

# ارایه یک روش جدید سلسله‌مراتبی گروهی با استفاده از مدل رای‌گیری ترجیحی

مهدی سلطانی‌فر\*

۱- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان، گروه علوم پایه، سمنان، ایران

رسید مقاله: ۲۶ بهمن ۱۳۹۵

پذیرش مقاله: ۵ تیر ۱۳۹۶

## چکیده

انتخاب گزینه‌های مناسب برای استفاده بهینه از منابع در دسترس همواره مورد توجه مدیران بوده است. نگرش‌های متفاوتی برای استفاده حداکثری از این منابع وجود دارد. محدودیت سرمایه، نیروی انسانی، انرژی، شرایط رقابتی بازار و غیره، مدیران را به سوی یافتن یک‌راه حل بهینه سوق داده است. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از پرکاربردترین این روش‌ها برای انتخاب گزینه‌ها است که با استفاده از مقایسات زوجی بین گزینه‌ها و معیارها، به اولویت‌بندی آن‌ها می‌پردازد. از طرفی در دنیای واقعی همواره نظرات تصمیم‌گیرندگان دارای سطوح اهمیت یکسان نیست و به علت استفاده از ماتریس مقایسات زوجی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی زمان‌بر و طولانی است و ممکن است به دلیل عدم دقت در تکمیل آن به ناسازگاری منجر شود. در این مقاله روشی برای فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی با سطح نابرابر تصمیم‌گیرندگان با استفاده از رای‌گیری ترجیحی ارایه شده است که با یک مثال عددی تبیین گشته است.

**کلمات کلیدی:** فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، تصمیم‌گیری گروهی، رای‌گیری ترجیحی.

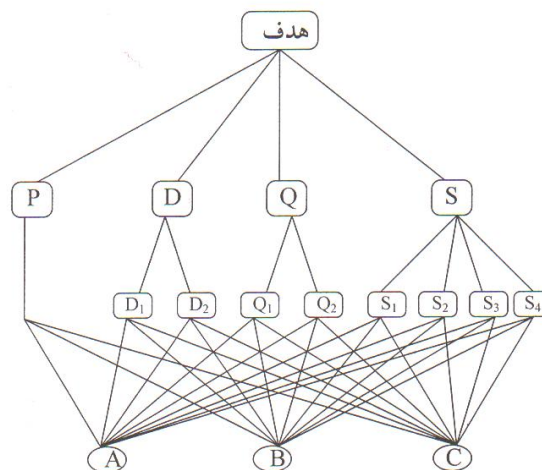
## ۱ مقدمه

مدیران پروژه اغلب با مسایل و محیط‌هایی پیچیده در پروژه روبرو هستند که تصمیم‌گیری در آن‌ها تحت تاثیر عوامل گوناگونی قرار دارد. این مسایل دارای عناصر متعدد و تحت معیارهای گوناگونی است که با یکدیگر مرتبط بوده و هر یک از آن‌ها بر دیگری تاثیر گذار است. این موضوع باعث می‌گردد که هرگونه تغییر در عناصر مساله را نتوان به راحتی و با ایجاد یک تناسب ساده با یکدیگر مرتبط ساخت. علاوه بر این در فرایند مدیریت پروژه فاکتورهای عوامل انسانی و سیستم‌های مختلف قضاوت از معیارهای اصلی و جداناپذیر به حساب می‌آیند. از این رو توانایی اخذ تصمیمات صحیح در چنین محیطی چند معیاره، اهمیت بسیار زیادی در کارایی و اثربخشی تصمیمات خواهد داشت [۱].

\* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: Soltanifarmahdi@gmail.com

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی<sup>۱</sup> یک تکنیک ساختاریافته برای سازمان‌دهی و تصمیم‌گیری‌های پیچیده، بر اساس ریاضیات و روانشناسی است. این روش برای اولین بار توسط توماس‌ال. ساعتی [۲] ارایه شد و به‌طور گسترده مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی کاربرد ویژه‌ای در تصمیم‌گیری گروهی دارد و در سراسر جهان در طیف گسترده‌ای از موقعیت‌های تصمیم‌گیری همچون کسب‌وکار، بهداشت و درمان، صنعت و آموزش و پرورش استفاده می‌شود. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی کمک می‌کند تا تصمیم‌گیرندگان<sup>۲</sup> بهترین وجه از هدف و درک خود از مساله تصمیم را پیدا کنند. این یک چهارچوب جامع و منطقی در ساختار یک مساله تصمیم‌گیری برای بیان و تعیین کمیت هر یک از عناصر تصمیم‌گیری است که با استفاده از آن جایگاه هر یک از عناصر ساختاری مساله تصمیم در هدف کلی مساله برای ارزیابی راه‌حل‌ها مشخص می‌کند. انتخاب معیارها<sup>۳</sup> بخش اول واکاوی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی است. سپس بر اساس معیارهای شناسایی شده گزینه‌ها ارزیابی می‌شوند. علت سلسله‌مراتبی خواندن این روش آن است که ابتدا باید از اهداف و راهبردهای سازمان در رأس هرم آغاز کرد و با گسترش آن‌ها معیارها را شناسایی کرد تا به پایین هرم رسید [۲]. نمونه‌ای از هرم تصمیم‌گیری در این روش به شرح شکل (۱) ارایه شده است.



