

## روش فرا ابتکاری (سیم انپ)<sup>1</sup> برای حل مسایل شبکه‌ای

علی محمد احمدوند<sup>2</sup>

بهرروز فرهاد زارع<sup>3</sup>

تاریخ دریافت: 90/11/2 تاریخ پذیرش: 91/2/10

### چکیده

تصمیم‌گیری بخش مهمی از مدیریت است و برخی آن را شالوده عمل مدیران می‌نامند. تصمیم‌گیری در سطح راهبردی از اهمیت وافری برخوردار می‌باشد به همین دلیل برای کمک به مدیران، استراتژی‌ها، مدل‌ها و روشهای مختلفی در زمینه تصمیم‌گیری توسعه یافته‌اند که تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)<sup>4</sup> از جمله آنها می‌باشد. در بیشتر مسایل واقعی انواع مختلف وابستگی‌ها بین عناصر موجود در مسئله از جمله وابستگی بین معیارهای تصمیم‌گیری وجود دارد به همین دلیل فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)<sup>5</sup> که قادر به اعمال کلیه وابستگی‌های عناصر موجود در مسئله می‌باشد برای پاسخگویی به این نیاز مطرح شده است. روش ANP به دلیل پیچیدگی و زمان بر بودن و لزوم استفاده از نرم افزار حتی برای مسایل ساده در موارد کاری با حوصله کم و سرعت بالا همچو مسایل واقعی که استراتژیست‌ها با آن روبرو هستند کمتر مورد استقبال قرار می‌گیرد و روش AHP به دلیل سادگی فرایند در رسیدن به نتیجه‌گیری، بیشتر از ANP مورد استقبال استراتژیست‌ها قرار گرفته ولی این روش قادر به اعمال وابستگی معیارها به یکدیگر نمی‌باشد که در بسیاری از موارد به دلیل انتخاب استراتژی نامناسب منجر به نتیجه‌گیری غیرمنطقی و اشتباه و در نهایت سبب هدر رفت سرمایه و فرصت می‌شود. هدف از این مقاله ارائه روش فرا ابتکاری به نام SIMANP می‌باشد که با طرز کار ساده، سرعت، دقت بالا، در زمان کوتاه و بدون نیاز به نرم افزار، به حل مسایل شبکه‌ای می‌پردازد و استراتژیست‌ها و مدیران

<sup>1</sup>.SIMANP

<sup>2</sup>- دانشیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه امام حسین (ع) [A.ahmadvan@eyc.ac.ir](mailto:A.ahmadvan@eyc.ac.ir)

<sup>3</sup>- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه امام حسین (ع) [B.Farhadzare@yahoo.com](mailto:B.Farhadzare@yahoo.com)

4. Multi Criteria Decision Making

5. Analytic Network Process

استراتژی را که نیاز به نتیجه گیری دقیق و در عین حال ساده و سریع دارند را از مزایای روش ANP نسبت به AHP بهره مند سازد.

واژگان کلیدی: روش فرا ابتکاری، ANP، فرایند سلسله مراتبی، استراتژی.

### مقدمه

بقا و حیات یک سازمان منوط به تصمیم گیری صحیح در مواجه با فرصت‌ها و تهدیدات موجود در محیط بیرونی سازمان می‌باشد و مسئولیت تصمیمات استراتژیک همیشه بر عهده استراتژیست‌ها می‌باشد. از آنجایی که هیچ سازمانی نمی‌تواند منابع نامحدود داشته باشد استراتژیست‌ها باید در این مورد که کدام یک از استراتژی‌های مختلف می‌توانند بیشترین منفعت را به سازمان برسانند، تصمیم‌گیری نمایند. مدیریت استراتژیک به سازمان این امکان را می‌دهد برای شکل دادن به آینده خود به صورت انفعالی عمل نکند و سازمان دارای ابتکار عمل باشد و به بیان ساده استراتژی‌های بهتری را تدوین نماید (1). "Fre99" و انتخاب استراتژی با اولویت بالاتر کلید تصمیم‌گیری اثر بخش برای بقا و حیات یک سازمان می‌باشد (2). بنابراین امروزه مدیریت استراتژیک به نحو گسترده‌ای توسط بنگاه‌های دولتی و خصوصی در برابر هجوم بی‌امان رقابت بازار و تغییرات محیطی و سایر عوامل استفاده می‌شود (3).

به منظور برخورد اثربخش با همه این عوامل که بر توانایی شرکت در رشد سودآور آن تأثیر دارند مدیران به برنامه‌ریزی استراتژیک روی می‌آورند. از آنجایی که اصلی‌ترین مؤلفه در حوزه مدیریت استراتژیک تصمیم‌گیری با در نظر گرفتن همزمان ملاحظات چندگانه می‌باشد لذا فنون و مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) بیشترین میزان استفاده را در مدیریت استراتژیک به خود اختصاص داده‌اند. گفتنی است این تکنیک‌ها زمانی استراتژیست‌ها را در تصمیم‌گیری اثربخش یاری خواهند کرد که دارای دو شرط باشند: (1) منطق حاکم بر تکنیک با ماهیت مسئله همخوانی داشته باشد (2) تمام معیارهای مؤثر در فرایند تصمیم‌گیری در نظر گرفته شود.

