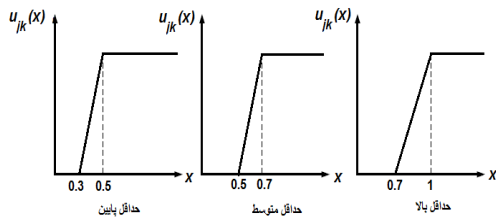
$$\forall i = 1, 2, \dots, n, \quad k = 1, 2, \dots, l, \quad j = 1, 2, \dots, m$$


شکل ۱. بالاترین تقاطع دو تابع عضویت  $u_{jk}(x)$  و  $u_{ik}(x)$

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود  $p_{ik}^j$  بالاترین نقطه اشتراک دو تابع عضویت  $u_{jk}(x)$  و  $u_{ik}(x)$

است.  $u_{jk}(x)$  است که در ادامه این توابع معرفی خواهند شد. در تحلیل تصمیمات زبانی، سه مرحله برای حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره زبانی پیشنهاد شده است (هررا و هررا ویدما<sup>۳۳</sup>، ۲۰۰۰): انتخاب مجموعه زبانی مناسب، انتخاب عملگر جمع‌آوری‌کننده اطلاعات زبانی و انتخاب بهترین گزینه‌ها. معمولاً ارزش عدد اصلی مجموعه‌های مورد استفاده در مدل‌های زبانی یک مقدار فرد است که این عدد میانی تقریباً با تخمین ۰,۵ ارائه می‌شود و بقیه ارزش‌ها حول این مقدار قرار می‌گیرند (بونیسون و دکر<sup>۳۴</sup>، ۱۹۸۶). مجموعه‌های زبانی می‌توانند با توابع عضویت ذوزنقه‌ای یا مثلثی نشان داده شوند (هررا و همکاران، ۱۹۹۶). هررا ویدما و همکاران<sup>۳۵</sup> (۲۰۰۵) بیان کردند تصمیم‌گیران، ترجیحات خود را با استفاده از مجموعه‌های زبانی با عدد اصلی ۵، ۷ و ۹ برای تخمین گزینه‌ها نشان می‌دهند. برای جمع‌آوری و مقایسه ارزش‌های زبانی، دو نگرش می‌تواند استفاده شود: محاسبات مستقیم روی معیارهای زبانی و پذیرش توابع عضویت ارائه شده توسط بسیاری از محققان. در مطالعه حاضر، از عدد اصلی ۵ برای بیان معیارهای زبانی استفاده شده است، زیرا دسته بندی واضح توانایی‌های هر داوطلب در پنج سطح، کافی است. علاوه بر این، از تابع عضویت مثلثی به علت سادگی و پذیرش زیاد آن در عمل، استفاده شده است. امتیازات داده شده به هر داوطلب، می‌تواند به عنوان متغیر زبانی  $T_1$  تعریف شود. پنج طیف زبانی متغیر  $T_1$  و اعداد فازی مثلثی مربوط به آنها طبق جدول ۴ دسته‌بندی شده‌اند (هوانگ و همکاران، ۲۰۰۹):

هر یک از سه تابع عضویت برای موقعیت شغلی  $j$  تحت معیار  $k$  با نماد  $u_{jk}(x)$  نشان داده شده است (شکل ۳).



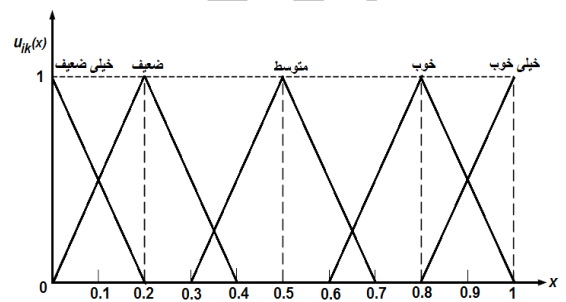
شکل ۳. سه تابع عضویت ارائه شده توسط سازمان برای مشخص کردن حداقل نیازمندی‌های هر موقعیت شغلی (هوانگ و همکاران، ۲۰۰۹)

در نهایت، برای اعتبارسنجی و اثبات مدل ارائه شده به دو طریق عمل گردید: یک روش، ارائه نتایج حاصل از حل مدل به مدیران و خبرگان حوزه منابع انسانی و اخذ تأییدیه از آنها بود. همان طور که مشاهده شد، در قسمت اهداف مدل، کلیه اهداف نظر واحد سنجش متفاوتند. هدف اول، میزان تطابق مهارت‌های کارکنان با موقعیت‌های شغلی، هدف دوم تعداد کارکنان راضی، هدف سوم میزان ترجیحات کارکنان نسبت به موقعیت‌های شغلی موجود در سازمان و هدف آخر میزان هزینه‌های آموزشی کارکنان را نشان می‌دهد. از طرفی، دو هدف اول و چهارم معیارهای سازمان و اهداف دوم و سوم معیارهای کارکنان را مورد توجه قرار داده است. بدین ترتیب برای اعتبار سنجی مدل، نتایج حاصل از حل مدل با استفاده از نرم افزار، به صورت دستی نیز در اهداف و محدودیت‌های مدل قرار گرفته و مقادیر چک شدند. نتایج حاکی از آن بود که خروجی‌های مدل با اهداف تطبیق داشته، در محدودیت‌ها صدق می‌کنند. شایان ذکر است، محدودیت‌های مدل ارائه

جدول ۴. پنج طیف زبانی متغیر  $T_1$  و اعداد فازی مثلثی مربوط به آنها

(۰,۸,۱,۱)	خیلی خوب
(۰,۶,۰,۸,۱)	خوب
(۰,۳,۰,۵,۰,۷)	متوسط
(۰,۰,۲,۰,۴)	ضعیف
(۰,۰,۰,۰,۲)	خیلی ضعیف

هر یک از پنج تابع عضویت برای داوطلب  $i$  تحت معیار  $k$  با نماد  $u_{ik}(x)$  نشان داده شده است (شکل ۲).