شکل ۱. نمودار سلسله‌مراتبی انتخاب بهترین فروشنده از میان سه گزینه و بر اساس چهار شاخص [۳]

این روش با استفاده از مقایسات زوجی گزینه‌ها، به اولویت‌بندی هریک از معیارها می‌پردازد و از اصول معکوسی<sup>۴</sup>، همگنی<sup>۵</sup>، وابستگی<sup>۶</sup> و انتظارات<sup>۷</sup> تبعیت می‌کند. از دیدگاه ساعتی مهم‌ترین مزیت‌های این روش عبارت‌اند از: یگانگی<sup>۸</sup> در ارایه الگو برای حل مساله، رویکرد تحلیلی و سیستمی در حل مسایل پیچیده<sup>۹</sup>، قدرت

<sup>۱</sup> Analytical Hierarchy process (AHP)

<sup>۲</sup> Decision maker

<sup>۳</sup> Criteria

<sup>۴</sup> Reciprocal Condition

<sup>۵</sup> Homogeneity

<sup>۶</sup> Dependency

<sup>۷</sup> Expectation

<sup>۸</sup> Unity

<sup>۹</sup> Complexity

حل مساله در هنگام همبستگی متقابل<sup>۱</sup> شاخص‌ها، رعایت ساختار سلسله‌مراتبی<sup>۲</sup> در تصمیم‌گیری، اندازه‌گیری<sup>۳</sup> موارد نامشهود و کیفی، بررسی سازگاری<sup>۴</sup> در اولویت‌ها، تلفیق<sup>۵</sup> مطلوبیت برای گزینه‌ها، رعایت تعادل<sup>۶</sup> در اولویت‌ها، امکان قضاوت گروهی<sup>۷</sup> و امکان بهبود از طریق تکرار<sup>۸</sup> [۴]. بر همین اساس نریشمان [۵]، پاتوی و همکاران [۶] (۱۹۸۹)، ندیک و همکاران [۷]، باربرسقلو [۸]، یحیی و همکاران [۹]، ملیسا و همکاران [۱۰]، تام و همکاران [۱۱] (۲۰۰۱) و لی و همکاران [۱۲] از این تکنیک برای تعیین امتیازات گزینه‌ها استفاده کردند.

یکی از مسایلی که در روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی بسیار بااهمیت است، ضرورت دقت در اظهار ماتریس مقایسات زوجی از سوی خبرگان است، چراکه عدم دقت در این خصوص باعث غیرقابل استفاده شدن نتایج نهایی می‌گردد. برای بررسی این دقت ساعتی [۲] اقدام به تعریف نرخ سازگاری نمود و معیاری را تعیین کرد که بر اساس آن اگر نرخ سازگاری هر ماتریس و نرخ سازگاری فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی بیشتر از یک مقدار از پیش تعیین شده باشد، نتایج برای تجدیدنظر در ماتریس مقایسات زوجی عودت می‌گردد. این فرایند پیچیده ناخودآگاه شرکت کنندگان در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی را بی‌ربط و بی‌انگیزه می‌کند و این فرایند خسته‌کننده خود باعث کاهش دقت در نتیجه نهایی می‌گردد؛ لذا، به‌طور کلی باوجود مزیت‌های فراوان، این روش دارای معایب زیر است:

۱. دشواری در مقایسات زوجی هنگام زیاد بودن گزینه‌ها (رعایت اصل سازگاری)

۲. عدم بررسی قدرت تصمیم‌سازی افراد در هنگام تصمیم‌گیری گروهی [۳].

برای حل مشکل اول لیو و های [۱۳] پیشنهاد نمودند برای محاسبه اوزان نسبی شاخص‌ها و همچنین اوزان نسبی هر گزینه نسبت به هر شاخص، از مدل رای‌گیری ترجیحی ارایه‌شده توسط کوک و کرس [۱۴] که بر اساس سیاست وزن دهی خوش‌بینانه است، استفاده شود که براین اساس وزن گزینه‌ها بدون مقایسات زوجی برای هر معیار قابل استخراج است. هادی و همکاران [۱۵] این روش را توسعه دادند. از دیگر استفاده‌ها از این نگرش می‌توان به سلطانی‌فر و همکاران [۱۶] اشاره کرد.

بر اساس آنچه در خصوص مشکلات روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی ارایه شد، روش لیو و های [۱۳] با استفاده از ماتریس «تعداد آراء در جایگاه‌های رتبه‌ای» به جای ماتریس «مقایسات زوجی» مشکل ناسازگاری را در تصمیم‌گیری رفع نمود؛ اما همچنان مشکل دوم یا سطح نابرابر افراد در تصمیم‌سازی باقی است. به‌موجب بررسی و حل این مشکل، این تحقیق با بهره‌گیری از سیاست خوش‌بینانه و مدل سلسله‌مراتبی رای‌گیری به مدل‌سازی ریاضی مساله، «تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی داده‌ها»، پرداخته است. در پایان سعی شده است تا با ارایه‌ی یک مثال عددی مبانی نظری ارایه‌شده در بوته عمل موردنقد و بررسی قرار گیرد.