یکی از پرکاربردترین و مشهورترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می‌باشد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی در سال 1980 برای اولین بار توسط توماس ال ساعتی ارائه گردید (4). AHP بر مبنای مقایسات زوجی بنا نهاده شده که قضاوت‌ها و محاسبات را تسهیل می‌نماید، همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد و بر اساس اصول بدیهی بنا نهاده شده است به همین دلیل بیشتر مورد استقبال قرار گرفته است (4). این روش می‌تواند معیارهای کیفی و هم کمی را برای ارزیابی گزینه‌های تصمیم لحاظ کند (5). نرم افزارهای پشتیبان متعددی برای AHP توسعه داده شده‌اند از جمله اکسپرت چویس<sup>1</sup>، کرایتریوم<sup>2</sup>، هایپر3<sup>3</sup> و رمبراند<sup>4</sup> (6) که مطرح ترین آنها نرم افزار Expert choice است که توسط ساعتی و همکارانش ایجاد شده است (7). این روش یک محدودیت اساسی دارد و آن این است که تنها وابستگی گزینه‌ها به معیارها را اعمال می‌کند و سایر وابستگی‌های احتمالی از جمله وابستگی معیارها به هم را نمی‌بیند (8). اما می‌دانیم در دنیای برنامه‌ریزی استراتژی این فرض، فرض منطقی نیست. فرض کنید در یک مسئله واقعی استراتژی‌های مختلف براساس چهار معیار: 1) نقاط قوت داخلی یک سازمان؛ 2) نقاط ضعف داخلی یک سازمان؛ 3) فرصت‌های خارجی به وجود آمده در خارج سازمان؛ 4) تهدیدهای به وجود آمده در خارج سازمان مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. می‌توان گفت که یک سازمان زمانی می‌تواند از فرصت‌ها استفاده مناسب بنماید که دارای توانمندی‌ها و نقاط قوت درونی باشد زیرا در غیر این صورت فرصت‌ها یا از دست رفته و یا توسط رقبا مورد بهره برداری قرار می‌گیرند. پس در این نمونه معیارهای قوت درونی سازمان و فرصت‌های به وجود آمده در خارج سازمان به هم وابسته‌اند پس نتیجه گیری می‌کنیم که معیارهای موجود در این مسئله مستقل از یکدیگر نیستند و لذا با مفروضات AHP همخوانی ندارد و از آنجایی که اوزانی که AHP به گزینه‌ها اختصاص

- 
1. Expert choice
  2. criterium
  3. HIPRE 3
  4. REMBRANDT

می‌دهد بدون در نظر گرفتن وابستگی بین معیارهاست در بسیاری موارد منجر به انتخاب استراتژی نامناسب می‌شود بنابراین به کارگیری رویکردی که وابستگی‌های احتمالی میان معیارها را در اندازه‌گیری دخالت دهد ضرورت می‌یابد (9).

فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) که توسط توماس ال ساعتی برای رفع محدودیت AHP معرفی شده است. به دنبال حل و رفع مشکلات و نواقص AHP مطرح شده است. در این روش ارتباطات پیچیده بین و میان عناصر تصمیم از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه‌ای در نظر گرفته می‌شود. این روش در واقع حالت عمومی AHP و شکل گسترده‌تر آن می‌باشد که در آن مسایل با وابستگی متقابل و بازخورد را نیز می‌توان در نظر گرفت (10). به همین دلیل در سال‌های اخیر استفاده از ANP به جای AHP در اغلب زمینه‌ها افزایش پیدا کرده است (11). برای تسهیل محاسبات ریاضی از نرم افزار Super Decision استفاده می‌گردد (13). از موارد کاربردهای اخیر ANP می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: (1) انتخاب پروژه‌های سازمانی؛ (2) قرار دادن سریع منابع در بحث انتقال؛ (3) برنامه ریزی استراتژیک؛ (4) آنالیز استراتژی تصمیم‌گیری در کسب و کار الکترونیکی؛ (5) تعیین سیاست انرژی مناسب؛ (6) پیش‌بینی بحران‌های مالی (14). هدف از روش‌های فرا ابتکاری ارائه روش نوینی برای حل مسایل به گونه‌ای که منجر به سرعت، سهولت و یا رفع نواقص روش‌های پیشین است. این روش از منطق حاکم بر روش ANP برای حل مسایل شبکه‌ای استنباط شده است و برخلاف پیچیدگی‌های روش ANP و زمانبر بودن محاسبات آن با استفاده از عملیات جبری ساده به حل مسایل شبکه‌ای می‌پردازد بنابراین این روش با طرز کار ساده و سرعت و دقت بالا و در زمان کوتاه و بدون نیاز به نرم افزار، به حل مسایل شبکه‌ای می‌پردازد و استراتژیست‌ها و مدیران استراتژی را که نیاز به نتیجه‌گیری دقیق و در عین حال ساده و سریع دارند را کمک کرده، آنان را از مزایای روش ANP نسبت به AHP بهره‌مند می‌سازد. نگارندگان این روش را به دلیل ساده‌سازی و سهولت بالا در رفع نواقص و پیچیدگی‌های ANP، روش ANP ساده یا SIMANP نامیده‌اند.

### توصیف روش SIMANP

روش SIMANP شامل مراحل زیر است که 5 گام اول آن همانند روش ANP ساعتی است (15).

