فرآیند تحلیل سلسله مراتبی
(Analytical Hierarchy Process)
روشی برای تعیین اولویتهای تحقیقاتی در آموزش عالی

نویسنده : دکتر عادل آذر
عضو هیأت علمی
دانشگاه تربیت مدرس

معرفی مقاله

محدودیت منابع (بودجه، نیروی انسانی، زمان، ...) سبب می‌شود که تصمیم گیرندگان در آموزش عالی در صدد اولویت‌گذاری و تعیین درجهٔ اهمیت زمینه‌های تحقیقاتی متعدد برآیند. باتوجه به پیچیدگی شرایط تصمیم‌گیری، باید از فنون تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) استفاده کرد. در این مقاله تلاش شده است که از فن «فرآیند تحلیل تسلسلی (AHP)» برای اولویت‌گذاری زمینه‌های تحقیقاتی در آموزش عالی استفاده شود. فن AHP برگرفته از نظریه (تئوری) گراف (Graph Theory) است که آن را توماس. ال. ساعتی (T.L. Saaty)، در دههٔ اخیر، به ادبیات تصمیم‌گیری معرفی کرد. در این مقاله، الگوریتم AHP به گونه‌ای تشریح گردیده و تطبیق داده شده است که هم در شرایط تصمیم‌گیری انفرادی برای اولویت‌گذاری تحقیقات قابل استفاده است و هم در حالت تصمیم‌گیری گروهی (مشارکت کارگاهی) به کاربستنی خواهد بود.

دربخش دوم مقاله، فن AHP، برای یک مثال عددی به کار گرفته شده است. در این

مثال، بخوبی می‌توان دید که کارآیی این فن در اولویت‌گذاری و تعیین درجهٔ اهمیت زمینه‌های تحقیقاتی تا چه اندازه است. درنهایت، پیشنهادهایی برای استفاده بهتر از این فن و بهبود آن ارائه شده است.

مقدمه

پیچیدگی موقعیتهای تصمیم‌گیری و محدودیت منابع موجب شده‌اند که هر تصمیم‌گیرنده، چه در سطح کلان و چه درسطح خرد، به فکر اولویت‌بندی و دسته‌بندی موقعیتهای سرمایه‌گذاری بیفتد. موضوع اولویت‌بندی تحقیقات و پژوهشهای ملی نیز از جمله مباحثی است که در چند سالهٔ اخیر در سطح کشور ما ـ به دلیل محدودیت بودجه و منابع مالی ـ فراگیر شده است و، خوشبختانه، از سال ۱۳۷۰ تاکنون مقالات متعددی در این زمینه به رشتهٔ تحریر درآمده است.

در وظایف مصوب شورای پژوهشهای علمی کشور ـ در یک جا و به صورت غیر مستقیم ـ به اولویتهای تحقیقاتی اشاره شده است. دروظایف شورا از تدوین سیاستهای اجرایی پژوهشی کشور (بند الف از ماده ۱ آئین‌نامه) و ایجاد هماهنگی در برنامه‌های پژوهشی کشور (بند ج) و بررسی موانع تحقیق (بند ز) سخن به میان آمده‌است. باتوجه به این نکته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که اگر تحقیقات درجه‌بندی و مرتبه‌بندی نشوند، اعمال این سیاستها و ایجاد هماهنگی و شناسایی موانع به آسانی صورت نمی‌گیرد. در بند ج از مادهٔ ۱ آئین‌نامه شورا، تعیین اولویتها در تأسیس مراکز تحقیقاتی درکشور آمده است. درواقع، اولویت تأسیس مراکز را باید نتیجهٔ بحث و بررسی دربارهٔ اولویتهای تحقیقاتی دانست و تنها بدین ترتیب است که اولویت تأسیس معنی‌دار می‌شود.(۲۵)

اهمیت اولویت‌بندی موضوعات تحقیقاتی باعث شده است که فنون متعددی برای اولویت‌گذاری آنها توسعه پیداکنند. درادبیات مدیریت و تصمیم‌گیری می‌توان به روشهای متعددی چون :

۱ـ روش سطح کلان وکلی (Morphological Option)

۲ـ روشهای صورت برداری از موضوعات و روشهای تحقیق و توسعه باتوجه به توافق متخصصان (An Inventory of Expert - Consensus Methods)

۲ـ۱ـ روش دلفی (Delphi Method)

۲ـ۲ـ روش اثرات متقابل (Cross - Impact Method)

۳ـ روش ماتریس و سیستم اثرات متقابل (Cross - Impact systems and Matrixes)

۴ـ روش مطالعات موردی (Case Study)

۵ ـ روش کلاسیک وزن دادن

۶ـ روش چند شاخصی (Multi - Criteria Method)

۷ـ روش توجه به چند خط مشی (Multi - Criteria and Policies)

۸ـ روش‌تجزیه وتحلیل ساختاری موضوعات‌طرحها(پروژه‌ها) (Strcutural Method)

۹ـ روش تلفیقی

اشاره شده است.(۲۶)

محدودیت روشهای فوق نگارنده را به فکر استفاده از یک روش جایگزین واداشت؛ بدین منظور، به بررسی روشهای اولویت‌گذاری در سایر حوزه‌های کاربردی مثل صنعت، امورمالی، مهندسی پرداخت. بررسی روشهای متعدد نشان داد که «فرآیند تحلیل سلسله مراتبی» (AHP) قابل جایگزینی و استفاده از اولویت‌گذاری تحقیقات خواهد بود. فن AHP برگرفته از نظریه (تئوری) گراف (Graph Theoty) است که آن را توماس، ال ساعتی (Thomas L., Saaty) در سال ۱۹۸۰ ابداع کرد. این روش اولین‌بار در حوزه صنعت، به گونه‌ای گسترده، به کار گرفته شد و امروزه در سایر زمینه‌های تصمیم‌گیری نیز از آن استفاده می‌شود. بررسی نگارنده نشان می‌دهد که این فن، برای اولویت‌گذاری تحقیقات، قابل تعمیم خواهد بود. باتوجه به جدید بودن این حوزه از کاربرد AHP، در این مقاله سعی شده است که مراحل استفاده از آن به صورتی ساده بیان شود وبخشی از یک مثال کاربردی نیز، که جهت فهم راحت‌تر آن جرح و تعدیل شده است، تشریح گردد.