<sup>1</sup> Interdependency

<sup>2</sup> Hierarchy Structure

<sup>3</sup> Measurement

<sup>4</sup> Consistency

<sup>5</sup> Synthesis

<sup>6</sup> Tradeoff

<sup>7</sup> Judgment & Consensus

<sup>8</sup> Repetition

## ۲. مروری بر فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی

به‌طور کلی تصمیم‌گیری در سازمان‌ها و ادارات تکنیکی بوده و دارای پیچیدگی خاصی است. سازمان‌ها مشکلات و مسایل خود را در جلسه‌های گروهی مطرح کرده و در این جلسه‌ها نتیجه‌گیری می‌کنند که عموماً در این موارد سرعت و دقت از اهمیت بالایی برخوردار است. حضور کارکنان در سطح پایین‌ها نیز اهمیت بوده و بر دقت و کارایی تصمیم اتخاذشده تأثیر مهمی دارد [۳]. بعد از مشخص شدن گروه تصمیم‌ساز جهت اتخاذ یک تصمیم گروهی مراحل زیر انجام می‌پذیرد:

الف: انتخاب گزینه‌ها و معیارها؛

ب: ساخت سلسله‌مراتبی و تعیین عناصر به‌عنوان معیارها و گزینه‌ها از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است؛ زیرا کمک می‌کند تا گروه نوبت به‌نوبت بر جنبه‌های مساله تصمیم فایق آید؛

ج: پس از آنکه گروه بر روی ساختار سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری به اجماع رسید، باید ماتریس‌های مقایسات زوجی توسط هر عضو گروه تصمیم‌ساز تعیین شود. کلیه مقایسه‌ها در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به‌صورت زوجی انجام می‌گیرد، در این مقایسه‌ها تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد، به‌گونه‌ای که اگر عنصر نام با عنصر نام مقایسه شود طبق نظر توماس ساعتی مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ را اختیار خواهند کرد. سپس از میانگین هندسی برای تجمع درایه‌های ماتریس نهایی مقایسات زوجی استفاده می‌شود. از آنجا که خیلی از اوقات اعضا دارای سطح نابرابر هستند، از وزن‌دهی با وزن‌های از پیش تعیین‌شده یا وزن‌های به‌دست‌آمده با استفاده از روش‌های مختلف در میانگین هندسی وزن‌دار استفاده می‌شود [۱۷].

د: تعیین وزن‌ها (بردار ویژه)<sup>۱</sup>؛ در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی عناصر هر سطر نسبت به عنصر مربوط خود در سطر بالاتر به‌صورت زوجی مقایسه شده و وزن آن‌ها محاسبه می‌گردد که این وزن‌ها را وزن نسبی می‌نامند.

ه: سنجش عملکرد گزینه‌ها؛ با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌گردد که آن را وزن مطلق می‌نامند. برای مثال در انتخاب بهترین اتومبیل ابتدا اتومبیل‌ها از نظر قیمت، مصرف، راحتی و مدل به‌طور جداگانه مقایسه شده و وزن هر کدام نسبت به این معیارها مشخص می‌گردد. سپس وزن معیارها نیز نسبت به هدف تعیین شده و با ترکیب آن‌ها وزن نهایی اتومبیل‌ها مشخص می‌گردد.

و: شناسایی اولویت گزینه‌ها؛ در مرحله آخر با استفاده از وزن‌های نهایی به‌دست‌آمده برای هر گزینه، اولویت انتخاب گزینه‌ها با استفاده از مقادیر به‌دست‌آمده مشخص می‌شود.

## ۳. فرمول‌بندی مساله

در این بخش ابتدا پیش‌زمینه‌ای از مدل رای‌گیری ترجیحی ارایه می‌دهیم و سپس روش برای استخراج وزن در فرایند سلسله‌مراتبی گروهی معرفی می‌کنیم.

<sup>۱</sup> Eigenvalues

### ۳-۱ محاسبه وزن از مدل رای گیری ترجیحی با رای دهندگان با سطح نابرابر

سازوکار رای گیری را در نظر بگیرید که در آن می خواهیم  $S$  کاندید را از بین  $n$  نماینده  $\{A_1, \dots, A_n\}$  انتخاب و برحسب اولویت ها آن ها را رتبه بندی کنیم. کوک و کرس [۱۴] اولین بار از دیدگاه خوش بینانه برای وزن دهی در رای گیری ترجیحی استفاده کردند. فرض کنید که هر رای دهنده  $S$  کاندید را انتخاب و به ترتیب اولویت های خود آن ها را در برگه ی رای، اولویت بندی کند. از طرفی، رای دهندگان بسته به نوع مهارت و قدرت تشخیص نابرابر هستند. رای دهندگان در  $m$  گروه مجزا برحسب مهارت و قدرت تشخیص به طوری دسته بندی شده اند که رای هر عضو در دسته  $i$  ام اهمیت بیش تری از رای هر عضو از دسته  $i+1$  ام دارد، علاوه بر آن در مجموع  $t$  رای دهنده داریم. فرض کنید  $V_{ir}^p$  تعداد رای های کاندیدا  $p$  ام است که در اولویت  $r$  ام توسط گروه  $i$  ام رای دهندگان کسب شده است، باشد، تعریف می کنیم:

$$\begin{aligned} x_{ij}'' &= \sum_{r=1}^s v_{ir}^j, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n. \\ y_{rj} &= \sum_{i=1}^m v_{ir}^j, \quad r = 1, 2, \dots, s, \quad j = 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (1)$$

