دانشگاه تبریز

دانشکده علوم ریاضی

گروه آمار

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته آمار

عنوان :

رتبه‌بندی با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

استاد راهنما :

دکتر حسین بیورانی

استاد مشاور :

دکتر حسین خیری

پژوهشگر : حمیده کریم‌زاده

بهمن ۱۳۸۹

بسم الله
الرحمن الرحیم

هوالحکیم العلیم

خداوند مهربان را شاکر هستم که به من عنایت فرمود تا دوره کارشناسی ارشد را با موفقیت به اتمام برسانم. همچنین از حمایت‌های بی‌دریغ کلیه اعضای خانواده مهربانم به خصوص از زحمات بی‌شمار پدر و مادر عزیز و فداکارم، که همواره راهنما و پشتیبان من بوده‌اند کمال تشکر و امتنان را دارم.

از استاد راهنمای ارجمندم، آقای دکتر حسین بیورانی و استاد مشاور گرامی آقای دکتر حسین خیری، به خاطر راهنمایی‌ها و زحماتی که متحمل شده‌اند، کمال تقدیر و تشکر را دارم، همچنین از زحمات کلیه اساتید محترم گروه آمار، اعضای هیئت علمی و کارکنان دانشکده ریاضی دانشگاه تبریز تشکر نموده و توفیق روزافزون و عاقبت به خیری را برای همگان از درگاه خداوند منان مسألت می‌نمایم.

حمیده کریم‌زاده

نام خانوادگی دانشجو : کریم‌زاده **نام** : حمیده

عنوان پایان‌نامه : رتبه‌بندی با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

استاد راهنما : دکتر حسین بیورانی استاد مشاور : دکتر حسین خیری

مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد **رشته** : آمار **گرایش** : آمار ریاضی **دانشگاه** : تبریز

دانشکده : علوم ریاضی **تاریخ فارغ التحصیلی** : بهمن۸۹ **تعداد صفحه** : ۱۳۶

کلید واژه‌ها : رتبه‌بندی چند معیاره، تصمیم‌گیری گروهی، نرمال‌سازی، فاصله منهاتان، وزن شاخص‌ها.

چکیده:

در این پایان‌نامه مبانی و مفاهیم اساسی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، برخی از روش‌های وزن‌دهی به شاخص‌های موثر در رتبه‌بندی، انواع روش‌های بی‌مقیاس کردن و نرمال‌سازی داده‌ها برای همگن کردن داده‌های غیرهمگن و تبدیل آنها به یک مقیاس، انواع روش‌های اندازه‌گیری فواصل داده‌ها از نقاط ایده‌آل، برخی از روش‌های رتبه‌بندی تعریف و نتایج به‌دست آمده از این روش‌ها با ذکر مثال‌های کاربردی نشان داده شده است. همچنین با ارائه مثالی نتایج حاصل از ترکیب آرای کارشناسان و متخصصین در روش رتبه‌بندی با تاپسیس بر اساس دو نوع ادغام خارجی و ادغام داخلی بررسی شده و نتایج انواع روش‌های بکار برده شده نشان داده شده است. در نهایت نتایج و رتبه‌های به‌دست آمده برای ۳۰ استان کشور بر اساس شاخص قیمت استان‌ها بر اساس انواع روش‌های محاسبه فواصل نقاط از نقاط ایده‌آل مانند روش اقلیدسی و روش منهاتان ارائه شده و همه این نتایج مورد مقایسه قرار گرفتند.

فهرست مطالب:

فهرست شکل‌ها ٤

فهرست جداول ٥

پیشگفتار ۷

فصل اول : آشنایی با مفاهیم ۸

۱-۱- تعاریف و مفاهیم اولیه ۹

۱-۲- روش‌های وزن‌دهی ۱۳

۱-۲-۱- روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ۱٤

۱-۲-۲- روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) ۲۳

۱-۲-۳- روش وزن‌دهی کندال بر اساس قضاوت کارشناسان ۳۰

۱-۲-٤- روش وزن‌دهی آنتروپی ۳۷

۱-۲-٥-روش وزن‌دهی Ma ۳۸

۱-۳- روش‌های مقیاس‌بندی ٤۰

فصل دوم : آشنائی با روش‌های رتبه‌بندی ٤۲

۲-۱- روش انحراف از اپتیمم ٤۳

۲-۲- روش تاکسونومی ٤٤

۲-۳- روش تاپسیس ٤۷

۲-٤- روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ٥۰

فصل سوم : تعمیم تاپسیس به تصمیم‌گیری گروهی ٥۱

۳-۱- ارائه مدل ٥۲

۳-۲- ادغام درونی نتایج ترجیحات تصمیم‌گیرندگان ٥٦

۳-۳- ادغام خارجی نتایج ترجیحات تصمیم‌گیرندگان ٦۳

فصل چهارم : رتبه‌بندی استان‌های کشور ۷۳

٤-١- رتبه‌بندی استان‌ها بر اساس شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی در مناطق شهری ایران ٧٤