روش « فرآیند تحلیل سلسله مراتبی » مستلزم « مقایسات زوجی » (pairwise comparisons) بین عوامل‌است (۱و۲و۳). علاوه برمنطق ریاضی قوی فن AHP، مزیت اصلی این فن برسایر فنون، درمحاسبه شاخص سازگاری (consistency index) است که باعث می‌شود، از رهگذر آن، به ارزیابی پاسخ دهندگان پرسشنامه‌ها پرداخت؛ تا بدین گونه افرادی که در پاسخهای خود ناسازگار هستند، از گروه حذف شوند (۷،۸،۱۱،۱۶و۱۷).

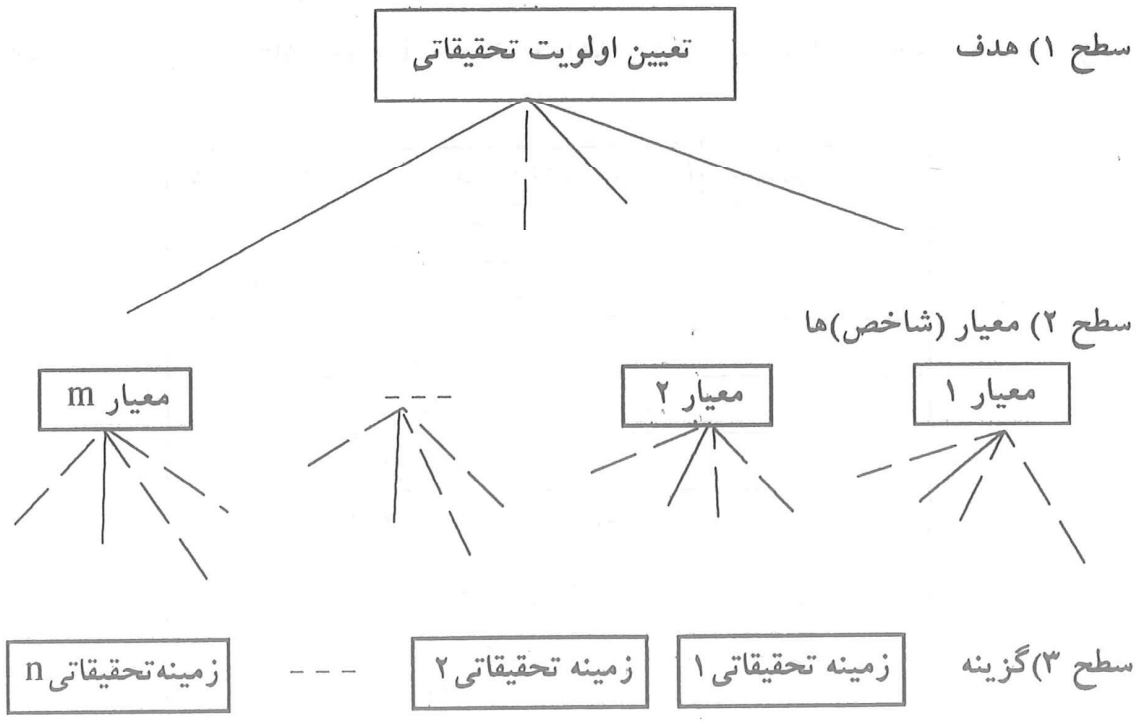
درمقاله، ابتدا کلیت فن AHP بااستفاده از نمادهای عمومی بیان می‌گردد و، سپس، یک مثال برای تعیین اولویت تحقیقاتی دررشتهٔ مدیریت، با استفاده از فن AHP، حل می‌شود. باشد که این روش جدید، که کارآیی آن در ادبیات تحقیق درعملیات (operational research) نسبت به سایر روشهای تصمیم‌گیری به اثبات رسیده است،

مورد استفاده علاقمندان و تصمیم‌گیران تحقیقاتی کشور قرارگیرد.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

فن AHP، درتعیین اولویتهای تحقیقاتی، روشی سلسله مراتبی است که اساس آن بر درخت سلسله مراتب (hierarchy decisien) نهفته است. براساس فن AHP، هر موضوع تصمیم‌گیری دارای درختی است که سطح یک آن «هدف» (goal)، و سطح آخر آن، گزینه‌های رقیب (alternatives) خواهد بود. سطح (سطوح) بین سطح اول و آخر، شامل عوامل (factors)است (۶، ۹ و ۱۲). حال، چنانچه فرض کنیم سطح اول یک درخت تصمیم‌گیری موضوع تعیین اولویتهای تحقیقاتی، تعیین بهترین اولویت تحقیقاتی باشد و درسطح آخر نیز محور (زمینه)های تحقیقاتی قرارگرفته باشد، سطح فیمابین را می‌توان معیارها یا شاخصهای ارزیابی زمینه‌های تحقیقاتی تعریف کرد. بدین ترتیب، فرض کنید که برای تحقیقات ملی کشور، n زمینهٔ (محور) تحقیقاتی وجود دارد که می‌خواهیم آنها را باتوجه به m معیار (شاخص) اولویت‌بندی نماییم. براین اساس، درخت سلسله مراتب، به شرح زیر، قابل نمایش خواهد بود :