شکل ۲. پنج تابع عضویت برای امتیازبندی توانایی‌های هر یک از داوطلبان (هوانگ و همکاران، ۲۰۰۹)

از طرفی، برای هر موقعیت شغلی  $j$  تحت معیار  $k$  سه سطح حداقلی از نیازمندی‌ها، توسط خبرگان سازمان تعیین می‌گردد. این سطوح می‌توانند به عنوان یک متغیر زبانی  $T_2$  (بر اساس اعداد فازی شبه ذوزنقه‌ای) طبق جدول ۵ تعریف شوند (هوانگ و همکاران، ۲۰۰۹).

جدول ۵. سه طیف زبانی متغیر  $T_2$  و اعداد فازی شبه ذوزنقه‌ای مربوط به آنها

(۰,۷,۱,۱)	بالا
(۰,۵,۰,۷,۰,۷)	متوسط
(۰,۳,۰,۵,۰,۵)	پایین

اهداف به صورت بیشینه مد نظر است،  $x^*$  نشان دهنده راه حل ایده‌آل در بهینه‌سازی هدف  $y$  است.  $x$  بیانگر یک راه حل مفروض بوده و  $\theta_y$  نشان‌دهنده درجه اهمیت (وزن) برای هدف  $y$  با  $\theta_y > 0$  است. تابع سازگار ال.پی متریک به منظور حداقل کردن انحرافات از ایده‌آل باید کمینه شود. ارزش  $p$  مشخص‌کننده درجه تاکید به انحرافات موجود است؛ به گونه‌ای که هر چه این ارزش بزرگتر باشد، تأکید بیشتری بر بزرگترین انحرافات خواهد بود و اگر  $p = \infty$  شود، بدان مفهوم خواهد بود که بزرگترین انحراف از انحرافات موجود برای بهینه‌سازی، مدنظر واقع می‌گردد.

**روش تابع مطلوبیت.** مطلوبیت از یک هدف، مشخص‌کننده بیشترین درجه رضایت بخشی ممکن از آن هدف برای تصمیم‌گیرنده است و مطلوبیت کل  $D$ ، به عنوان میانگین هندسی مطلوبیت تک تک اهداف طبق معادله ۲۹ تعریف می‌شود:

$$D = (d(f_1(x)) \times d(f_2(x)) \times \dots \times d(f_z(x)))^{1/z} \quad (29)$$

که  $d(f_z(x))$  برای اهداف حداکثرسازی و حداقل-سازی به ترتیب به کمک معادله ۳۰ و ۳۱ به دست می‌آید:

$$d(f_y(x)) = \frac{f_y(1) - f_y(x)}{f_y(1) - f_y(0)}, \quad \forall y = 1, 2, \dots, z \quad (30)$$

$$d(f_y(x)) = \frac{f_y(x) - f_y(0)}{f_y(1) - f_y(0)}, \quad \forall y = 1, 2, \dots, z \quad (31)$$

شده، همان محدودیت‌های مدل تک هدفه کلاسیک بوده است.

### ۱- روش‌های حل مدل پیشنهادی

در این بخش، یک سری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای حل مدل چند هدفه پیشنهادی ارائه می‌گردد. هدف از ارائه این روش‌ها حداقل کردن انحراف توابع هدف موجود در این مدل نسبت به یک راه حل ایده‌آل است (اصغر پور، ۱۳۷۷). روش‌های ارائه شده در این مطالعه، به دو دسته تقسیم می‌شوند: دسته اول روش‌هایی هستند که به طور مستقیم به ارائه راه حل می‌پردازند، مانند روش ال.پی متریک و روش تابع مطلوبیت؛ دسته دوم روش‌هایی هستند که ابتدا با استفاده از سایر روش‌ها (ال.پی متریک و محدودیت‌های  $b_L$ )، راه حل‌های مؤثر را تعیین و سپس از بین راه حل‌های مؤثر، بهترین راه حل را به عنوان راه حل بهینه انتخاب می‌کنند، مانند روش ایده‌آل جا به جا شده و روش تاپسیس.

**روش ال.پی متریک:** فاصله متریک در روش‌های ال.پی متریک به منظور سنجش نزدیکی یک راه حل موجود نسبت به راه حل ایده‌آل مورد استفاده واقع می‌شوند. این سنجش از انحراف به صورت یک تابع سازگار طبق معادله ۲۸ خواهد بود (اصغر پور، ۱۳۷۷):

$$L_p = \left\{ \sum_{y=1}^z \theta_y \left( \frac{f_y(x^*) - f_y(x)}{f_y(x^*)} \right)^p \right\}^{\frac{1}{p}}, \quad \forall p \geq 1 \quad (28)$$