اگر  $u = (u_1, u_2, \dots, u_m)$  اگر  $w = (w_1, w_2, \dots, w_s)$  به ترتیب بردارهای وزن دسته های رای دهندگان و اولویت های رای گیری باشند، سلطانی فر [۱۸] مدل (۲) را برای رتبه بندی کاندیداها ارایه کرد:

$$\begin{aligned} Z_p^* &= \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s w_r y_{rp}}{\sum_{i=1}^m u_i (t - x_{ip}'')} \\ s.t. \quad & \frac{\sum_{r=1}^s w_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m u_i (t - x_{ij}'')} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n, \\ & w_r - w_{r+1} \geq d(r, \varepsilon), \quad r = 1, 2, \dots, s-1, \\ & w_s \geq d(s, \varepsilon), \\ & u_i - u_{i+1} \geq f(i, \varepsilon), \quad i = 1, 2, \dots, m-1, \\ & u_m \geq f(m, \varepsilon). \end{aligned} \quad (2)$$

که در آن  $d(\cdot, \varepsilon)$  و  $f(\cdot, \varepsilon)$  توابع شدت تشخیص نام دارد که نامنفی و به صورت یکنواخت افزایشی است. سلطانی فر [۱۸]، مدل (۲) را به صورت مدل (۳) به فرم مساله برنامه ریزی خطی تبدیل کرد.

$$Z_p^* = \text{Max} \sum_{r=1}^s w_r y_{rp}$$

$s.t.$

$$\sum_{i=1}^m u_i x_{ip} = 1,$$

$$\sum_{r=1}^s w_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m u_i x_{ij} \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

$$w_r - w_{r+1} \geq d(r, \varepsilon), \quad r = 1, 2, \dots, s-1,$$

$$w_s \geq d(s, \varepsilon),$$

$$u_i - u_{i+1} \geq f(i, \varepsilon), \quad i = 1, 2, \dots, m-1,$$

$$u_m \geq f(m, \varepsilon).$$

که در آن

$$x_{ij} = (t - x_{ij}''), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

### ۲-۳ فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی با استفاده از رای‌گیری ترجیحی

بر اساس توضیحات بالا و با استفاده از نگرش لیو و های [۱۳] مراحل زیر را برای تعیین گزینه مناسب در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی ارایه می‌دهیم.

الف: انتخاب گزینه‌ها و معیارها؛

ب: ساخت سلسله‌مراتبی و تعیین عناصر به‌عنوان معیارها و گزینه‌ها؛

ج: جمع‌آوری آراء؛ پس از آنکه گروه بر روی ساختار سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری به اجماع رسید، اعضای گروه تصمیم‌ساز که در  $m$  گروه مجزا دسته‌بندی شده‌اند، به جای ارایه ماتریس مقایسات زوجی بین معیارها با زیر معیارها یا بین معیارها و گزینه‌ها از رای‌گیری ترجیحی استفاده می‌کنند.

د: تعیین وزن‌ها؛ بعد از آنکه رای‌ها جمع‌آوری شد، با استفاده از مدل (۳) برای هر گزینه نسبت به هر معیار، یک وزن نسبی به دست می‌آید.

ه: سنجش عملکرد گزینه‌ها؛ با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌گردد.

و: شناسایی اولویت گزینه‌ها؛ در مرحله آخر با استفاده از وزن‌های نهایی به‌دست آمده برای هر گزینه، اولویت انتخاب گزینه‌ها با استفاده از مقادیر به‌دست آمده مشخص می‌شود.

توجه داریم که مراحل بالا شبیه به مراحل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی است، با این تفاوت که از ماتریس مقایسات زوجی استفاده نمی‌شود و تنها در یک مرحله نیاز به نظرخواهی از اعضای گروه تصمیم‌ساز هستیم؛ لذا فرایند پاسخ‌دهی به هدف سلسله‌مراتبی علاوه بر استفاده از خرد جمعی، بسیار سریع‌تر خواهد بود. در جدول (۱) مقایسه‌ای بین مراحل روش پیشنهادی و روش مرسوم در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی انجام شده است.

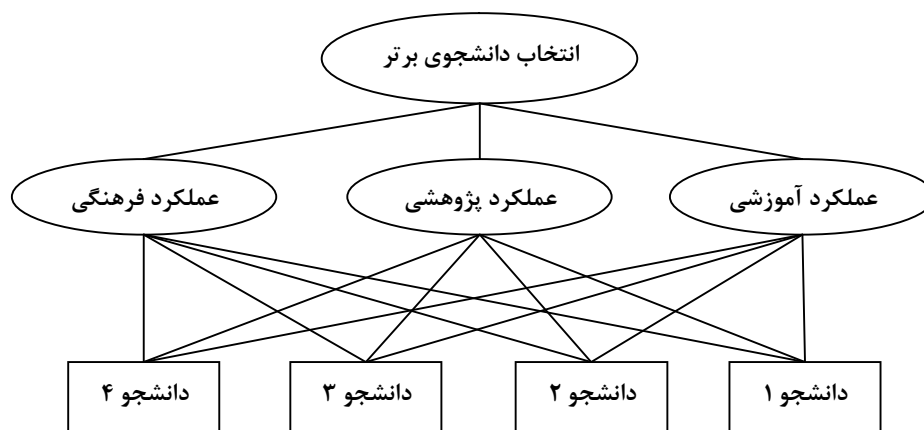
## جدول ۱. مقایسه بین روش پیشنهادی و روش مرسوم