شکل (۱) درخت سلسله مراتب تصمیم در فن AHP



باترسیم درخت سلسله مراتب تصمیم برای اولویت‌بندی زمینه‌های تحقیق، می‌توان فن AHP را برای استخراج فهرست اولویتهای تحقیقاتی و ضریب اهمیت هریک از زمینه‌ها ـ ازبالاترین ضریب اهمیت تاکمترین ضریب ـ استخراج کرد. برای استخراج فهرست اولویتهای تحقیقاتی، ازمراحل زیراستفاده می‌شود: (۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰)

مرحلهٔ ۱) مقایسات زوجی :

در فن AHP، باید زمینه‌های تحقیقاتی رانسبت به تک تک معیارها مقایسهٔ زوجی نمود. بدین ترتیب، m ماتریس n×n وجود خواهد داشت که نشان دهندهٔ مقایسهٔ دو بدوی گزینه‌های تحقیقاتی در سطح آخر خواهد بود. علاوه بر این m ماتریس، یک ماتریس m × m نیز باید به دست تصمیم‌گیرنده (تصمیم‌گیران) پرشود که بیانگر مقایسات زوجی معیار (شاخص)های ارزیابی زمینه‌های تحقیقاتی نسبت به هدف در سطح ۱ است.

مقایسات زوجی در فن AHP باید برگرفته از طیف ساعتی باشد (۲۱ و ۲۲). این طیف دارای مقیاسی است که دامنهٔ آن از «ترجیح مساوی» تا «بی‌نهایت مرجح» می‌باشد. چنانچه تصمیم‌گیرندگان بخواهند برای اولویت‌بندی تحقیقات، از فن AHP استفاده نمایند، باید از این طیف برای مقایسات زوجی استفاده کنند. (ضرورت استفاده از طیف ساعتی درمرحلهٔ آخر فرآیند بیان خواهد شد). طیف ساعتی عبارت است از :

مقدار عددی	درجهٔ اهمیت درمقایسهٔ دوبدو
۱	ترجیح یکسان
۲	یکسان تا نسبتاً مرجح
۳	نسبتاً مرجح
۴	نسبتاً تا قویاً مرجح
۵	قویاً مرجح
۶	قویاً تا بسیار قوی مرجح
۷	ترجیح بسیار قوی
۸	بسیار قوی
۹	بی‌اندازه مرجح

بدیهی است که در این مرحلهٔ (m+1) ماتریس براساس مقایسات زوجی به‌دست می‌آید که قطر آن ۱ و پایین قطر معکوس عناصر بالای قطر خواهد بود.

مرحلهٔ ۲) استخراج ضرایب اهمیت ماتریسها :

دراین مرحله، ابتدا ماتریس مقایسات زوجی، که از مرحلهٔ ۱ استخراج شده‌اند، بهنجار (normalized) می‌شوند. اگر اعداد به دست آمده از طیف ساعتی را a_{ij} بدانیم، ماتریسها بهنجار شده براساس رابطهٔ (۱) بدست می‌آید.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \qquad (j = 1, 2, ...n) \qquad (۱)$$

که در آن :

مقدار ترجیح عامل iام به jام : a_{ij} مقدار بهنجار شدهٔ ترجیح عامل iام به jام : r_{ij} خواهد بود (۱۳ و ۲۲).

رابطهٔ (۱) براین فرض استوار است که اولویتهای تحقیقاتی را تصمیم‌گیرنده‌ای واحد انجام دهد. ولی چنانچه بیش از یک تصمیم‌گیرنده در تعیین اولویتهای تحقیقاتی نقش داشته باشند، ناچار باید به تلفیق تصمیمات اعضای گروه تصمیم‌گیرنده پرداخت (۸ و ۲۳). درچنین مواقعی، ابتدا ماتریس ترکیبی گروه به صورت زیر به‌دست می‌آید :

$$a_{ij} = \prod_{i=1}^{N} (a^{(1)}_{ij})^{\frac{1}{N}} \qquad (۲)$$

رابطهٔ (۲) نشان دهندهٔ، میانگین هندسی نظرهای مختلف اعضای گروه تصمیم‌گیرنده است که در آن فرض شده است :

مقدار ترجیح عامل iام به jام از نظر فرد L ام : $a_{ij}^{(1)}$

تعداد اعضای گروه تصمیم‌گیری : N

میانگین هندسی ترجیح عامل i ام به j ام : a_{ij}

باشد. (۱۳ و ۲۲)

بدین ترتیب، رابطه (۱) برای بهنجار کردن مقایسات زوجی گروه به شرح زیر تغییر می‌کند :

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \qquad (j = 1, 2, \ldots n) \quad (۳)$$

با به دست آوردن ماتریس r_{ij} ضرایب اهمیت هر یک از گزینه‌ها و معیار به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} r_{ij}}{n} \qquad (i = 1,2,\ldots,n) \quad (۴)$$

که در آن، W_i نشان‌دهندهٔ مقدار اهمیت عامل i درمیان سایر عوامل خواهد بود (۱۸). واضح است که رابطهٔ (۴)، اهمیت عامل i را درمیان سایر عوامل همسطح خود، نسبت به یک عامل سطح بالاتر، نشان می‌دهد. حال برای استخراج ضریب اهمیت هر یک از زمینه‌های تحقیقاتی، باتوجه به کلیهٔ معیارهای ارزیابی، باید به مرحلهٔ ۳ رفت.

مرحلهٔ ۳) استخراج اولویتهای تحقیقاتی

براساس رابطهٔ (۴)، ضریب اهمیت هر یک از زمینه‌های تحقیقاتی درسطح سهٔ درخت سلسله مراتب اولویتهای تحقیقاتی کشور (شکل ۱)، باتوجه به هریک از معیارهای سطح ۲ درخت، مشخص می‌شود. بنابراین، هر زمینه تحقیقاتی دارای m معیار است. همچنین، به کمک همین رابطه می‌توان هر یک m معیار را نسبت به هم در راستای سطح ۱ درخت مشخص کرد. بدین ترتیب، هر مقدار سطح ۳ دارای مقدار وزنی در سطح ۲ خواهد بود.