یک راه حل مؤثر همواره از حل مسأله زیر حاصل می‌شود (اصغریپور، ۱۳۷۷):

$$\max f_y(x) \quad , \quad \forall y = 1, 2, \dots, z \quad (32)$$

$$f_s(x) \geq b_{Ls} \quad (33)$$

$$\forall s = 1, 2, \dots, z, \quad s \neq y$$

گام بعدی، به دست آوردن راه حل‌های ایده آل از طریق حل توابع هدف به صورت تک‌هدفه است ( $F^* = (f_1^*, f_2^*, \dots, f_z^*)$ ). به علت وجود تضاد میان هر یک از اهداف در مسائل چندهدفه، راه حل ایده آل غیر عملی است، بنابراین، جستجوی یک راه حل سازشی، ضروری به نظر می‌رسد. در نتیجه، نیاز به محاسبه فاصله میان هر راه حل با نقطه ایده آل احساس می‌گردد. این درجه نزدیکی که با نماد  $d_y(\tilde{x}^T)$  نشان داده می‌شود، طبق معادله ۳۴ محاسبه می‌شود:

$$d_y(\tilde{x}^T) = \frac{f_y(\tilde{x}^T) - f_{yl}(\tilde{x}^T)}{f_y^*(\tilde{x}^T) - f_{yl}(\tilde{x}^T)} \quad (34)$$

$$\forall y = 1, 2, \dots, z, \quad T = 1, 2, \dots, k,$$

$$f_{yl}(\tilde{x}^T) = \min f_y(\tilde{x}^T), \quad (35)$$

$$\forall y = 1, 2, \dots, z, \quad T = 1, 2, \dots, k$$

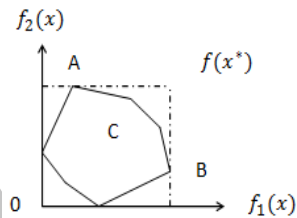
سپس  $d'_y(\tilde{x}^T)$  به کمک معادله ۳۶ تعریف می‌شود:

$$d'_y(\tilde{x}^T) = 1 - d_y(\tilde{x}^T), \quad (36)$$

$$\forall y = 1, 2, \dots, z, \quad T = 1, 2, \dots, k$$

که  $f_y(1)$  نشان‌دهنده حد بالا و  $f_y(0)$  نشان‌دهنده حد پایین هر یک از توابع هدف است (درینگر و سویچ، ۱۹۸۰).

ایده آل جا به جا شده. مفهوم ایده آل جا به جا شده، اولین بار توسط افرادی به نام‌های یو در سال ۱۹۷۳ و زلندی در سال ۱۹۷۳ به طور همزمان پیشنهاد شد (رومرو و رحمان<sup>۳۶</sup>، ۱۹۸۹). روش ایده آل جا به جا شده در شکل ۴ برای دو تابع هدف تشریح گردیده است (اصغریپور<sup>۳۷</sup>، ۱۳۷۷):



شکل ۴. تشریح روش ایده آل جا به جا شده

راه حل ایده آل در نقطه حدی  $f(x^*)$  است، ولی برای فضای مسأله مفروض، عملی نیست. مجموعه راه حل‌های مؤثر از مسأله مفروض شامل کلیه نقاط واقع بر اضلاع موجود از A تا B می‌گردد، اما کاهش آن مجموعه به یک زیر مجموعه (C) موجب داشتن نقاط با کمترین فاصله از نقطه ایده آل می‌گردد.

اولین گام در این روش به دست آوردن یک مجموعه راه حل مؤثر  $\tilde{x}^T$  ( $T = 1, 2, \dots, q$ ) است. یکی از روش‌هایی که می‌توان به کمک آن راه حل‌های مؤثر را به دست آورد، روش ال‌پی متریک است که در قسمت قبل به آن پرداخته شد. روش دیگر، روش مربوط به محدودیت‌های  $b_L$  است. اگر حداقل مجاز از سطوح تمایل ( $b_L$ ) برای  $z - 1$  هدف از  $z$  هدف موجود مشخص شده باشد،

$$D = \begin{matrix} & F & \dots & l & \dots & F \\ A & \left[ \begin{array}{cccc} f_1 & \dots & j & \dots & f_j \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_i & \dots & f & \dots & f_i \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_1 & \dots & f_1 & \dots & f_1 \end{array} \right. \end{matrix} \quad (39)$$

به طوری که  $A_p$  و  $F_q$  به ترتیب نشان‌دهنده گزینه‌ها (راه حل‌های مؤثر) و شاخص‌ها (توابع هدف) است و مقدار تابع هدف  $q$  با توجه به راه حل مؤثر  $p$  با نماد  $f_{pq}$  مشخص می‌گردد. در مرحله بعد، ماتریس تصمیم نرمال شده  $R$  ( $[r_{pq}]$ ) محاسبه می‌گردد که عناصر این ماتریس به کمک معادله ۴۰ به دست می‌آید:

$$r_{pq} = \frac{f_{pq}}{\sqrt{\sum_{p=1}^m f_{pq}^2}} \quad (40)$$

$$\forall q = 1, 2, \dots, n, \quad p = 1, 2, \dots, m$$

از طرفی، به کمک روش آنتروپی شانون وزن هر یک از شاخص‌ها ( $w_q$ ) طبق معادلات ۴۱ تا ۴۴ محاسبه می‌گردد:

$$\rho_{pq} = \frac{f_{pq}}{\sum_{p=1}^m f_{pq}} \quad (41)$$

$$\forall q = 1, 2, \dots, n, \quad p = 1, 2, \dots, m$$

$$E_q = -\frac{1}{\ln m} \sum_{p=1}^m (\rho_{pq} \times \ln(\rho_{pq})) \quad (42)$$

$$\forall q = 1, 2, \dots, n$$

$$d_q = 1 - E_q \quad \forall q = 1, 2, \dots, n \quad (43)$$

$$w_q = \frac{d_q}{\sum d_q} \quad \forall q = 1, 2, \dots, n \quad (44)$$

در این مرحله عناصر ماتریس تصمیم نرمال شده وزین ( $v_{pq}$ ) طبق معادله ۴۵ محاسبه می‌گردد:

در گام بعد، دسته‌ای از ال.پی متریک به قرار زیر تعریف می‌شود:

$$L_p(\tilde{x}^T) = \left\{ \sum_{y=1}^z (d'_y(\tilde{x}^T))^p \right\}^{\frac{1}{p}} \quad (37)$$

$$\forall p \geq 1, \quad T = 1, 2, \dots, k$$

در نهایت، با حداقل سازی ال.پی متریک‌ها به ازای  $\tilde{x}^T$  خواهیم داشت:

$$\min L_p(\tilde{x}^T) = L_p(\tilde{x}), \quad \forall \tilde{x}^T \in N \quad (38)$$

به طوری که  $\tilde{x}$  به عنوان یک راه حل سازشی پذیرفته می‌شود (اصغر پور، ۱۳۷۷).

**روش تاپسیس:** روش تاپسیس اولین بار توسط هوانگ و یون (۱۹۸۱) توسعه یافت. بر اساس این تکنیک، بهترین گزینه، نزدیکترین به راه حل ایده‌آل مثبت و دورترین به راه حل ایده‌آل منفی است (ارتوگرو و کاراکاسوگلو<sup>۳۸</sup>، ۲۰۰۷). راه حل ایده‌آل مثبت، راه حلی است که معیارهای سودآور را حداکثر و معیارهای هزینه‌بر را حداقل می‌کند، در حالی که راه حل ایده‌آل منفی عکس مورد قبل عمل می‌کند؛ یعنی معیارهای سودآور را حداقل و معیارهای هزینه بر را حداکثر می‌کند (وانگ و الهاگ<sup>۳۹</sup>، ۲۰۰۶). روش تاپسیس شامل مراحل به شرح ذیل است (شیور و شی<sup>۴۰</sup>، ۲۰۰۶):

ابتدا یک ماتریس تصمیم برای رتبه‌بندی، ساختار بندی می‌شود که به قرار زیر است:

### ۱- مثال عددی و مطالعه موردی

هدف از ارائه این مثال عددی، نشان دادن امکان-پذیری مدل پیشنهادی در دنیای واقعی است. شرکت مورد مطالعه، یکی از بزرگترین شرکت‌های تولید کننده در صنعت غذایی کشور است. مدیران منابع انسانی این شرکت، در صدد تخصیص تعدادی داوطلب به پنج موقعیت شغلی، شامل تولید ( $P_1$ )، فروش ( $P_2$ )، خرید ( $P_3$ )، فنی ( $P_4$ ) و اداری ( $P_5$ ) هستند؛ به گونه ای که هر موقعیت شغلی فقط و فقط توسط یک نفر اداره گردد و هر داوطلب حداکثر به یک موقعیت شغلی تخصیص داده شود. در مرحله مقدماتی (مصاحبه‌های اولیه) از میان داوطلبان متقاضی استخدام، ده نفر به مرحله انتصاب راه پیدا کرده‌اند. شایان ذکر است هر موقعیت شغلی دارای پنج معیار، برای ارزیابی داوطلبان است که عبارتند از: مهارت فنی ( $Cr_1$ )، مهارت ارتباطی ( $Cr_2$ )، مهارت ادراکی ( $Cr_3$ )، تجربه کاری ( $Cr_4$ ) و ویژگی‌های شخصیتی ( $Cr_5$ ). جدول ۶ امتیازات داوطلبان را برای هر یک از معیارهای ارزیابی نشان می‌دهد که از طریق مصاحبه به دست آمده‌اند. از طرفی، حداقل سطح معیارهای ارزیابی با توجه به موقعیت‌های شغلی و هزینه‌های آموزشی هر معیار ارزیابی، که توسط مدیران منابع انسانی شرکت مورد مطالعه تعیین شده، به ترتیب در جدول ۷ و ۸ نشان داده شده است.

به منظور مدل کردن مسأله انتصاب کارکنان در یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح باینری چند هدفه، باید ضریب توابع هدف ( $\alpha_{ij}$ ،  $z_{ij}$ ،  $r_{ij}$  و  $\gamma_{ij}$ ) را به دست آوریم.

$$v_{pq} = w_q \times r_{pq} \quad (45)$$

$$\forall q = 1, 2, \dots, n, \quad p = 1, 2, \dots, m$$

سپس راه حل ایده آل مثبت ( $V^+$ ) و راه حل ایده آل منفی ( $V^-$ ) به قرار زیر تعیین می‌شود:

$$V^+ = \{V_1^+, V_2^+, \dots, V_n^+\} \quad (46)$$

$$= \{(\max\{v_{pq}\} | q \in Q), (\min\{v_{pq}\} | q \in Q')\}$$

$$V^- = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_n^-\} \quad (47)$$

$$= \{(\min\{v_{pq}\} | q \in Q), (\max\{v_{pq}\} | q \in Q')\}$$

به طوری که  $Q$  مربوط به معیارهای سودآور و  $Q'$  مربوط به معیارهای هزینه بر است. در مرحله بعد میزان فاصله هر گزینه از راه حل ایده‌آل مثبت و منفی طبق معادله ۴۸ و ۴۹ محاسبه می‌گردد:

$$D_p^+ = \sqrt{\sum_{q=1}^n (v_{pq} - v_q^+)^2}, \quad (48)$$

$$\forall p = 1, 2, \dots, m$$

$$D_p^- = \sqrt{\sum_{q=1}^n (v_{pq} - v_q^-)^2}, \quad (49)$$

$$\forall p = 1, 2, \dots, m$$

در نهایت، با محاسبه میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده آل ( $C_p$ ) که به کمک معادله ۵۰ به دست می‌آید، می‌توان گزینه‌ها را رتبه‌بندی و بهترین گزینه را تعیین کرد. شایان ذکر است مقدار  $C_p$  بین صفر و یک است؛ به گونه ای که هر چه مقدار  $C_p$  به یک نزدیکتر باشد، گزینه مورد نظر به جواب ایده آل نزدیکتر بوده و در نتیجه گزینه بهتری است.