1- ساخت مدل و تبدیل مسئله/موضوع به یک ساختار شبکه‌ای  
ساخت مدل شامل مراحل زیر می باشد:

1- تعریف مسئله و هدف آن.

2- تعیین معیارها و گزینه‌های تصمیم گیری.

3- ترسیم ساختار شبکه‌ای که در آن گره‌ها به عنوان خوشه‌ها مطرح هستند

4- مشخص کردن وابستگی‌های بیرونی عناصر موجود در یک خوشه با یال‌های جهت‌دار

وارد بر خوشه و وابستگی‌های درونی آنها با حلقه‌های موجود در خوشه مربوطه (16).

2- تشکیل ماتریس مقایسه دودویی و تعیین بردارهای اولویت

مقایسات زوجی را براساس تحلیل‌های ذهنی بین عناصر وابسته یک خوشه از لحاظ عنصر وابسته به آن که از همان خوشه یا خوشه دیگر است را انجام می دهیم و این مقایسات را برای همه خوشه‌ها تکرار می کنیم این مقایسات در ابتدا به صورت کیفی هستند سپس در یک مقیاس عددی (شامل 1 تا 9) کمی می گردد.

جدول 1. مقدار عددی ترجیحات (فضاوت شخصی)

مقدار عددی	ترجیحات (فضاوت شخصی)
9	کاملاً مهم تر یا کاملاً مطلوب تر
7	اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
5	کمی مهم تر یا کمی مطلوب تر
3	اهمیت یا مطلوبیت یکسان
1	اهمیت یا مطلوبیت یکسان
2, 4, 6, 8	ترجیحات بین فواصل فوق

سپس ماتریس‌های مقایسات زوجی را تشکیل می‌دهیم و وزن‌های نسبی عناصر همانند روش AHP سنجیده می‌شود.

### 3- محاسبه اندازه ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی

در این گام، خطای ناشی از ناسازگاری ماتریس مقایسات زوجی محاسبه می‌شود. این خطا توسط نسبت معروف همانند AHP محاسبه می‌شود:  
مقدار شاخص ناسازگاری (C.I.) را از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (1)$$

برای قضاوت انفرادی از رابطه  $C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$  و برای قضاوت گروهی از رابطه  $C.I. = \frac{\lambda_{max}}{n}$  به دست می‌آید.

جدول 2. شاخص ناسازگاری تصادفی (19)

Average random consistency (RI)										
Size of matrix	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Random consistency	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

اگر اندازه ناسازگاری ماتریسی از 0/1 کوچک تر باشد قضاوتها قابل قبول است، اما اگر بزرگ تر از 0/1 باشد قضاوت قابل قبول نیست و بایست در آن تجدید نظر کرد.

#### 4- تشکیل سوپرماتریس نامتوازن

در ساختمان ابرماتریس هم گزینه ها هم معیارها و زیرمعیارها در سطرها و ستونها آورده می شود و وزنهای نسبی به دست آمده درماتریسهای مقایسات زوجی در این ماتریس قرار می گیرد و همچنین اگر عنصری دارای رابطه بازخوردی با خودش باشد مقدار آدر ارتباط با خودش در سوپر ماتریس نامتوازن می گیرد. شکل 1 ساختار کلی سوپرماتریس را نشان می دهد.  $e_{ij}$  عنصر  $j$  ام از خوشه  $i$  ام و  $w_{ik}$  ماتریس بلوکی است که نشان دهنده وزن بردار است که تحت تأثیر عنصر  $i$  ام خوشه در ارتباط با خوشه  $k$  ام قرار گرفته است.

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_N \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ \vdots \\ C_i \\ \vdots \\ C_j \\ \vdots \\ C_N \end{matrix} & \begin{bmatrix} e_{11}e_{12} \dots e_{1N} & e_{21}e_{22} \dots e_{2N} & \dots & e_{N1}e_{N2} \dots e_{NN} \\ W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1N} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2N} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ W_{N1} & W_{N2} & \dots & W_{NN} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

شکل 1. سوپرماتریس وزن دهی نشده (20)

در صورت وابستگی بین خوشه ها ماتریس مقایسات زوجی خوشه ها را تشکیل می دهد و مانند روش AHP وزن های نسبی خوشه ها را به دست می آوریم و در ماتریسی به نام ماتریس خوشه ای<sup>1</sup> وارد می کنیم.

5- تشکیل سوپر ماتریس موزون ( $\hat{W}$ )

در این مرحله سوپر ماتریس موزون ( $\hat{W}$ ) از طریق ضرب مقادیر سوپر ماتریس نا موزون در ماتریس خوشه ای و نرمالیزه کردن هر ستون سوپر ماتریس ناموزون به دست می آید (10) تمایز روش فرا ابتکاری (سیم انپ) در مراحل بعدی نمایان می گردد که عبارت است از:

6- می دانیم عناصر موجود در مسئله ( $E_{ij}$ ) ها به دودسته زیر معیارها و گزینه ها تقسیم می شوند بنابر این اگر تعداد زیر معیارها n تا از  $C_1, C_2, \dots, C_n$  و تعداد گزینه ها m تا از  $A_1, A_2, \dots, A_m$  باشد، سوپر ماتریس وزن دهی شده به شکل زیر می باشد:

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccccccc}
 & C_1 & C_2 & \dots & C_n & A_1 & A_2 & \dots & A_m \\
 C_1 & \left[ \begin{array}{ccccccc}
 W_{C_1 C_1} & W_{C_1 C_2} & \dots & W_{C_1 C_n} & W_{C_1 A_1} & W_{C_1 A_2} & \dots & W_{C_1 A_m} \\
 W_{C_2 C_1} & W_{C_2 C_2} & & W_{C_2 C_n} & W_{C_2 A_1} & W_{C_2 A_2} & \dots & W_{C_2 A_m} \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\
 W_{C_n C_1} & W_{C_n C_2} & & W_{C_n C_n} & W_{C_n A_1} & W_{C_n A_2} & \dots & W_{C_n A_m} \\
 W_{A_1 C_1} & W_{A_1 C_2} & \dots & W_{A_1 C_n} & W_{A_1 A_1} & W_{A_1 A_2} & \dots & W_{A_1 A_m} \\
 W_{A_2 C_1} & W_{A_2 C_2} & \dots & W_{A_2 C_n} & W_{A_2 A_1} & W_{A_2 A_2} & \dots & W_{A_2 A_m} \\
 \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\
 W_{A_m C_1} & W_{A_m C_2} & & W_{A_m C_n} & W_{A_m A_1} & W_{A_m A_2} & \dots & W_{A_m A_m}
 \end{array} \right]
 \end{array}
 \end{array}$$

شکل 2. سوپر ماتریس وزن دهی شده ( $\hat{W}$ )

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{cc}
 & \begin{array}{cc} C & A \end{array} \\
 \begin{array}{c} C \\ A \end{array} & \left[ \begin{array}{cc} W_{CC} & W_{CA} \\ W_{AC} & W_{AA} \end{array} \right] =
 \end{array}
 \end{array}$$

1. Cluster matrix



سوپرماتریس وزن دهی شده از 4 ماتریس زیر تشکیل شده است:

$$1- \quad C \quad [w_{CC}]^{-1} \quad \text{ماتریس وزن های نسبی زیر معیارها از لحاظ زیر معیارها}$$

$$2- \quad C \quad [w_{CA}]^{-1} \quad \text{ماتریس وزن های نسبی زیر معیارها از لحاظ گزینه ها}$$

$$3- \quad A \quad [w_{AC}]^{-1} \quad \text{ماتریس وزن های نسبی گزینه ها از لحاظ زیر معیارها}$$

$$4- \quad A \quad [w_{AA}]^{-1} \quad \text{ماتریس وزن های نسبی گزینه ها از لحاظ گزینه ها}$$

در این مرحله مقادیر  $u_i$  را به شکل زیر به دست می آوریم:

$$u_i = (w_{C_i C_1} + w_{C_i C_2} + \dots + w_{C_i C_n}) + (w_{C_i A_1} + w_{C_i A_2} + \dots + w_{C_i A_n}) \quad (2)$$

$$u_i = \sum_{j=1}^n w_{C_i C_j} + \sum_{j=1}^m w_{C_i A_j} \quad i=1, \dots, n$$

به بیان ساده  $u_i$  برابر جمع وزن های نسبی معیار  $C_i$  از لحاظ معیارها و گزینه ها از سوپر ماتریس وزن دهی شده می باشد. بعد از به دست آوردن  $u_i$  ها،  $\vec{u}$  را تشکیل می دهیم.

$$\vec{u} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix}$$

و  $\vec{u}$  را از نرمالیزه کردن درصدی  $\vec{u}$  به دست می آوریم.

$$(4) \quad \vec{u} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{u_1}{u_1 + \dots + u_n} \\ \frac{u_2}{u_1 + \dots + u_n} \\ \vdots \\ \frac{u_n}{u_1 + \dots + u_n} \end{bmatrix}$$

7- در این مرحله  $\vec{L}$  را به صورت زیر به دست می آوریم .

$$(5) \quad A \begin{bmatrix} C \\ W_{AC} \end{bmatrix} \times \vec{u} = \vec{L}_{m \times 1}$$

8- مقادیر  $s_i$  را از ماتریس وزن های نسبی گزینه ها از لحاظ گزینه ها به شکل زیر به دست

می آوریم:

$$(6) \quad s_i = \sum_{j=1}^m w_{A_i A_j} \times \sum_{j=1}^m w_{A_j A_i} \quad i=1, \dots, m$$

$$A \quad [W_{AA}] = \begin{matrix} & \begin{matrix} A_1 & A_2 & \dots & A_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} w_{A_1 A_1} & w_{A_1 A_2} & \dots & w_{A_1 A_m} \\ w_{A_2 A_1} & w_{A_2 A_2} & \dots & w_{A_2 A_m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{A_m A_1} & w_{A_m A_2} & \dots & w_{A_m A_m} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

شکل 3. وزن های نسبی گزینه ها از لحاظ گزینه ها

$w_{A_i A_j}$ : وزن نسبی گزینه  $A_i$  از لحاظ  $A_j$

$w_{A_j A_i}$ : وزن نسبی گزینه  $A_j$  از لحاظ  $A_i$

سپس بعد از به دست آوردن  $s_i$  ها  $\vec{S}_{m \times 1} = \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_m \end{bmatrix}$  را تشکیل می دهیم.