بااستفاده از میانگین موزون، می‌توان $(m+1)$ بردار وزنی (که مجموع همهٔ آنها مساوی‌است) را باهم تلفیق کرد. بدین ترتیب، یک بردار $(n\times1)$ به دست می‌آید که مجموع آن مساوی ۱، و ردیفهای آن نشان دهندهٔ ضریب اهمیت زمینه‌های تحقیقاتی

درسطح ملی است.

مرحلهٔ ۴) محاسبهٔ نرخ سازگاری (Consistency Rate)

علت اینکه درمرحلهٔ ۱ (مقایسات زوجی) براستفاده از طیف ساعتی تأکید شد، استفاده از نرخ سازگاری برای بررسی درجهٔ پایانی ماتریسهای مقایسهٔ عوامل است. برخی از اعضای گروه تصمیم‌گیری ممکن است تجربه و تخصص کافی برای پرکردن پرسشنامهٔ مقایسهٔ گزینه‌ها یامعیارها نداشته باشند. از این‌رو، چنین افرادی باید از عضویت گروه حذف شوند. ساعتی معتقد است که هر ماتریس مقایسه باید از حداقل نرخ سازگاری برخوردار باشد که با استفاده از ریاضیات بردار ویژه (Eigen Value) قابل محاسبه است. گامهای محاسبهٔ نرخ سازگاری عبارت است از :

۴-۱) محاسبهٔ بردار حاصل جمع موزون (Weighted Sum Vector)

به صورت زیر :

$$WSV = W.A \qquad (۵)$$

که در آن، بردار ضرایب حاصل از هر ماتریس مقایسات زوجی است که از رابطهٔ (۴):W به دست می‌آید؛ و A ماتریس اولیهٔ مقایسات زوجی است.

۴-۲) محاسبهٔ بردار سازگاری (Consistency)

به صورت زیر :

$$CV = \frac{WSV}{W} \qquad (۶)$$

۴-۳) محاسبهٔ شاخص سازگاری

$$CI = \frac{\lambda\text{-}n}{n\text{-}1} \qquad (۷)$$

که در آن، n بیانگر ابعاد ماتریس است و λ براساس متوسط بردار سازگاری (C.V) به‌دست می‌آید.

حال،، درمرحله‌ای هستیم که می‌توانیم نرخ سازگاری را حساب کنیم. نرخ سازگاری (C.R) برابر است باشاخص سازگاری (CI) تقسیم برشاخص تصادفی (Random Index = RI)، که از جدول ساعتی تعیین می‌شود (۱۱، ۱۹ و ۲۰).

شاخص تصادفی (RI) با ابعاد ماتریس (n) رابطهٔ مستقیم دارد. جدول شاخص تصادفی به شرح زیر است :

n	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
RI	۰/۰۰	۰/۵۸	۰/۹۰	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱

به طور کلی :

$$C.R = \frac{C.I}{R.I}$$

نرخ سازگاری به ما می‌گوید که چقدر میان مقایسات هر تصمیم‌گیرنده (عضو گروه تصمیم‌گیری) سازگاری وجود دارد. اگر CR محاسبه شده عدد بزرگی باشد، سازگاری کم و اگر عدد عدد کوچکی باشد، سازگاری بیشتر است. بطورکلی، اگر نرخ سازگاری کمتر یا مساوی ۱۰٪ باشد، تصمیم‌گیرنده درمقایسات زوجی سازگاری دارد. اگر نرخ سازگاری بیشتر از ۱۰٪ باشد، تصمیم گیرنده باید به طور جدی درجوابهای اولیه خود، که به منظور به دست آوردن ماتریس مقایسات زوجی اولیه از آنها استفاده شد، تجدید نظر کند؛ یا اینکه این فرد از گروه تصمیم‌گیری حذف شود (۱۳ و ۱۶).

بخش دوم مقاله به تشریح مراحل چهارگانهٔ فن AHP با استفاده از یک مثال کاربردی می‌پردازد. در این مثال، برای سادگی و اختصار در محاسبات، فرض می‌شود که سه زمینه تحقیقاتی با توجه به چهار معیار (شاخص) ارزیابی مورد بررسی قرارگیرد، تا ضریب اهمیت هر یک از زمینه‌های تحقیقاتی و اولویت آنها مشخص گردد. لازم به توضیح است که، این مثال، بخشی از یک مورد واقعی است که به صورت ساده و جرح و تعدیل یافته ارائه شده است.

مثال :

هدف تصمیم‌گیرنده‌ای تعیین اولویت تحقیقاتی برای رشتهٔ مدیریت است. فرض کنید زمینه‌های تحقیقاتی، برای رشتهٔ مدیریت، عبارتند از:

۱ـ دولتی

۲ـ بازرگانی

۳ـ صنعتی

همچنین تصمیم‌گیرنده بابررسیهای متعدد و مصاحبه باکارشناسان دریافته است که شاخص (معیار)های اساسی برای مقایسهٔ زمینه‌های تحقیقاتی مدیریت عبارتند از:

۱ـ اهداف برنامه توسعه

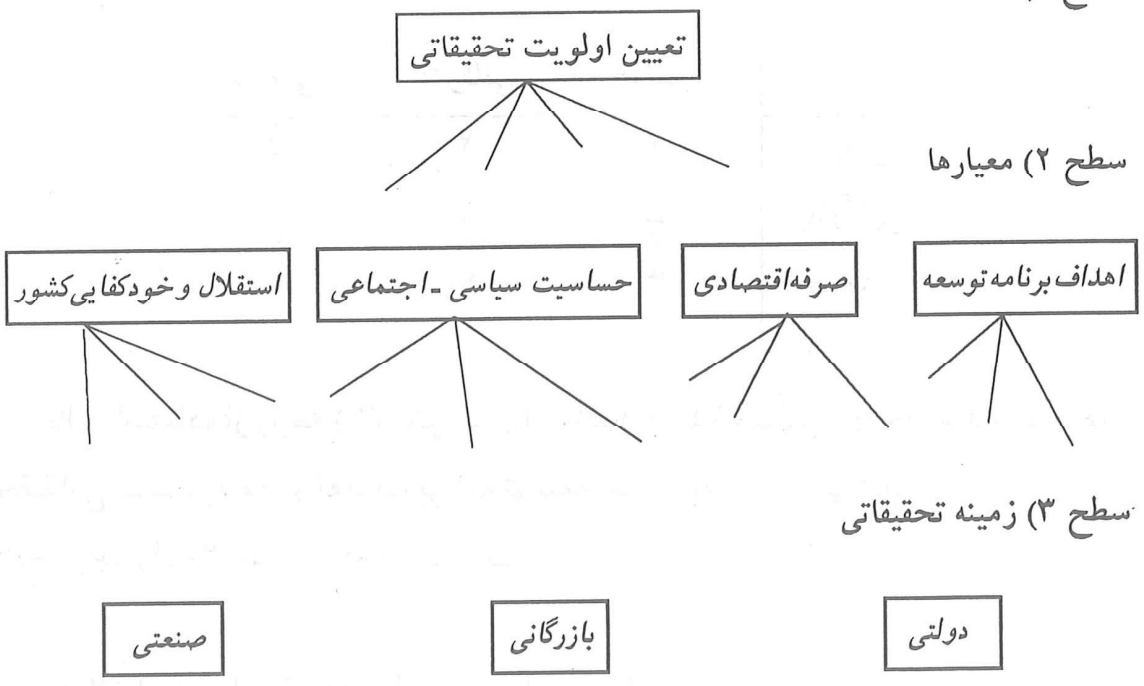
۲ـ صرفه اقتصادی

۳ـ انتقال فن‌آوری (تکنولوژی)

۴ـ حساسیت سیاسی اجتماعی

براساس اطلاعات به دست آمده، می‌توان درخت سلسله مراتب تصمیم را به صورت زیر ترسیم کرد :

شکل (۲) درخت سلسله مراتب تصمیم برای تعیین اولویت تحقیقاتی درمثال



براساس درخت فرضی به‌دست آمده، می‌توان مراحل ۱ تا ۴ را به شرح زیر انجام داد :

مرحلهٔ ۱) مقایسات زوجی :

دراین مرحله باید ۳ ماتریس ۳×۳، که بیانگر مقایسهٔ زوجی زمینه‌های تحقیقاتی نسبت به هر یک از معیارهاست، و همچنین یک ماتریس ۴×۴ درمورد مقایسه معیارهای سطح ۲ نسبت به سطح ۱ را، براساس طیف ساعتی، تشکیل داد. برای مثال، فرض کنید که تصمیم‌گیرنده می‌خواهد ماتریس مقایسه زمینه‌های تحقیقاتی را نسبت به معیار «اهداف برنامه توسعه» تشکیل دهد. وی زمینهٔ تحقیقاتی«دولتی» را نسبت به

«بازرگانی»، یکسان تا نسبتاً مرجح (یعنی عدد ۲) ارزیابی می‌کند و معتقد است که زمینهٔ تحقیقاتی «صنعتی» نسبت به «دولتی»، نسبتاً مرجح (یعنی عدد ۳) است. همچنین، دراین مقایسهٔ، زمینهٔ تحقیقاتی «صنعتی» نسبت به «بازرگانی»، ترجیح بسیار قوی (یعنی عدد ۷) را کسب کرده است. بنابراین، می‌توان یک جدول ۳×۳ به صورت زیر به دست آورد :

جدول (۱) ماتریس مقایسات زوجی زمینه‌های تحقیقاتی نسبت به معیار اهداف برنامهٔ توسعه

	دولتی	*بازرگانی*	*صنعتی*
دولتی	۱	۲	$\frac{۱}{۳}$
بازرگانی	$\frac{۱}{۲}$	۱	$\frac{۱}{۷}$
صنعتی	۳	۷	۱

حال بااستفاده از رابطهٔ (۱) ماتریس r_{ij} که نشان‌دهندهٔ ضرایب بهنجار شده زمینه‌های تحقیقاتی نسبت به معیار اهداف برنامه توسعه است، به دست می‌آید.
نتایج درجدول (۲) نشان داده شده است.

مرحلهٔ ۲) استخراج ضرایب اهمیت ماتریسها :

جدول ۲) ضرایب r_{ij} برای زمینه‌های تحقیقاتی سه گانه نسبت به معیار اهداف برنامه توسعه

	دولتی	بازرگانی	صنعتی	W_i
دولتی	۰/۲۲۲۲	۰/۲۰۰۰	۰/۲۲۵۸	۰/۲۱۶۰
بازرگانی	۰/۱۱۱۱	۰/۱۰۰۰	۰/۰۹۶۸	۰/۱۰۲۶
صنعتی	۰/۶۶۶۷	۰/۷۰۰۰	۰/۶۷۷۴	۰/۶۸۱۴

ستون W_i درجدول (۲) که مجموع آن مساوی است، نشان دهندهٔ ضریب اهمیت هر یک از زمینه‌های تحقیقاتی تنها نسبت به معیار «اهداف برنامه توسعه» می‌باشد که از رابطهٔ (۴) به دست آمده است. بنابراین، باتوجه به این معیار، اولویت باتحقیقات صنعتی است که ضریب اهمیت آن ۰/۶۸۱۴ می‌باشد.

به همین طریق، می‌توان ماتریس مقایسات زوجی را نسبت به سه معیار دیگر تکمیل کرد و W_i هر یک از آنها را به دست آورد. فرض کنید که نتایج رابطه (۱) و (۴) برای معیارهای صرفهٔ اقتصادی، حساسیت سیاسی ـ اجتماعی، و استقلال و خودکفایی کشور به دست آمده‌است، که در جدول (۳) خلاصه شده است.