$$C_p = \frac{D_p^-}{D_p^- + D_p^+}, \quad \forall p = 1, 2, \dots, m \quad (50)$$

جدول ۶. امتیازات ده داوطلب تحت هر یک از

معیارهای ارزیابی

داوطلبان	معیارهای ارزیابی				
	$Cr_1$	$Cr_2$	$Cr_3$	$Cr_4$	$Cr_5$
$C_1$	متوسط	متوسط	خوب	خوب	متوسط
$C_2$	متوسط	متوسط	خوب	خوب	ضعیف
$C_3$	ضعیف	خوب	خیلی ضعیف	خوب	خوب
$C_4$	متوسط	خوب	خوب	متوسط	متوسط
$C_5$	متوسط	خوب	متوسط	خوب	متوسط
$C_6$	خیلی خوب	ضعیف	خوب	متوسط	خوب
$C_7$	خوب	ضعیف	خوب	ضعیف	خیلی خوب
$C_8$	خوب	خوب	خوب	خوب	ضعیف
$C_9$	خوب	خوب	متوسط	متوسط	متوسط
$C_{10}$	خیلی خوب	خوب	متوسط	خوب	متوسط

می‌گردد. ماتریس مقایسات زوجی موقعیت‌های شغلی، ارائه شده توسط تصمیم گیرنده  $t$  و ماتریس مقایسات زوجی تجمعی، از طریق معادله ۱۸ ارائه می‌گردد. جدول ۹ وزن موقعیت‌های شغلی که با استفاده از معادله ۱۹ و ۲۰ محاسبه شده را نشان می‌دهد.

جدول ۹. وزن موقعیت‌های شغلی ( $\beta_j$ )

$\beta$	۰,۴۳۰۵	۰,۲۷۴۹	۰,۱۲۹۶	۰,۱۱۴۰	۰,۰۵۰۹

سپس به کمک تحلیل داده‌های پرسنلی موجود در پایگاه داده شرکت، وزن معیار ارزیابی  $k$  در موقعیت شغلی  $j$  از طریق معادلات ۲۱ تا ۲۶ محاسبه می‌گردد که در جدول ۱۰ ارائه گردیده است.

جدول ۱۰. وزن معیار ارزیابی  $k$  در موقعیت شغلی

$(w_{kj})_j$

$w_{kj}$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$
$Cr_1$	۰,۲۸۵	۰,۱۵۶	۰,۱۲۹	۰,۷۰۲	۰,۰۶۷
$Cr_2$	۰,۰۳۸	۰,۱۴۳	۰,۱۹۰	۰,۰۱۵	۰,۲۷۶
$Cr_3$	۰,۰۹۶	۰,۲۲۹	۰,۱۱۲	۰,۰۳۰	۰,۳۳۷
$Cr_4$	۰,۰۵۵	۰,۱۸۸	۰,۱۳۸	۰,۰۴۱	۰,۰۴۲
$Cr_5$	۰,۰۲۴	۰,۲۸۱	۰,۴۲۸	۰,۲۰۹	۰,۲۷۶

در مرحله بعد، درجه تطبیق میان داوطلب  $i$  و موقعیت شغلی  $j$  تحت معیار  $k$  ( $p_{ik}^j$ ) به کمک معادله ۲۷ محاسبه می‌شود. بدین ترتیب، ضریب تابع هدف اول ( $\alpha_{ij}$ ) با استفاده از معادلات ۹ تا ۱۲ و ضریب تابع هدف چهارم ( $\gamma_{ij}$ ) به کمک معادلات ۱۴ تا ۱۷ محاسبه می‌گردد.

از طرفی دیگر، به منظور تعیین ضریب تابع هدف دوم ( $Z_{ij}$ ) و سوم ( $r_{ij}$ )، از داوطلبان تقاضا شده

جدول ۷. حداقل سطح معیارهای ارزیابی با توجه

به موقعیت‌های شغلی

معیارهای ارزیابی	موقعیت‌های شغلی				
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$
$Cr_1$	بالا	بالا	بالا	بالا	بالا
$Cr_2$	متوسط	متوسط	بالا	متوسط	متوسط
$Cr_3$	بالا	متوسط	متوسط	متوسط	بالا
$Cr_4$	متوسط	پایین	متوسط	متوسط	متوسط
$Cr_5$	بالا	متوسط	بالا	متوسط	متوسط

جدول ۸. هزینه آموزشی هر یک از معیارهای

ارزیابی

هزینه‌های آموزشی	$Cl_1$	$Cl_2$	$Cl_3$	$Cl_4$	$Cl_5$
مقادیر	۴۰۰	۳۵۰	۵۰۰	۲۵۰	۴۵۰

بنابراین، ابتدا با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی گروهی وزن موقعیت‌های شغلی محاسبه

موقعیت‌های شغلی را بر حسب علاقه‌مندی خود اولویت‌بندی نمایند (جدول ۱۱).