| مراحل | فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی<br>با استفاده از رای گیری ترجیحی | فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی                           |
|-------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| الف   | شناسایی گزینه‌ها و معیارها                                       | شناسایی گزینه‌ها و معیارها                                |
| ب     | تعیین ساختار سلسله‌مراتبی                                        | تعیین ساختار سلسله‌مراتبی                                 |
| ج     | تعیین اولویت بین گزینه‌ها یا معیارها                             | تعیین ماتریس مقایسات زوجی                                 |
| د     | محاسبه وزن<br>(روش سلطانی فر [۱۸])                               | محاسبه وزن<br>(روش بردار ویژه و استفاده از میانگین هندسی) |
| ه     | سنجش عملکرد هر گزینه                                             | سنجش عملکرد هر گزینه                                      |
| و     | شناسایی اولویت گزینه‌ها                                          | شناسایی اولویت گزینه‌ها                                   |

لازم به ذکر است که علاوه بر استفاده از مدل (۳) می‌توان از مدل‌های جایگزین دیگر همچون مدل‌های ارایه‌شده توسط ابراهیم نژاد [۱۹] و ابراهیم نژاد و همکاران [۲۰] استفاده کرد.

## ۵ مثال عددی و نتایج محاسباتی

در این بخش از روش پیشنهادی برای انتخاب دانشجوی برتر در یک ساختار سلسله‌مراتبی پیش‌فرض که در شکل (۲) نشان داده شده است، استفاده می‌کنیم. فرض کنید که برای انتخاب دانشجوی برتر سه شاخص عملکرد آموزشی، پژوهشی و فرهنگی مدنظر است و از نظر اعضای هیئت علمی دانشگاه استفاده می‌کنیم، رئیس دانشگاه می‌خواهد از نظر اساتید که در سه گروه استادیار، دانشیار و استاد تمام بر اساس مرتبه علمی دسته‌بندی شده‌اند استفاده کند. از طرفی برای ریاست دانشگاه نظر یک استاد بر نظر یک دانشیار برتری دارد و نظر یک دانشیار بر نظر استادیار ارجحیت خواهد داشت.



شکل ۲. ساختار سلسله‌مراتبی انتخاب دانشجوی برتر

نتایج رای‌گیری برای هر دسته از اعضای هیئت‌علمی به تفکیک دسته‌بندی در جدول (۲)، (۳) و (۴) آمده است؛ که در مجموع ۲۲ نفر اساتید تمام، ۴۳ نفر دانشیار و ۷۰ نفر استادیار در انتخاب دانشجویان برتر دخیل هستند.

**جدول ۲.** تعداد آرای دانشجویان در اولویت‌های رای‌گیری به‌وسیله گروه استادان در شاخص آموزشی

| گروه اساتید تمام/آموزشی   | دانشجو ۱ | دانشجو ۲ | دانشجو ۳ | دانشجو ۴ |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| تعداد رای در اولویت اول   | ۵        | ۷        | ۴        | ۶        |
| تعداد رای در اولویت دوم   | ۲        | ۸        | ۷        | ۵        |
| تعداد رای در اولویت سوم   | ۳        | ۹        | ۷        | ۳        |
| تعداد رای در اولویت چهارم | ۶        | ۷        | ۵        | ۴        |

**جدول ۳.** تعداد آرای دانشجویان در اولویت‌های رای‌گیری به‌وسیله گروه دانشیاران در شاخص آموزشی

| گروه دانشیاران/آموزشی     | دانشجو ۱ | دانشجو ۲ | دانشجو ۳ | دانشجو ۴ |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| تعداد رای در اولویت اول   | ۱۲       | ۱۳       | ۱۰       | ۸        |
| تعداد رای در اولویت دوم   | ۶        | ۱۹       | ۹        | ۹        |
| تعداد رای در اولویت سوم   | ۵        | ۲۱       | ۱۰       | ۷        |
| تعداد رای در اولویت چهارم | ۴        | ۱۵       | ۱۲       | ۱۲       |

**جدول ۴.** تعداد آرای دانشجویان در اولویت‌های رای‌گیری به‌وسیله گروه استادیاران در شاخص آموزشی

| گروه استادیاران/آموزشی    | دانشجو ۱ | دانشجو ۲ | دانشجو ۳ | دانشجو ۴ |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| تعداد رای در اولویت اول   | ۹        | ۲۶       | ۱۵       | ۲۰       |
| تعداد رای در اولویت دوم   | ۱۶       | ۲۱       | ۱۳       | ۲۰       |
| تعداد رای در اولویت سوم   | ۶        | ۲۸       | ۱۹       | ۱۷       |
| تعداد رای در اولویت چهارم | ۱۷       | ۱۹       | ۱۹       | ۱۵       |

**جدول ۵.** نتایج حاصل از تجمیع آرا و استفاده از مدل (۳) برای تعیین وزن دانشجو نسبت به معیار آموزشی

| آموزشی                     | دانشجو ۱ | دانشجو ۲ | دانشجو ۳ | دانشجو ۴ |
|----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| وزن به‌دست‌آمده از مدل (۳) | ۰/۴۶     | ۱        | ۰/۶۰     | ۰/۶۳     |

حال وزن نسبی گزینه‌ها نسبت به شاخص آموزش را با تقسیم اوزان جدول (۵) بر مجموع اوزان به‌صورت زیر به دست می‌آوریم.