جدول (۳) خلاصهٔ ضرایب اهمیت هر یک از زمینه‌های تحقیقاتی نسبت به معیارهای صرفه اقتصادی، حساسیت سیاسی ـ اجتماعی، استقلال و خودکفایی کشور

زمینه تحقیقاتی	صرفه اقتصادی	حساسیت سیاسی ـ اقتصادی	استقلال و خودکفایی کشور
دولتی	۰/۲۴۳۱	۰/۷۵۴۳	۰/۳۲۱۷
بازرگانی	۰/۴۵۰۱	۰/۱۳۲۸	۰/۲۹۴۷
صنعتی	۰/۳۰۶۸	۰/۱۱۲۹	۰/۳۸۳۶

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که، در صرفهٔ اقتصادی، اولویت اول بازرگانی است و درمعیار حساسیت سیاسی ـ اجتماعی مهمترین زمینهٔ تحقیقاتی دولتی می‌باشد؛ درحالی که دربحث استقلال وخودکفایی کشور، اولویت با زمینهٔ تحقیقاتی صنعتی در رشتهٔ مدیریت است. آنچه مسلم است این است که هر یک از معیارهای چهارگانه نیز، نسبت به هم، درجهت هدف اولویت‌بندی زمینه‌های تحقیقاتی، دارای ترتیب و ضرایبی از اهمیت هستند که مقایسات زوجی آنها از نظر تصمیم‌گیرنده ـ با استفاده از روابط (۱) و (۴) ـ نتایج جدول (۴) را به دست داده است :

جدول (۴) ضرایب اهمیت نسبی معیارهای چهارگانه :

معیار	ضریب اهمیت
۱ـ اهداف برنامه توسعه	۰/۲۴۱۰
۲ـ صرفه اقتصادی	۰/۱۷۴۹
۳ـ حساسیت سیاسی ـ اجتماعی	۰/۳۳۲۷
۴ـ استقلال وخودکفایی کشور	۰/۲۵۱۴

نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد که مهمترین معیار ارزیابی تصمیم‌گیرنده «حساسیت سیاسی ـ اجتماعی» زمینه‌های تحقیقاتی است که دارای ضریب اهمیت ۰/۳۳۲۷ از ۱ است و، پس از آن، معیار «استقلال و خودکفایی کشور» قرارمی‌گیرد.

مرحله ۳) استخراج اولویتهی تحقیقاتی مدیریت :

دراین مرحله، ضرایب اهمیت هر یک از زمینه‌های تحقیقاتی ـ باتوجه به معیارها که در جداول (۲) و (۳) آمده است W_i ـ به عنوان مقادیر اصلی مشاهده درنظر گرفته می‌شوند که وزن هریک از آنها درجدول (۴) داده شده است. بااستفاده موزون می‌توان فهرست نهایی اولویت‌بندی محورهای تحقیقاتی را درمثال ما به دست آورد. محاسبات اصلی به شرح جدول ۵ است.

جدول (۵) ارزیابی موزون کل زمینه‌های تحقیقاتی

زمینهٔ تحقیقاتی	
دولتی	۰/۲۴۱۰(۰/۲۱۶۰) + ۰/۱۷۴۹(۰/۲۴۳۱) + ۰/۳۳۲۷(۰/۷۵۴۳) + ۰/۲۵۱۴ (۰/۳۲۱۷) = ۰/۴۲۶۴
بازرگانی	۰/۲۴۱(۰/۱۰۲۶) + ۰/۱۷۴۹(۰/۴۵۰۱) + ۰/۳۳۲۷(۰/۱۳۲۸) + ۰/۲۵۱۴(۰/۲۹۴۷) = ۰/۲۲۱۷
صنعتی	۰/۲۴۱۰(۰/۶۸۱۴) + ۰/۱۷۴۰(۰/۳۰۶۸) + ۰/۳۳۲۷(۰/۱۱۲۹) + ۰/۲۵۱۴(۰/۳۸۳۶) = ۰/۳۵۱۹

نتایج به دست آمده از جدول (۵) نشان می‌دهد که فهرست اولویتهای تحقیقاتی به

ترتیب زیر است :

۱ـ مدیریت دولتی باضریب اولویت ۰/۴۲۶۴

۲ـ مدیریت صنعتی باضریب اولویت ۰/۳۵۱۹

۳ـ مدیریت بازرگانی باضریب اولویت ۰/۲۲۱۷

این درحالی است که ارزیابی زمینه‌های تحقیقاتی فوق، در حالت ارزیابی انفرادی نسبت به معیارها، بیشتر به زمینه‌های صنعتی تمایل دارد؛ درصورتی که ترکیب تصمیمات و معیارها، مدیریت صنعتی را به اولویت دوم رسانده است ومدیریت دولتی که در بررسیهای مجزا شانس کمتری داشته به رتبهٔ اول آمده‌است. آنچه مهم است، ترکیب نتایج حاصل از کلیهٔ سطوح درخت سلسله مراتب تصمیم درشکل شمارهٔ (۲) است و نتایج یک سطح خاص آن نیست. بنابراین، درتصمیم‌گیری نهایی باید به نتایج اجرای کامل فن AHP توجه داشت، نه اینکه تنها بعد خاصی از این فن مورد توجه و ملاک عمل قرارگیرد.