9-  $\vec{N}_{m \times 1}$  را از جمع دو بردار به دست آمده از مراحل 8 و 9 به دست می آوریم.

$$(7) \vec{N}_{m \times 1} = \vec{L}_{m \times 1} + \vec{S}_{m \times 1}$$

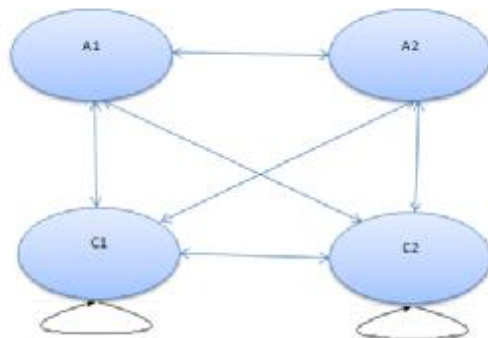
حال با نرمالیزه کردن  $\vec{N}$  به روش در صدی،  $\vec{N}$  به دست آمده که وزن نهایی نسبی گزینه ها

می باشد.

برای درک بهتر روش فرا ابتکاری یک مثال ساده طراحی شده و فرایند روش فرا ابتکاری

برای حل مسایل شبکه ای روی این مثال پیاده شده است.

مثال:  
مرحله 1:



شکل 4. ساختار شبکه‌ای مسئله

مرحله 2: تشکیل ماتریس مقایسه دودویی و تعیین بردارهای اولویت

$$\begin{array}{l}
 \begin{array}{c} c_1 \\ A_1 \\ A_2 \end{array} \begin{array}{cc} A_1 & A_2 \\ \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \end{array} \xRightarrow{w} \begin{array}{c} c_1 \\ A_1 \\ A_2 \end{array} \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 1 \\ 3 \end{bmatrix} \\
 \\
 \begin{array}{c} c_2 \\ A_1 \\ A_2 \end{array} \begin{array}{cc} A_1 & A_2 \\ \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \end{array} \xRightarrow{w} \begin{array}{c} c_2 \\ A_1 \\ A_2 \end{array} \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix} \\
 \\
 \begin{array}{c} A_1 \\ C_1 \\ C_2 \end{array} \begin{array}{cc} C_1 & C_2 \\ \begin{bmatrix} 1 & 5 \\ \frac{1}{5} & 1 \end{bmatrix} \end{array} \xRightarrow{w} \begin{array}{c} A_1 \\ C_1 \\ C_2 \end{array} \begin{bmatrix} 5 \\ 6 \\ 1 \\ 6 \end{bmatrix}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c} A_2 \\ C_1 \\ C_2 \end{array} \begin{array}{c} C_1 \\ C_2 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & 20 \\ \frac{1}{20} & 1 \end{bmatrix} \stackrel{w}{\Rightarrow} \begin{array}{c} A_2 \\ C_1 \\ C_2 \end{array} \begin{bmatrix} \frac{20}{21} \\ \frac{1}{21} \\ \frac{1}{21} \end{bmatrix}$$

مرحله 3: محاسبه اندازه ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی با توجه به اینکه همه ماتریس‌های مقایسات زوجی سازگار می‌باشند  $\frac{w_i}{w_j} = a_{ij}$  بنابراین نرخ ناسازگاری برای هر یک از ماتریس‌ها صفر می‌باشد.

مرحله 4: تشکیل سوپر ماتریس نامتوازن:

$$\begin{array}{c} c_1 \\ c_2 \\ A_1 \\ A_2 \end{array} \begin{array}{c} c_1 \\ c_2 \\ A_1 \\ A_2 \end{array} \begin{bmatrix} 5 & \frac{20}{21} \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{21} \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{21} \\ \frac{2}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \end{bmatrix}$$

مرحله 5: تشکیل سوپر ماتریس متوازن ( $\hat{W}$ ):

$$\begin{array}{c} c_1 \\ c_2 \\ A_1 \\ A_2 \end{array} \begin{array}{c} c_1 \\ c_2 \\ A_1 \\ A_2 \end{array} \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{2}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{5}{12} & \frac{10}{21} \\ \frac{1}{12} & \frac{1}{21} \\ \frac{1}{12} & \frac{42}{21} \\ 0 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & 0 \end{bmatrix}$$

مرحله 6: به دست آوردن  $\vec{u}$ :

$$(8) u_i = \sum_{j=1}^n w_{C_i C_j} + \sum_{j=1}^m w_{C_i A_j} \quad i=1, \dots, n$$

$$u_1 = (w_{C_1 C_1} + w_{C_1 C_2}) + (w_{C_1 A_1} + w_{C_1 A_2})$$

$$u_1 = \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right) + \left(\frac{5}{12} + \frac{10}{21}\right) \Rightarrow u_1 = \frac{131}{84}$$

$$u_2 = \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right) + \left(\frac{11}{12} + \frac{1}{42}\right) \Rightarrow u_2 = \frac{65}{84}$$

$$\vec{u} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} \Rightarrow \vec{u} = \begin{bmatrix} \frac{131}{84} \\ \frac{65}{84} \end{bmatrix}$$

$$\vec{w} = \begin{bmatrix} \frac{131}{84} \\ \frac{131}{84} + \frac{65}{84} \\ \frac{65}{84} \\ \frac{131}{84} + \frac{65}{84} \end{bmatrix} \Rightarrow \vec{w} = \begin{bmatrix} \frac{131}{84} \\ \frac{196}{84} \\ \frac{65}{84} \\ \frac{196}{84} \end{bmatrix}$$