**جدول ۶.** اوزان نسبی گزینه‌ها نسبت به شاخص آموزش

| آموزشی   | دانشجو ۱ | دانشجو ۲ | دانشجو ۳ | دانشجو ۴ |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| وزن نسبی | ۰/۱۷۱    | ۰/۳۷۲    | ۰/۲۲۳    | ۰/۲۳۴    |

**جدول ۷.** تعداد آرای دانشجویان در اولویت‌های رای‌گیری به‌وسیله گروه استادان در شاخص فرهنگی

| گروه اساتید تمام/ فرهنگی  | دانشجو ۱ | دانشجو ۲ | دانشجو ۳ | دانشجو ۴ |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| تعداد رای در اولویت اول   | ۶        | ۶        | ۶        | ۶        |
| تعداد رای در اولویت دوم   | ۶        | ۵        | ۱۰       | ۱        |
| تعداد رای در اولویت سوم   | ۵        | ۷        | ۶        | ۴        |
| تعداد رای در اولویت چهارم | ۴        | ۹        | ۴        | ۵        |

**جدول ۸.** تعداد آرای دانشجویان در اولویت‌های رای‌گیری به‌وسیله گروه دانشیاران در شاخص فرهنگی

| گروه دانشیاران/ فرهنگی    | دانشجو ۱ | دانشجو ۲ | دانشجو ۳ | دانشجو ۴ |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| تعداد رای در اولویت اول   | ۱۷       | ۱۰       | ۸        | ۸        |
| تعداد رای در اولویت دوم   | ۱۲       | ۱۶       | ۸        | ۷        |
| تعداد رای در اولویت سوم   | ۸        | ۱۴       | ۷        | ۱۴       |
| تعداد رای در اولویت چهارم | ۷        | ۱۴       | ۱۰       | ۱۲       |

**جدول ۹.** تعداد آرای دانشجویان در اولویت‌های رای‌گیری به‌وسیله گروه استادیاران در شاخص فرهنگی

| گروه استادیاران/ فرهنگی   | دانشجو ۱ | دانشجو ۲ | دانشجو ۳ | دانشجو ۴ |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| تعداد رای در اولویت اول   | ۱۹       | ۲۱       | ۱۳       | ۱۸       |
| تعداد رای در اولویت دوم   | ۱۷       | ۲۰       | ۱۴       | ۱۹       |
| تعداد رای در اولویت سوم   | ۱۶       | ۲۳       | ۱۷       | ۱۴       |
| تعداد رای در اولویت چهارم | ۱۸       | ۱۸       | ۲۰       | ۱۴       |

**جدول ۱۰.** نتایج حاصل از تجميع آرا و استفاده از مدل (۳) برای تعیین اوزان نسبی نسبت به معیار فرهنگی

| فرهنگی                     | دانشجو ۱ | دانشجو ۲ | دانشجو ۳ | دانشجو ۴ |
|----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| وزن به‌دست‌آمده از مدل (۳) | ۱        | ۱        | ۰/۷۳     | ۰/۷۶     |

حال وزن نسبی گزینه‌ها نسبت به شاخص فرهنگی را با تقسیم اوزان جدول (۱۰) بر مجموع اوزان به‌صورت زیر به دست می‌آوریم:

**جدول ۱۱.** اوزان نسبی گزینه‌ها نسبت به شاخص فرهنگی

| فرهنگی   | دانشجو ۱ | دانشجو ۲ | دانشجو ۳ | دانشجو ۴ |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| وزن نسبی | ۰/۲۸۷    | ۰/۲۸۷    | ۰/۲۰۹    | ۰/۲۱۸    |

**جدول ۱۲.** تعداد آرای دانشجویان در اولویت‌های رای گیری به وسیله گروه استادان در شاخص پژوهشی

| گروه اساتید تمام/ پژوهشی  | دانشجو ۱ | دانشجو ۲ | دانشجو ۳ | دانشجو ۴ |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| تعداد رای در اولویت اول   | ۵        | ۵        | ۵        | ۹        |
| تعداد رای در اولویت دوم   | ۴        | ۳        | ۸        | ۷        |
| تعداد رای در اولویت سوم   | ۵        | ۷        | ۵        | ۵        |
| تعداد رای در اولویت چهارم | ۴        | ۷        | ۳        | ۸        |

**جدول ۱۳.** تعداد آرای دانشجویان در اولویت‌های رای گیری به وسیله گروه دانشیاران در شاخص پژوهشی

| گروه دانشیاران/ پژوهشی    | دانشجو ۱ | دانشجو ۲ | دانشجو ۳ | دانشجو ۴ |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| تعداد رای در اولویت اول   | ۱۲       | ۱۰       | ۸        | ۱۳       |
| تعداد رای در اولویت دوم   | ۱۰       | ۱۴       | ۷        | ۱۲       |
| تعداد رای در اولویت سوم   | ۱۰       | ۱۰       | ۹        | ۱۴       |
| تعداد رای در اولویت چهارم | ۱۰       | ۱۱       | ۱۱       | ۱۱       |