مرحله ۴) محاسبه نرخ سازگاری :

در اینجا، برای بررسی میزان سازگاری مقایسات زوجی تصمیم‌گیرنده، مراحل محاسبهٔ نرخ سازگاری را در مورد جدول (۱) انجام می‌دهیم :

۱ـ۴) محاسبه بردار حاصل جمع موزون

$$WSA = W.A = \begin{vmatrix} ۰/۲۱۶۰(۱)+۰/۱۰۲۶(۲)+۰/۶۸۱۴(\frac{۱}{۳}) \\ ۰/۲۱۶۰(\frac{۱}{۲})+۰/۱۰۲۶(۱)+۰/۶۸۱۴(\frac{۱}{۷}) \\ ۰/۲۱۶۰(۳)+۰/۱۰۲۶(۷)+۰/۶۸۱۴(۱) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} ۰/۶۸۴۸ \\ ۰/۳۰۷۰ \\ ۲/۰۴۷۶ \end{vmatrix}$$

۲ـ۴) محاسبه بردار سازگاری :

$$C.V = \frac{WSA}{W} = \begin{vmatrix} \frac{۰/۶۸۴۸}{۰/۲۱۶۰} \\ \frac{۰/۳۰۷۹}{۰/۱۰۲۶} \\ \frac{۲/۰۶۴۷۶}{۰/۶۸۱۴} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} ۳/۱۷۰۴ \\ ۳/۰۰۰۹ \\ ۳/۰۰۴۹ \end{vmatrix}$$

۳ـ۴) محاسبهٔ شاخص سازگاری :

$$C.I = \frac{\lambda\text{-}n}{n\text{-}1}$$

مقدار λ که مقدار ارزش ویژه نامیده می‌شود، از متوسط مقادیر بردار سازگاری به دست می‌آید.

پس : $\lambda = \frac{۳/۱۷۰۴ + ۳/۰۰۰۹ + ۳/۰۰۴۹}{۳} = ۳/۰۵۸۷$

بنابراین : $CI = \frac{۳/۰۵۸۷ - ۳}{۳ - ۱} = ۰/۰۲۹۴$

برای محاسبه نرخ سازگاری باید مقدار CI را برشاخص تصادفی (RI) تقسیم کنیم. شاخص تصادفی برای $n = ۳$ مساوی با ۰/۵۸ است. بنابراین :

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad CR = \frac{۰/۰۲۹۴}{۰/۵۸} = ۰/۰۵۰۷$$

از آنجا که نرخ سازگاری کمتر از ۰/۱۰ است، پس تصمیم‌گیرنده در تکمیل ماتریس مقایسات زوجی زمینه‌های تحقیقاتی ـ براساس معیار اهداف برنامه توسعه ـ از سازگاری بالائی برخوردار بوده است ونیازی به تجدید نظر در مقایسات اولیهٔ خود نخواهد داشت.

تمامی مراحل محاسبهٔ نرخ سازگاری برای سایر ماتریسهای مربوط به شکل (۲) را باید محاسبه کرد، که در این مقاله از ذکر جزئیات آنها، به قصد اختصار سخن، خودداری شده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

فن AHP یکی از جدیدترین فنون تصمیم‌گیری درمحیطهای پیچیده و فازی (fuzzy) است که قابلیت به کارگیری در اولویت‌بندی زمینه (محور)های تحقیقاتی را دارد. در این مقاله، مراحل عمومی فن AHP، به اولویت‌گذاری تحقیقات تعمیم یافته، و عملیات ریاضی آن برای یک مثال ساده و فرضی نیز نشان داده شده است. همچنانکه مشخص

شد، فن AHP، ضمن داشتن پشتوانه منطق ریاضی قوی، فنی بسیار ساده و کاربردی است.

درخت فن AHP، علاوه بر این که قابل استفاده برای اولویت‌بندی زمینه‌های تحقیقاتی در هر رشته از علوم است، می‌تواند جهت اولویت‌بندی زمینه‌های تحقیقاتی تمامی رشته‌های علوم در کنار همدیگر به کار گرفته شود. درچنین حالتی، سطح آخر درخت سلسله مراتب AHP شامل تمامی رشته‌های علوم می‌شود. نتایج به دست آمده از فرآیند AHP، نشان دهندهٔ ضریب اهمیت و فهرست اولویت‌بندی زمینه‌های تحقیقاتی در تمامی رشته‌های تخصصی خواهد بود. نتایج به دست آمده معیار و ملاک بسیار مناسبی برای تخصیص منابع مالی، انسانی، امکانات و تجهیزات به زمینه‌های تحقیقاتی خواهد بود. برای اینکه بتوان توان (power) فن AHP را بالا برد، موارد زیر پیشنهاد می‌شود :

الف) معیارهای ارزیابی ومقایسهٔ زمینه‌های تحقیقاتی، معمولاً از نوع کیفی، نادقیق، و مبهم (vague) هستند که ارزیابی کمی آنها نیز بسیار پیچیده و مشکل است. فن AHP این قابلیت را دارد که، ضمن ارزیابی درجهٔ سازگاری این نوع داده، به گونه‌ای آنها را تحلیل کند که تصمیم‌گیرنده به یک تصمیم منطقی و معتبر برسد. برای بالابردن درجهٔ اعتبار نتایج به دست آمده، می‌توان از فرآیند تحلیل سلسله مراتب فازی (Fuzzy Analytic Hierarchy Process = FAHP) نیز استفاده کرد (۱۰، ۱۳ و ۱۴). این فن تصمیم‌گیرنده را یاری می‌دهد تا اطلاعات سربسته، مبهم و ناقص را جهت تصمیم‌گیری نیز به کار ببرد.

ب) بامشخص شدن ریاضیات فن AHP، امروزه نرم‌افزارهای مناسبی برای تصمیم‌گیریهای صنعتی و مدیریتی تهیه شده است که از مهمترین آنها می‌توان به نرم‌افزارهای Expert Choic اشاره کرد. بدیهی است این نوع نرم‌افزارها حالت آزمایشی و دانشجویی دارند. چنانچه فن AHP برای اولویت‌بندی تحقیقات به کار گرفته شود، ضرورت طراحی نرم افزارهای پیشرفته و کاربردی مختص این نوع شرایط تصمیم‌گیری دوچندان می‌شود. تجارب نگارنده نشان می‌دهد که می‌توان از یک «سیستم حامی تصمیم‌گیری» (Decision Support System = DSS) استفاده کرد و، با به دست آوردن داده‌های خام و اولیه از تصمیم‌گیران تحقیقات

کشور و اساتید دانشگاهها، به صورتی از اولویت‌گذاری ملی در زمینه‌های تحقیقاتی رسید. بدیهی است که تهیه DSS مستلزم هزینه اولیه برای نظام تحقیقاتی کشور خواهد بود.