مرحله 7: به دست آوردن  $\vec{L}$ :

$$(9) \vec{L} = A \begin{bmatrix} C \\ W_{AC} \end{bmatrix} \times \vec{u}$$

$$\Rightarrow \vec{L} = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \end{matrix} \begin{bmatrix} c_1 & c_2 \\ \frac{2}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{2}{9} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \frac{131}{84} \\ \frac{196}{84} \\ \frac{65}{84} \\ \frac{196}{84} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{105}{84} \\ \frac{588}{84} \\ \frac{29}{84} \\ \frac{196}{84} \end{bmatrix}$$

مرحله 8: به دست آوردن  $\vec{S}$ :

$$(10) s_i = \sum_{j=1}^m w_{A_i A_j} \times \sum_{j=1}^m w_{A_j A_i}$$

$$s_i = (w_{A_i A_1} + w_{A_i A_2} + \dots + w_{A_i A_m}) \times (w_{A_1 A_i} + w_{A_2 A_i} + \dots + w_{A_m A_i})$$

$$s_1 = (w_{A_1 A_1} + w_{A_1 A_2}) \times (w_{A_1 A_1} + w_{A_2 A_1}) s_1 = \left(0 + \frac{1}{2}\right) \times \left(0 + \frac{1}{2}\right) = \frac{1}{4}$$

$$s_2 = \frac{1}{4}$$

$$\vec{s} = \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} \end{bmatrix}$$

مرحله 9: به دست آوردن  $\vec{N}$ :

$$\vec{N} = \vec{L} + \vec{s} \Rightarrow \vec{N} = \begin{bmatrix} 105 \\ 588 \\ 29 \\ 196 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ 7 \\ 39 \\ 98 \end{bmatrix}$$

$$\vec{N} = \begin{bmatrix} 14 \\ 27 \\ 13 \\ 27 \end{bmatrix} \Rightarrow w_{A_1} = \frac{14}{27}, w_{A_2} = \frac{13}{27}$$

## نتایج

اعمال روش فرا ابتکاری (سیم انت) و مقایسه با روش‌های پیشین:

در این مرحله با مقایسه نتیجه به دست آمده از روش SIMANP با روش ANP با استفاده از نرم افزار Super Decision مشاهده می‌گردد که بدون استفاده از نرم افزار نتایج حاصل از روش SIMANP از دقت بالایی برخوردار می‌باشد. برای اثبات دقت SIMANP مثال‌هایی ساده تا پیچیده به نوعی در نرم افزار Super Decision و کتاب‌ها و مقالات معتبر حل شده با جواب‌های حاصله از روش SIMANP مقایسه شده است.

جدول 3. نتایج مثال حل شده

A2	A1	C2	C1	
0.476195	0.4167	0.333333	0.333333	C1
0.0238	0.0833	0.333333	0.333333	C2
0.500005	0	0.111111	0.222222	A1
0	0.5	0.222222	0.111111	A2

مقادیر مانع	مقادیر نرمالیزه شده	روش جدید	اختلاف
LIMIT	LIMIT		
0.205796	0.14488714	0.518518519	0.004093
0.194205	0.485511286	0.481481481	0.004093

مثال هایی از Sample Models نرم افزار Super Decision

جدول 4. مثال big berger

اختلاف	روش جدید	مقادیر نرمالیزه شده ANP	مسئله Big berger
0.005351504	0.639295812	0.633944307	1 McDonalds
0.026964952	0.205895464	0.232860416	2 Burger King
0.021613447	0.154808724	0.133195277	3 Wendy's

جدول 5. مثال hamberger

اختلاف	روش جدید	مقادیر نرمالیزه شده ANP	مسئله hamberger
0.02036738	0.57524277	0.554875398	1 McDonald's
0.00851412	0.27165267	0.280166792	2 Burger King
0.01185325	0.15310456	0.16495781	3 Wendy's

جدول 6. مثال Mkt Share Beer

اختلاف	روش جدید	نرمالیزه شده anp	مسئله Mkt Share Beer
0.034930184	0.575561	0.610491192	Cheap Brew
0.026583258	0.185845	0.159261985	Microbrew & Imports
0.008346927	0.238594	0.230246823	Premium



جدول 7. مثال Mkt Share Cereal Industry

اختلاف	روش جدید	لیزه شده شده anp	Mkt Share Cereal Industry
0.017703	0.306198	0.323901	1Kellogg
0.008424	0.263237	0.254814	2General Mills
0.000506	0.146595	0.147101	3Post
0.003691	0.119938	0.116246	4Quaker
0.001648	0.072956	0.071309	5Nabisco
0.004446	0.091076	0.086629	6Ralston

جدول 8. مثال Mkt Share Passenger Car

اختلاف	روش جدید	روش ANP نرمالیزه شده	Mkt Share PassengerCar
0.062218	0.600674	0.53845613	1American
0.041292	0.261273	0.302565851	2Asian
0.020926	0.138052	0.158978019	3European