جدول ۱۱. رتبه ترجیحی ارائه شده توسط داوطلب

$i$  به موقعیت شغلی  $j$  ( $r_{ij}$ )

داوطلبان	موقعیت‌های شغلی				
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$
$C_1$	۱	۵	۴	۲	۳
$C_2$	۵	۲	۳	۴	۱
$C_3$	۳	۲	۴	۱	۵
$C_4$	۴	۳	۲	۵	۱
$C_5$	۲	۵	۱	۳	۴
$C_6$	۱	۴	۳	۵	۲
$C_7$	۵	۱	۲	۳	۴
$C_8$	۳	۴	۵	۱	۲
$C_9$	۲	۱	۵	۴	۳
$C_{10}$	۴	۵	۱	۲	۳

حال مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح باینری چند هدفه به شرح ذیل ارائه می‌گردد:

$$\max f_1 = \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^5 \alpha_{ij} x_{ij}$$

$$\max f_2 = \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^5 z_{ij} x_{ij}$$

$$\min f_3 = \frac{1}{f_2} \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^5 r_{ij} x_{ij}$$

$$\min f_4 = \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^5 \gamma_{ij} x_{ij}$$

S.t:

$$\sum_{i=1}^{10} x_{ij} = 1, \quad \forall j = 1, \dots, 5$$

$$\sum_{j=1}^5 x_{ij} \leq 1, \quad \forall i = 1, \dots, 10$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}$$

پس از ارائه مدل به بررسی روش‌های حل آن می‌پردازیم. با استفاده از روش ال. پی متریک (با  $p$  های مختلف)، نتیجه نهایی انتصاب طبق جدول ۱۲ ارائه می‌گردد.

جدول ۱۲. نتیجه نهایی انتصاب با استفاده از

روش ال. پی. متریک

موقعیت شغلی $j$	تخصیص‌های صورت گرفته				
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$
داوطلب $i$ ( $p = 1$ )	$C_6$	$C_9$	$C_{10}$	$C_8$	$C_4$
داوطلب $i$ ( $p > 1$ )	$C_7$	$C_4$	$C_3$	$C_{10}$	$C_6$

با استفاده از روش تابع مطلوبیت نتیجه نهایی انتصاب در جدول ۱۳ نشان داده شده است.

جدول ۱۳. نتیجه نهایی انتصاب با استفاده از روش

تابع مطلوبیت

موقعیت شغلی $j$	تخصیص‌های صورت گرفته				
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$
داوطلب $i$	$C_6$	$C_9$	$C_{10}$	$C_8$	$C_4$

طبق روش ایده آل جا به جا شده، ابتدا توابع هدف، ماکزیمم شده و مقادیر آنها ( $f_4, f_3, f_2, f_1$ ) برای مجموعه‌ای از راه‌های مؤثر محاسبه می‌گردد. سپس به کمک معادلات ۳۴ تا ۳۶، متمم درجه نزدیکی  $d'_y$  محاسبه می‌شود. به منظور اندازه‌گیری فاصله میان هر راه حل و ایده آل آن از ال. پی متریک استفاده می‌گردد. در نهایت، گزینه‌ای با پایین‌ترین ارزش ال. پی، بهترین راه حل خواهد بود، زیرا این راه حل نزدیکترین به ایده آل آن است. بنابراین، نتیجه نهایی انتصاب با استفاده از روش ایده آل جا به جا شده طبق جدول ۱۴ است.



جدول ۱۴. نتیجه نهایی انتصاب با استفاده از روش ایده آل جا به جا شده

تخصیص های صورت گرفته					
موقعیت شغلی $j$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$
داوطلب $i$	$C_6$	$C_9$	$C_7$	$C_8$	$C_4$

شاخص‌ها در نظر گرفته و بدین ترتیب راه حل ایده آل مثبت و منفی محاسبه می‌شود. در مرحله بعد، میزان فاصله هر گزینه از راه حل ایده آل مثبت و منفی محاسبه می‌شود و در نهایت، میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده آل ( $C_p$ ) طبق معادله ۵۰ محاسبه می‌گردد (جدول ۱۵).

در روش تاپسیس مجموعه راه حل‌های مؤثر به عنوان گزینه‌ها و توابع هدف  $f_4, f_3, f_2, f_1$  به عنوان

جدول ۱۵. میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده آل ( $C_p$ )

حل مسئله	حل مسئله	حل مسئله	حل مسئله	حل مسئله	حل مسئله	حل مسئله	حل مسئله	حل مسئله	حل مسئله
با روش محدودیت $b_L$	با روش محدودیت $b_L$	با روش محدودیت $b_L$	با روش محدودیت $b_L$	با روش محدودیت $b_L$	با روش محدودیت $b_L$	با روش محدودیت $b_L$	با روش محدودیت $b_L$	با روش محدودیت $b_L$	با روش محدودیت $b_L$
ال. پی متریک ( $p=4$ )	ال. پی متریک ( $p=1$ )	تک هدفه	تک هدفه	تک هدفه	تک هدفه	تک هدفه	تک هدفه	تک هدفه	تک هدفه
۰,۹۸۴	۰,۹۹۸	۰,۹۹۸	۰,۹۸۴	۰,۰۰۴	۰,۹۹۸	۰,۰۰۳	۰,۹۹۴	۰,۹۹۴	۰,۹۴۱
$C_p$									

طبق روش تاپسیس، گزینه‌ای به عنوان راه حل نهایی انتخاب می‌شود که دارای بالاترین ارزش  $C_p$  باشد. جدول ۱۶ نتیجه نهایی انتصاب بر اساس روش تاپسیس را نشان می‌دهد.