**جدول ۱۴.** تعداد آرای دانشجویان در اولویت‌های رای گیری به وسیله گروه استادیاران در شاخص پژوهشی

| گروه استادیاران/ پژوهشی   | دانشجو ۱ | دانشجو ۲ | دانشجو ۳ | دانشجو ۴ |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| تعداد رای در اولویت اول   | ۱۸       | ۱۹       | ۱۵       | ۱۹       |
| تعداد رای در اولویت دوم   | ۱۴       | ۱۸       | ۱۹       | ۱۹       |
| تعداد رای در اولویت سوم   | ۱۹       | ۲۰       | ۱۳       | ۱۸       |
| تعداد رای در اولویت چهارم | ۱۹       | ۱۴       | ۱۹       | ۱۸       |

**جدول ۱۵.** نتایج حاصل از تجميع آرا و استفاده از مدل (۳) برای تعیین وزن دانشجو نسبت به معیار پژوهشی

| پژوهشی                     | دانشجو ۱ | دانشجو ۲ | دانشجو ۳ | دانشجو ۴ |
|----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| وزن به دست آمده از مدل (۳) | ۰/۸۰     | ۰/۸۷     | ۰/۷۳     | ۱        |

حال وزن نسبی گزینه‌ها نسبت به شاخص پژوهشی را با تقسیم اوزان جدول (۱۵) بر مجموع اوزان به صورت زیر به دست می‌آوریم:

**جدول ۱۶.** اوزان نسبی گزینه‌ها نسبت به شاخص پژوهشی

| پژوهشی   | دانشجو ۱ | دانشجو ۲ | دانشجو ۳ | دانشجو ۴ |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| وزن نسبی | ۰/۲۳۵    | ۰/۲۵۶    | ۰/۲۱۵    | ۰/۲۹۴    |

همچنین نتایج رای گیری ترجیحی برای معیارهای آموزشی، پژوهشی و فرهنگی در جدول‌های (۱۷)، (۱۸) و (۱۹) آمده است.

جدول ۱۷. تعداد آرای معیارها در اولویت‌های رای‌گیری به‌وسیله گروه اساتید تمام

| فرهنگی | پژوهشی | آموزشی | گروه اساتیدان           |
|--------|--------|--------|-------------------------|
| ۵      | ۱۲     | ۵      | تعداد رای در اولویت اول |
| ۴      | ۶      | ۱۲     | تعداد رای در اولویت دوم |
| ۱۲     | ۵      | ۵      | تعداد رای در اولویت سوم |

جدول ۱۸. تعداد آرای معیارها در اولویت‌های رای‌گیری به‌وسیله گروه دانشیاران

| فرهنگی | پژوهشی | آموزشی | گروه دانشیاران          |
|--------|--------|--------|-------------------------|
| ۱۳     | ۱۵     | ۱۶     | تعداد رای در اولویت اول |
| ۱۳     | ۱۶     | ۱۵     | تعداد رای در اولویت دوم |
| ۱۶     | ۱۳     | ۱۵     | تعداد رای در اولویت سوم |

جدول ۱۹. تعداد آرای معیارها در اولویت‌های رای‌گیری به‌وسیله گروه استادیاران

| فرهنگی | پژوهشی | آموزشی | گروه استادیاران         |
|--------|--------|--------|-------------------------|
| ۱۰     | ۳۹     | ۲۱     | تعداد رای در اولویت اول |
| ۳۹     | ۲۱     | ۱۰     | تعداد رای در اولویت دوم |
| ۲۱     | ۱۰     | ۳۹     | تعداد رای در اولویت سوم |

با استفاده از مدل (۳) و با قرار دادن  $\varepsilon = 0.001$  و  $d(r, \varepsilon) = \varepsilon / r$ , ( $r = 1, \dots, S$ ) و  $f(i, \varepsilon) = \varepsilon / i$ , ( $i = 1, \dots, m$ ) نتایج را برای هر دانشجو و معیار به‌طور جداگانه به دست آوردیم که در جدول (۸) و (۹) نمایش داده شده است. توجه کنید که این تابع شدت تشخیص می‌تواند در مواقع ضروری بسیار دقیق‌تر و با مطالعه بهتر انتخاب گردد.

جدول ۲۰. نتایج حاصل از تجميع آرا و استفاده از مدل (۳) برای تعیین وزن معیارها

| فرهنگی | پژوهشی | آموزشی | وزن به‌دست آمده از مدل (۳) |
|--------|--------|--------|----------------------------|
| ۰/۹۳   | ۱      | ۱      |                            |

حال اوزان نسبی معیارها به‌صورت زیر خواهد بود.

جدول ۲۱. اوزان نسبی معیارها

| فرهنگی | پژوهشی | آموزشی | اوزان مطلق معیارها |
|--------|--------|--------|--------------------|
| ۰/۳۱۷  | ۰/۳۴۱  | ۰/۳۴۱  |                    |

نتایج رتبه‌بندی نهایی حاصل از مجموع ضریب گزینه‌ها در معیارها در جدول (۲۲) نمایش داده شده است.

**جدول ۲۲.** نتایج حاصل از تجمیع آرا و استفاده از روش پیشنهادی برای تعیین وزن مطلق گزینه‌ها

| دانشجو ۱               | دانشجو ۲ | دانشجو ۳ | دانشجو ۴ |
|------------------------|----------|----------|----------|
| ۰/۲۳                   | ۰/۳۰۶    | ۰/۲۱۷    | ۰/۲۴۷    |
| امتیاز نهایی هر دانشجو |          |          |          |

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، دانشجو ۲ به‌عنوان دانشجو برتر انتخاب شد. علاوه بر اینکه از ماتریس مقایسات زوجی استفاده نشد و به‌جای آن از رای‌گیری ترجیحی استفاده کردیم. با معرفی مدل (۳) به‌عنوان یک ابزار توانستیم زمان اجرای فرایند را به طرز چشمگیری کاهش دهیم و تنها یک‌بار به نظرخواهی از اعضای گروه تصمیم‌ساز نیازمندیم. این کار باعث بالا بردن انگیزه و دقت شرکت‌کنندگان در فرایند وزن‌دهی می‌شود.