٤-٢- دلایل رتبه‌های متفاوت در مراحل مختلف روش تاپسیس ٩٢

الف- بررسی اثر روش‌های مختلف نرمال‌سازی و بی‌مقیاس‌سازی داده‌های غیرهمگن ٩٢

ب- بررسی اثر متفاوت روش‌های منهاتان و اقلیدسی در تعیین فاصله گزینه‌ها از گزینه ایده‌آل ٩٩

٤-٤- هدف از رتبه‌بندی ١٠٢

٤-٣- معرفی الگوریتم جدید رتبه‌بندی ١٠٣

٤-٤- وضعیت سطح عمومی قیمت استان‌ها (حالت ایده‌آل) با کاربرد الگوریم جدید رتبه‌بندی ١٠٣

نتیجه‌گیری ١٠٨

پیشنهادات ١٠٨

اختصارات ١٠٩

واژه‌نامه ١١٠

منابع ١١٢

ضمائم ١١٤

فهرست شکل‌ها:

شکل۱-۱: مدل AHP برای ترکیب نتایج پیش‌بینی ۱۹

شکل ۱-۲: ساختار سلسله‌ای ۲٤

شکل ۱-۳: ساختار شبکه‌ای غیر خطی ۲٤

شکل ۱-٤: وابستگی Y به X ۲٤

شکل ۱-۵: ساختار شبکه‌ای مثال ۲۵

شکل ۱-٦: ساختار شبکه‌ای روابط بین شاخص‌های سطح C ۲۷

شکل ۱-۷: ساختار شبکه‌ای روابط بین شاخص‌های سطح A ۲۷

شکل ٤-۱: نمودار سهم فاصله ایده‌آل در هریک از شاخص‌ها بدون روش نرمال‌سازی ۹۳

شکل ٤-۲: نمودار سهم فاصله ایده‌آل در هریک از شاخص‌ها با استفاده از روش نرمال‌سازی استاندارد کردن ۹۳

شکل ٤-۳: نمودار سهم فاصله ایده‌آل در هریک از شاخص‌ها با استفاده از روش نرمال‌سازی برداری ۹٤

شکل ٤-٤: نمودار سهم فاصله ایده‌آل در هریک از شاخص‌ها با استفاده از روش نرمال‌سازی خطی ۱ ..... ۹٤

شکل ٤-۵: نمودار سهم فاصله ایده‌آل در هریک از شاخص‌ها با استفاده از روش نرمال‌سازی خطی ۲ ..... ۹۵

شکل ٤-٦: نمودار سهم فاصله ایده‌آل در هریک از شاخص‌ها با استفاده از روش نرمال‌سازی خطی ۳ ..... ۹۵

شکل ٤-۷: نمودار سهم فاصله ایده‌آل در هریک از شاخص‌ها با استفاده از روش نرمال‌سازی غیریکنوا ۹٦

شکل ٤-۸: موقعیت گزینه‌های A و B و گزینه ایده‌آل V ۹۹

شکل ٤-۹: موقعیت فرضی گزینه‌های A و B نسبت به گزینه ایده‌آل V ۱۰۰

شکل ٤-۱۰: تغییر فاصله منهاتان گزینه‌ها بر اساس موقعیت (زاویه) آن‌ها نسبت به گزینه ایده‌آل ۱۰۱

فهرست جدول‌ها:

جدول ۱- ۱: مقیاس‌های مورد استفاده در AHP ۱۵

جدول ۱-۲: میانگین سازگاری‌های ماتریس‌های تصادفی (RI) ۱۷

جدول ۱- ۳: مقایسه‌های زوجی چهار مدل پیش‌بینی نسبت به شدت برازش به داده‌های واقعی ۱۹

جدول ۱-٤: مقایسه‌های زوجی چهار مدل پیش‌بینی نسبت به شدت برازش به داده‌های واقعی ۲۰