ج) تشکیل کارگاههای آموزشی و تحقیقاتی برای اعضای مشارکت کننده در اولویت‌گذاری، یکی از راهکارهای مؤثر برای بالابردن کارآیی فن AHP است. باتوجه به ساده بودن فن، می‌توان مفاهیم اساسی آن را به اعضای مشارکت کننده آموزش داد و سپس، با پرکردن پرسشنامهٔ AHP توسط افراد، به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخت. این روش، ضمنِ داشتن محاسن روشهای تصمیم‌گیری گروهی (group decision making)، معایب این روشها ـ چون تفکری در گروه (group think) ـ را نیز با استفاده از روشهای ریاضی خاص خود جبران می‌کند.

درنهایت، باید براین اصل اساسی تأکید ورزید که فنون ریاضی منجر به اطلاعات می‌شوند. به عبارت دیگر، بااستفاده از فنون ریاضی (مثل AHP) تنها می‌توان «داده» (data) را به «اطلاعات» (information) تبدیل کرد و مدیران را در امر تصمیم‌گیری یاری داد. تصمیم‌گیرندگان باید نتایج به دست آمده از AHP را باتوجه به سایر عوامل و شرایط محیطی تحلیل و تفسیر کنند و از پذیرش مطلق آن پرهیز نمایند.

منابع و مآخذ

1- A.G. Lockett. B. Hetherington and Etall., **Modelling a Research Purtfolio Using AHP : A Group Decision Process**; Research and Development. Vol 16. 1986.

2- Bruce L. Golden, Edward A. Wasile and Pactric T. Harker; **The Analytic Hierarchy Process : Application and Studies**; Springer-Velag, New York, 1990.

3- B. Render and Ralph M. Stair; **Quantitative Analysis for Management**; Third edition, Allyn and Bacon Inc, 1988.

4- E.A. Mecreary; **How to Drow A Decision Tree, in H. Koontz and Etall, Management** - A Book of Readings; 5 th edition, Mc Grow Hill Company, 1980.

5- G. Desanctis and R. Gallupe; **A Foundation for the Study of Group Decision Support Systems**; Management Science, Vol. 33, 1987.

6- G. Huber and R. Mc Daneel; **The Decision Making Paradigm of Organiztion Design;** Management Science, Vol. 32, 1986.

7- J.R. Emshoff and T. L. Saaty; **Application of the Analytic Hierarchy Process to Long - Range Planning Process**; European of Operational Research, Vol, 10, 1982.

8- L. Delbcq, H. Van and D. H. Gustafson; **Group Techniques for Program Planning**; Scoff, Forseman, Glenviw M, 1975.

9- Mintzberg H. and Etall; **The Structure of, Unstructured Decision Processes**; Administrative Quarterly, Vol. 21, 1976.

10- Pual Hersey and K. Blanchard; **Management of Organzation Behavior : Utilizing Human Resources**; Prentice - Hall Pub, Fifth Edition, 1988.

11- P. T. Harker and L. G. Vargas; **Theory of Ratio Scale Estimation :**

Saaty´s Analytic Hierachy Process; Management Science, Vol. 33, 1987.

12- R. E. Jensen; **Comparison Consensus Methods for Priority Ranking Problems;** Decision Science, Vol 17, 1986.

13- R.W. Mondey and Etall; **Management : Concepts and Practices;** 4th Edition, Allyn and Bacon Inc, 1988.

14- R. E. Bellan and L. A Zadeh; **Decision Making in A Fuzzy Enviroment**; Management Science, Vol. 17, 1970.

15- S. Gass; **Decision Making, Models and Algorithms**; John Wiley and Son´s, New York, 1985.

16- T. L. Saaty; **Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process**; Management Science, Vol. 32, 1986.

17- T. L. Saaty and L. G. Vargas; **Uncetainly and Rank Ordering in the Analytic Hierarchy Process**; European Journal of Operational Research. Vol. 32, 1987.

18- T. L. Saaty; **Decision Making for Leaders : The Analytic Hierarchy Process for Decision in a Complex World**; Vol. H, Rws, Pub. 1990.

19- T.L. Saaty; **Multicriteria Decision Making**; Vol, I RWS Publications, 1992.

20- T. L. Saaty; **Decision Making for Leaders**; Lifetime Learning Publications, 1992.

21- T.L. Saaty; **The Analytic Hierarchy Process**; Mc Graw Hill, New Work, 1980.

22- V. Belton; **A Comparison of the Analytic Hierarchy Process and a Simple Multi - Attribute Value Function**; European Journal of Operational Research, Vol. 26, 1986.

۲۳ـ سعادت، اسفندیار؛ «**نقدی برمدل کلاسیک تصمیم‌گیری**»؛ مجله دانش مدیریت،

شماره نهم و دهم، ۱۳۶۹.
۲۴ـ سعادت، اسفندیار؛ «**فرآیند تصمیم‌گیری درسازمان**»؛ انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۷۲.
۲۵ـ حبیبی، حسن؛ «**سخنرانی درکارگاه تدوین روش تعیین اولویتهای تحقیقاتی**»؛ فصلنامه سیاست علمی و پژوهشی رهیافت، شمارهٔ ۱۲، ۱۳۷۵، ص ۲.
۲۶ـ قورچیان، نادرقلی؛ همان مأخذ؛ صص ۳۱ـ۳۳.