نتیجه گیری و پیشنهادهایی برای مطالعات آینده

در مقاله حاضر، مسئله تخصیص کارکنان به کمک یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک چند هدفه فرموله شد؛ به گونه‌ای که در آن اهدافی چون رضایت داوطلبان و هزینه‌های آموزشی آنها به مدل تک هدفه کلاسیک در مطالعات پیشین، اضافه گردید. هدف از ارائه این مدل، کاهش نرخ جا به جایی کارکنان و هزینه‌های سازمان علاوه بر تطبیق مناسب

جدول ۱۶. نتیجه نهایی انتصاب با استفاده از روش تاپسیس

تخصیص های صورت گرفته					
موقعیت شغلی $j$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$
داوطلب $i$	$C_6$	$C_9$	$C_{10}$	$C_8$	$C_4$

مقایسه نتایج به دست آمده از چهار روش ال. پی متریک، تابع مطلوبیت، ایده آل جا به جاشده و

تصمیم برای کمک به مدیران و تصمیم‌گیران، پیاده‌سازی گردد. همچنین، پیشنهاد می‌گردد این مدل به کمک الگوریتم ژنتیک و الگوریتم ابداعی ارائه شده توسط هوانگ و همکارانش در سال ۲۰۰۹ نیز حل شود و با روش‌های حل مدل که در این مقاله ارائه شده، مقایسه و تحلیل گردد.

#### منابع:

- Asgharpour, M. (1377). "Multiple criteria decision making". Tehran University: Tehran.
- Azar, A., & Momeny, M. (1375). "Statistics and its application in management". The Organization for Researching and Composing University Textbooks in the Humanities (SAMT): Tehran.
- Bonissone, P.P., & Decker, K.S. (1986). "Selecting uncertainty calculi and granularity: An experiment in trading-off precision and complexity". In L. H. Kanal and J. F. Lemmer (Eds.), *Uncertainty in artificial intelligence*, Amsterdam: North-Holland.
- Celik, M., Kandakoglu, A., & Er, I.D. (2009). "Structuring fuzzy integrated multi-stages evaluation model on academic personnel recruitment in MET institutions". *Expert Systems with Applications*, 6918–6927.
- Derringer, G., & Suich, R. (1980). "Simultaneous optimization of several response variables". *Journal of Quality Technology*, 214–219.
- Ertugrul, I., & Karakasoglu, N. (2007). "Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods". *Expert Systems with Applications*, in press.
- Gungora, Z., Serhadlioglu, G., & Kesen, S.E. (2009). "A fuzzy AHP approach to personnel selection problem". *Applied Soft Computing*, 641–646.
- Herrera Viedma, E., Martinez, L., Mataand, F., & Chiclana, F. (2005). "A consensus

میان توانایی‌های داوطلبان و نیازمندی‌های موقعیت‌های شغلی است که در مطالعات گذشته به ندرت به آن پرداخته شده است. علاوه بر این، با الهام گرفتن از مفاهیم پایگاه داده و کشف دانش و با استفاده از یک سری تکنیک‌های آماری (آنتروپی شانون، ضریب پراکندگی)، داده‌های پرسنلی موجود در پایگاه داده سازمان برای تعیین وزن معیارهای ارزیابی، تحلیل شدند، در حالی که در تحقیقات گذشته از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره که مبتنی بر نظرات شخصی خبرگان بود، تعیین وزن معیارهای ارزیابی استفاده می‌گردید.

مزیت مدل پیشنهادی نسبت به روش سنتی به کار رفته در شرکت مورد مطالعه، استفاده از یک مدل علمی برای تخصیص کارکنان به موقعیت‌های شغلی است. در روش سنتی فرایند تخصیص کاملاً بر اساس تجربه و قضاوت‌های شخصی و غیر علمی تصمیم‌گیران بوده است. از طرفی، تطبیق مناسب میان مهارت‌های کارکنان با موقعیت‌های شغلی به عنوان تنها هدف تصمیم‌گیران در فرایند تخصیص مد نظر قرار می‌گرفت، در حالی که مدل پیشنهادی با بهره‌گیری از مدل‌های ریاضی و در نظر گرفتن اهدافی دیگر، همچون افزایش رضایت کارکنان و کاهش هزینه‌های آموزشی در کنار تطبیق مناسب میان مهارت‌های کارکنان با موقعیت‌های شغلی، باعث منطقی‌تر نمودن تصمیمات تصمیم‌گیران در این حوزه شده است.

از آنجایی که مدل ارائه شده در این پژوهش، جامع و در برگیرنده اهداف مهم در حوزه تخصیص کارکنان به موقعیت‌های شغلی بوده است، پیشنهاد می‌گردد این مدل در قالب یک سیستم پشتیبان