جدول 9. مثال Mkt Share Walmart

اختلاف	روش جدید	نرمالیزه شده شده ANP	Mkt Share Walmart
0.00620397	0.604731	0.5985268	1 Walmart
0.0003541	0.247232	0.247585823	2 KMart
0.00584987	0.148038	0.153887377	3 Target

جدول 10. مثال طراحی شده

C5	C4	C3	C2	C1	A3	A2	A1	
0.081712	0.3655	0.163424	0.318491	0.039128	0.120352	0.048141	0	A1
0.269807	0.0405	0.539614	0.052363	0.358326	0.120352	0	0.048141	A2
0.148481	0.094	0.296961	0.129146	0.102545	0	0.192562	0.192562	A3
0.05	0.062495	0	0.125	0.125	0.231642	0.231642	0.077208	C1
0.2	0.187505	0	0.125	0.125	0.077214	0.077214	0.231648	C2
0	0	0	0	0	0.141575	0.141575	0.141575	C3
0.25	0	0	0.031258	0.083333	0.077211	0.077211	0.257388	C4
0	0.25	0	0.218742	0.166667	0.231655	0.231655	0.051478	C5

مقادیر ماتریس	مقادیر نرمالیزه شده	روشن جدید	اختلاف	
LIMIT	LIMIT			
0.133696	0.31779793	0.317255	0.000543	A1
0.151473	0.360054196	0.362409	0.002354	A2
0.135526	0.322147874	0.320337	0.001811	A3

جدول 11. مثال طراحی شده

C5	C4	C3	C2	C1	A3	A2	A1	
0.081712	0.3655	0.163424	0.318491	0.039128	0.120352	0.02407	0.120352	A1
0.269807	0.0405	0.539614	0.052363	0.358326	0.120352	0.120352	0.02407	A2
0.148481	0.094	0.296961	0.129146	0.102545	0	0.096281	0.096281	A3
0.05	0.062495	0	0.125	0.125	0.231642	0.231642	0.077208	C1
0.2	0.187505	0	0.125	0.125	0.077214	0.077214	0.231648	C2
0	0	0	0	0	0.141575	0.141575	0.141575	C3
0.25	0	0	0.031258	0.083333	0.077211	0.077211	0.257388	C4
0	0.25	0	0.218742	0.166667	0.231655	0.231655	0.051478	C5

مقادیر ماتریس	مقادیر نرمالیزه شده	روشن جدید	اختلاف	
LIMIT	LIMIT			
0.145898	0.346802315	0.3492894	0.0024871	A1
0.164354	0.390672578	0.394443	0.0037704	A2
0.110443	0.262525107	0.2562688	0.0062563	A3

جدول 12. مثال طراحی شده

C5	C4	C3	C2	C1	A3	A2	A1	
0.081712	0.365321	0.163424	0.318491	0.039128	0.080234	0.048141	0.058353	A1
0.269807	0.040479	0.539614	0.052363	0.358326	0.080234	0	0.036471	A2
0.148481	0.0942	0.296961	0.129146	0.102545	0.080234	0.192562	0.14588	A3
0.05	0.062495	0	0.25	0	0.231642	0.231642	0.077208	C1
0.2	0.187505	0	0	0.25	0.077214	0.077214	0.231648	C2
0	0	0	0	0	0.141575	0.141575	0.141575	C3
0.25	0	0	0.031258	0.083333	0.077211	0.077211	0.257388	C4
0	0.25	0	0.218742	0.166667	0.231655	0.231655	0.051478	C5

اختلاف	روش جدید	مقادیر نرمال شده LIMIT	مقادیر ماتریس LIMIT	
2.168351-05	0.3233226	0.323344283	0.136029	A1
0.000286288	0.3451783	0.344892012	0.145094	A2
0.000264605	0.3314991	0.331763705	0.139571	A3

جدول 13. مثال طراحی شده

C5	C4	C3	C2	C1	A3	A2	A1	
0.081712	0.3655	0.163424	0.318491	0.039128	0.060176	0.02407	0.120352	A1
0.269807	0.0405	0.539614	0.052363	0.358326	0.060176	0.120352	0.02407	A2
0.148481	0.094	0.296961	0.129146	0.102545	0.120352	0.096281	0.096281	A3
0.05	0.062495	0	0.125	0.125	0.231642	0.231642	0.077208	C1
0.2	0.187505	0	0.125	0.125	0.077214	0.077214	0.231648	C2
0	0	0	0	0	0.141575	0.141575	0.141575	C3
0.25	0	0	0.031258	0.083333	0.077211	0.077211	0.257388	C4
0	0.25	0	0.218742	0.166667	0.231655	0.231655	0.051478	C5

اختلاف	روش جدید	مقادیر وزن شده LIMIT	مقادیر ماتریس LIMIT	
0.0002596	0.3292676	0.329008	0.138412	A1
0.001609	0.3744211	0.3760301	0.158194	A2
0.0013494	0.2963113	0.294961908	0.124089	A3

مثال حل شده در کتاب مرجع (21)

اختلاف	روش جدید	روش ANP	
2.25*10 <sup>-3</sup>	0.47625	0.474	ITF
3.825*10 <sup>-3</sup>	0.043825	0.04	LF
4.45*10 <sup>-3</sup>	0.2055	0.21	MF
2.25*10 <sup>-4</sup>	0.26375	0.264	PDF
1.375*10 <sup>-3</sup>	0.01065	0.012	SF

### بحث و نتیجه گیری

روش ANP یک روش تقریبی برای حل مسایل شبکه ای به دلایل زیر می باشد:

1- در مباحث ریاضی زمانی که مقدار تابع  $f(x)$  در نقطه  $x=a$  نامعلوم و در واقع مبهم باشد با استفاده از حد تابع  $f(x)$  در نقطه  $a$   $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$  مقدار تقریبی تابع  $f(x)$  در نقطه  $x=a$  را به دست می آوریم.