## ۶ نتیجه و جمع‌بندی

در این مقاله روشی برای انتخاب گزینه‌ها در ساختار سلسله‌مراتبی گروهی با گروه تصمیم‌ساز با سطح قدرت نابرابر اعضا، ارایه شد. این روش علاوه بر داشتن مزایای فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی هر دو ضعف آن را پوشش می‌دهد. اول آنکه با به‌کارگیری رای‌گیری ترجیحی نیاز به مقایسات زوجی و در نتیجه محاسبه نرخ سازگاری نیست؛ لذا فرایند تصمیم‌گیری بسیار سریع‌تر و با استفاده از خرد جمعی انجام می‌پذیرد. استفاده از این روش در سازمان‌ها و ادارات بسیار ثمر خواهد بود؛ زیرا اعضای گروه تصمیم‌ساز می‌توانند نظرات خود را در رابطه با یک معیار یا یک گزینه به‌صورت ترجیحی در رای‌گیری بیان کنند. دوم آنکه تصمیم‌سازها در گروه‌های مختلف با اهمیت وزن متفاوت قرار می‌گیرند. از طرفی استفاده از تکنیک رای‌گیری در خلال روش کمک شایانی به اعضای گروه تصمیم‌ساز با درجه اهمیت کم‌تر می‌کند که بدون ترس از عواقب اظهارنظر در حضور افراد تصمیم‌ساز با اهمیت بیش‌تر از خود، به‌طور مستقل نظرات انتقادی و مخالف خود را اعلام کنند. در نتیجه استفاده از این روش واقعی‌تر و دارای انعطاف‌پذیری بالایی در تصمیم‌گیری است.

## منابع

- [۱] فیلی‌زاده، م.، صادقی، ح.، معینی، ف.، (۱۳۸۶)، مدیریت پروژه بر اساس فرایند تصمیم‌گیری چند معیاره. سمینار مهندسی صنایع، پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی.
- [۲] قدسی پور، س. ح.، (۱۳۷۹)، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP). تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- [۳] آذر، ع.، رجب‌زاده، ع.، (۱۳۸۸)، تصمیم‌گیری کاربردی (رویکرد MADM). تهران: نگاه دانش.
- [4] Saaty, T. L., (1980). The analytic hierarchy. New York: McGraw-Hill.
- [5] Narasimhan, R., (1983). An analytic approach to supplier selection. Journal of Purchasing Supply Management, 1, 27–32.
- [6] Partovi, F. J. B., Banerjee, A., (1989). Application of analytic hierarchy process in operations management.
- [7] Nydick, R., Hill, R., (1992). Using the analytic hierarchy process to structure the supplier selection procedure. International Journal of Purchasing and Materials Management, 25(2), 31–36.
- [8] Barbarosoglu, G., Yazgac, T., (1997). An application of the analytic hierarchy process to the supplier selection problem. Production and Inventory Management Journal, 38, 14–21.

- [9] Yahya, S., Kingsman, B., (1999). Vendor rating for an entrepreneur development program: A case study using the analytic hierarchy process method. *Journal of Operations Research Society*, 51, 916–930.
- [10] Masella, C., Rangone, A., (2000). A contingent approach to the design of vendors election systems for different types of cooperative customer/supplier. *International Journal of Operations and Production Management*, 20, 70–84.
- [11] Tam, M., Tummala, V., (2001). An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system. *Omega*, 29, 171–182.
- [12] Lee, E., Ha, S., Kim, S., (2001). Supplier selection and management system considering relationships in supply chain management. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 48, 307–318.
- [13] Liu, F. H. F., Hai, H., (2005). The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier. *International Journal of Production Economics*, 97(3), 308–317.
- [14] Cook, W. D., Kress, M., (1990). A data envelopment model for aggregating preference rankings. *Management Science*, 36(11), 1302–1310.
- [15] Hadi-Vencheh, A., Niazi-Motlagh, M., (2011). An improved voting analytic hierarchy process-data envelopment analysis methodology for suppliers selection. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*.
- [16] Soltanifar, M., HosseinzadehLotfi, F., (2011). The voting analytic hierarchy process method for discriminating among efficient decision making units in data envelopment analysis. *Computers & Industrial Engineering* 60 585–592.
- [17] Aczel, J., Saati, T., (1983). Procedure for Synthesizing Ratio Judgments. *Journal of Mathematical*, 27, 93-102.
- [18] Soltanifar, M., (2017). A new voting model for groups with member of unequal power and proficiency. *International Journal of Industrial Mathematics*, (Accepted).
- [19] Ebrahimnejad, A., (2012). a new approach for ranking of candidates in voting systems, *OPSEARCH*, 103–115.
- [20] Ebrahimnejad, A., MadjidTavana, F. J., Santos, A., (2016). An integrated data envelopment analysis and simulation method for groupconsensusranking. *Mathematics and Computers in Simulation* 1191–1221.