- two-sided matching based decision support system for military personnel assignment". *Information Sciences*, 2915–2927.
- Korvin, A. D., Shipley, M. F., & Kleyle, R. (2002). "Utilizing fuzzy compatibility of skill for selection in multi-phase projects". *Journal of Engineering and Technology Management*, 307–319.
- Lin, H. (2009). "A job placement intervention using fuzzy approach for two-way choice". *Expert Systems with Applications*, 2543–2553.
- Lin, H. (2010). "Personnel selection using analytic network process and fuzzy data envelopment analysis approaches". *Computers & Industrial Engineering*, 937–944.
- Lin, S.Y., Horng, S.J., Kao, T.W., Fahn, C.S., Huang, D.K., Run, R.S., Wang, Y.R., & Kuo, I.H. (2012). "Solving the bi-objective personnel assignment problem using particle swarm optimization". *Applied Soft Computing*, 2840–2845.
- Lin, S.H., Horng, S., Kao, T., Huang, D., Fahn, C., Lai, J., Chen, R., & Kuo, I. (2010). "An efficient bi-objective personnel assignment algorithm based on a hybrid particle swarm optimization model". *Expert Systems with Applications*, 7825–7830.
- Marakas, G.M. (1999). "Decision Support Systems in the 21st Century". Prentice-Hall, Upper Saddle River, N.J.
- Ngai, E. W. T., & Wat, F. K. T. (2003). "Design and development of a fuzzy expert system for hotel selection". *Omega*, 275–286.
- Romero, C., & Rehman, T. (1989). "Multiple criteria analysis for agricultural decisions". Library of congress cataloging publication data.
- Ross, T.J. (2004). "Fuzzy logic with engineering applications". John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England.
- Saaty, T. L. (1980). "The analytic hierarchy process". New York: McGraw-Hill.
- support system model for group decision-making problems with multi-granular linguistic preference relations". *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 644–658.
- Herrera, F., & Herrera Viedma, E. (2000). "Linguistic decision analysis, Steps for solving decision problems under linguistic information". *Fuzzy Sets and Systems*, 67–82.
- Herrera, F., Lopez, E., Mendana, C., & Rodriguez, M.A. (1999). "Solving an assignment-selection problem with verbal information and using genetic algorithms". *European Journal of Operational Research*, 326–337.
- Herrera, F., Lopez, E., Mendana, C., & Rodriguez, M.A. (2001). "A linguistic decision model for personnel management solved with a linguistic bi-objective genetic algorithm". *Fuzzy Sets and Systems*, 47–64.
- Huang, D., Chiu, H., Yehand, R., & Chang, J. (2009). "A fuzzy multi-criteria decision making approach for solving a bi-objective personnel assignment problem". *Computers & Industrial Engineering*, 1–10.
- Huang, L.C., Huang, K.S., Huang, H.P., & Jaw, B.S. (2004). "Applying fuzzy neural network in human resource selection system". *IEEE*.
- Huang, M., Tsou, Y., & Lee, S. (2006). "Integrating fuzzy data mining and fuzzy artificial neural networks for discovering implicit knowledge". *Knowledge-Based Systems*, 396–403.
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). "Multiple attribute decision making: Methods and applications, a state of the art survey". Springer-Verlag, New York.
- Hwang, C.L., & Lin, M.J. (1987). "Group Decision Making under Multiple Criteria". Springer-Verlag, Berlin.
- Kabak, M., Burmaoglu, S., & Kazancoglu, Y. (2012). "A fuzzy hybrid MCDM approach for professional selection". *Expert Systems with Applications*, 3516–3525.
- Korkmaz, I., Gokcen, H., & Cetinyokus, T. (2008). "An analytic hierarchy process and

پا نوشت:

- <sup>1</sup> Kabak et al
- <sup>2</sup> Korkmaz et al
- <sup>3</sup> Huang et al
- <sup>4</sup> Lin et al
- <sup>5</sup> Lin
- <sup>6</sup> Analytic hierarchy process (AHP)
- <sup>7</sup> Analytic network process (ANP)
- <sup>8</sup> Saaty
- <sup>9</sup> Marakas
- <sup>10</sup> Group analytic hierarchy process (GAHP)
- <sup>11</sup> Multi-criteria decision making (MCDM)
- <sup>12</sup> Gungora et al
- <sup>13</sup> Celik et al
- <sup>14</sup> Shahhosseini & Sebt
- <sup>15</sup> Korvin et al
- <sup>16</sup> Ngai & Wat
- <sup>17</sup> Fuzzy logic
- <sup>18</sup> Toroslu
- <sup>19</sup> Torosluand & Arslanoglu
- <sup>20</sup> Herrera et al
- <sup>21</sup> Particle swarm optimization (PSO) algorithm
- <sup>22</sup> Shannon entropy
- <sup>23</sup> Coefficient of variation
- <sup>24</sup>  $L_p$  Metric
- <sup>25</sup> Desirability function
- <sup>26</sup> Displaced ideal
- <sup>27</sup> Technique for order performance by similarity to ideal solution (TOPSIS)
- <sup>28</sup> Multi-Objective binary Integer Programming
- <sup>29</sup> Hwang & Lin
- <sup>30</sup> Azar & Momeny
- <sup>31</sup> Hwang & Yoon
- <sup>32</sup> Ross
- <sup>33</sup> Herrera & Herrera Viedma
- <sup>34</sup> Bonissone & Decker
- <sup>35</sup> Herrera Viedma et al
- <sup>36</sup> Romero & Rehman
- <sup>37</sup> Asgharpour
- <sup>38</sup> Ertugrul & Karakasoglu
- <sup>39</sup> Wang & Elhag
- <sup>40</sup> Shyur & Shih

Saaty, T. L. (1996). "Decision making with dependence and feedback: The analytic network process". RWS Pub.,Pittsburgh.

Shahhosseini, V., Sebt, M.H. (2011). "Competency-based selection and assignment of human resources to construction projects". *ScientiaIranica A*, 163–180.

Shyur, H.J., & Shih, H.S. (2006). "A hybrid MCDM model for strategic vendor selection". *Mathematical and Computer Modeling*, 749–761.

Toroslu, I. H. (2003). "Personnel assignment problem with hierarchical ordering constraints". *Computers & Industrial Engineering*, 493–510.

Torosluand, I. H., & Arslanoglu, Y. (2007). "Genetic algorithm for the personnel assignment problem with multiple objectives". *Information Sciences*, 787–803.

Wang, Y.M., & Elhag, T.M.S. (2006). "Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment". *Expert Systems with Applications*, 309–319.