در روش ANP نیز از مفهوم حد، برای به دست آوردن وزن نهایی عناصر استفاده می کنیم

یعنی اگر  $\vec{W}$  سوپر ماتریس وزن دهی شده باشد وزن نهایی عناصر برابر  $\vec{w} = \lim_{k \rightarrow \infty} \vec{W}^k$  است با [22] بنابراین وزن های نهایی به دست آمده در روش ANP برای عناصر مقدار واقعی آنها نمی باشد.

2- در مباحث ریاضی هنگامی که حد تابع در نقطه  $a$  نامعلوم بود از روش های دیگری برای به دست آوردن مقدار تقریبی تابع  $f(x)$  در نقطه  $a$  استفاده می کنیم و روش ANP نیز چون از مفهوم حد استفاده می کند از این قاعده مستثنا نیست یعنی امکان دارد حد سوپر ماتریس وزن دهی شده ( $\vec{W}$ ) وجود نداشته باشد یعنی اگر در سطری به همگرایی نرسیم در این حالت از میانگین حسابی برای سطری که به همگرایی نرسیده است، استفاده می کنیم.

$$\vec{W}^{\infty} = \lim_{k \rightarrow \infty} \left( \frac{1}{m \cdot n} \right) \sum_{j=1}^{m \cdot n} w_j^k, \quad (23)$$

حالا با توجه به فرآیند روش فرا ابتکاری SIMANP و دقت نشان داده شده این روش در محاسبه وزن نهایی عناصر در بخش نتایج و همچنین تقریبی بودن روش ANP در حل مسایل شبکه‌ای به دلیل استفاده از حد برای به دست آوردن وزن نهایی عناصر روش فرا ابتکاری SIMANP با توجه به سادگی و کوتاهی مراحل و همچنین دقت بالا و سرعت بالا در به دست آوردن وزن نهایی عناصر می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش ANP در حل مسایل شبکه‌ای باشد.

## منابع

- David Fred R., *Strategic Management.*, 1999.
- Myles Munroe, *The Principles and Power of Vision.*, 2003.
- John Pearce and Richard Robinson, *Strategic Management.*: McGraw-Hill/Irwin, 2008.
- Saaty TL, *The analytic hierarchy process.* new york: McGraw-Hill, 1980.
- Thomas L. Saaty, *Decision Making for Leaders.*: RWS Publications, 2008.
- David Olsen, *Multiple Criteria Decision Making Methods.*
- Ernest, H., Saaty, T., Selly, Mary, A., Waldron, R. Forman, *Expert Choice 1982-2000.* Pittsburgh, USA: Decision Support Software Inc., 2000.
- Ram K. Shrestha and Janaki R.R, *Exploring the potential for silvopasture adoption in south-central Florida: an application of SWOT-AHP method.* Alavalapati: Agricultural Systems, 2004.
- Ihsan Yuksel and Metin Dagdeviren, *Using the analytic network process (ANP) in a SWOT analysis-A case study for a textile firm.*: Information Sciences, 2007.
- T. L. Saaty, *Fundamentals of the Analytic Network Process.* Kobe, Japan: Proceedings of ISAHF 1999, 1999.
- S. and Shankar, R Jharkharia, *Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP).*: Omega, 2007.
- Thomas L.Saaty, *The analytic network process.*, 2005.
- Thomas L.Saaty, *Decision making in complex environments.*: Super decisions, 2003.
- Aida Smith and Perea, *A project strategic index proposal for portfolio selection in electrical company based on analytic network process.*, 2010.
- Carlucci and Schiuma, "Applying the analytic network process to disclose knowledge assets value creation dynamics," vol. 36, no. 4, 2008.
- Thomas L.Saaty, *Decision making with the analytic hierarchy process.*, 2008.
- T.L. Saaty, *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process.* Pittsburgh: RWS Publications, 1996.
- T. L Saaty, *The analytic network process.* Pittsburgh: RWS Publications, 2001.

- Al Harbi Kamal Al subhi, *Application of the AHP in project management.*, 1999.
- Thomas L. Saaty and Luis G. Vargas, *DECISION MAKING WITH THE ANALYTIC NETWORK PROCESS.*, 2006.
- Subhash Wadhwa, Madhawanand Mishra, and Avneet Saxena,,: Springer Science+Business Media, 2008, pp. 432-433.
- L.G. Vargas T.L. Saaty, "Diagnosis with dependent symptoms: Bayes theorem and the analytic network process," *Operations Research*, vol. 46, pp. 491-592, 1988.
- G.H. Tzeng R Yu, *Applied Mathematics and Computation.*, 2006, pp. 63-75.