جدول ۱-۵: مقایسه‌های زوجی چهار مدل پیش‌بینی نسبت به انعطاف‌پذیری مدل‌های پیش‌بینی ۲۱

جدول ۱-٦: مقایسه‌های زوجی چهار مدل پیش‌بینی نسبت به اعتبار نتایج مدل‌های پیش‌بینی ۲۱

جدول ۱-۷: مقایسه‌های زوجی سه عامل موثر در پیش‌بینی نسبت به پیش‌بینی نهایی ۲۲

جدول ۱-۸: وزن هر مدل در پیش‌بینی نهایی ۲۲

جدول ۱-۹: اهمیت نسبی شاخص‌های سطح A نسبت به عامل $\boldsymbol{C_2}$ سطح C ۲٦

جدول ۱-۱۰: اهمیت نسبی شاخص‌های سطح A نسبت به عوامل سطح C ۲۷

جدول ۱-۱۱: ماتریس وابستگی متقابل سطح C نسبت به C_3 ..... ۲۸

جدول ۱-۱۲: ماتریس وابستگی درونی بین شاخص‌های سطح C ۲۸

جدول ۱-۱۳: ماتریس وابستگی متقابل سطح A نسبت به A_2 ..... ۲۹

جدول ۱-۱٤: ماتریس وابستگی درونی بین شاخص‌های سطح A ۲۹

جدول ۱-۱۵: رتبه پنج شاخص نسبت به هم از دیدگاه کارشناسان ۳۳

جدول ۱-۱٦: آماره‌های به‌دست آمده در فرآیند محاسبه وزن شاخص‌ها در روش کندال ۳٤

جدول ۱-۱۷: جدول مقادیر اصلاح شده پنج شاخص نسبت به هم از دیدگاه کارشناسان ۳۵

جدول ۱-۱۸: آماره‌های به‌دست آمده در فرآیند محاسبه وزن شاخص‌ها در روش کندال

و بر اساس مقادیر اصلاح شده ۳٦

جدول ۳-۱: ماتریس تصمیم شاخص‌های کمی مثال انتخاب مدیر شرکت شیمیایی ۵۷

جدول ۳-۲: ماتریس تصمیم شاخص‌های کیفی مثال انتخاب مدیر شرکت شیمیایی ۵۸

جدول ۳-۳: وزنهای اختصاص داده شده توسط چهار کارشناس ۵۸

جدول ۳-٤: مقادیر فاصله گزینه‌ها نسبت به گزینه ایده‌آل مثبت و منفی در چهار ماتریس تصمیم ۵۹

جدول ۳-۵: فاصله گزینه‌ها نسبت به گزینه ایده‌آل مثبت و منفی در ماتریس ادغامی گروه ٦۰

جدول ۳-٦: نتایج ادغام داخلی با شرط نرمال‌سازی برداری ٦۱

جدول ۳-۷ نتایج ادغام درونی با شرط نرمال‌سازی خطی ٦۲

جدول ۳-۸: مقادیر C_i^k گزینه‌ها برای چهار تصمیم‌گیرنده ٦۳

جدول ۳-۹: رتبه‌های R_i^k گزینه‌ها برای چهار تصمیم‌گیرنده ٦٤

جدول ۳-۱۰: ارزش نسبی گزینه‌ها در هر ماتریس ارزیابی و رتبه نهایی گزینه‌ها ٦۵

جدول ۳-۱۱: نتایج ادغام خارجی نتایج رتبه‌بندی چهار تصمیم‌گیرنده با استفاده از روش بردا ٦٦

جدول ۳-۱۲: رتبه‌های به‌دست آمده بر اساس ادغام‌های خارجی و داخلی صورت گرفته در تمام حالات ٦۷

جدول ۳-۱۳: مقایسه ضریب تغییرات روش‌های نرمال‌سازی با تغییر سایر عوامل رتبه‌بندی ٦۹

جدول ۳-۱٤: مقایسه ضریب تغییرات روش‌های محاسبه فاصله نقاط با تغییر سایر عوامل رتبه‌بندی ۷۰

جدول ۳-۱۵: مقایسه ضریب تغییرات روش‌های ادغام داخلی و خارجی با تغییر سایر عوامل رتبه‌بندی ۷۲

جدول ٤-۱: ضرایب اهمیت ۱۲ گروه اصلی کالا و خدمات ۷۵

جدول ٤-۲: رتبه‌بندی سطح عمومی قیمت استان‌ها بر اساس روش‌های مختلف تاپسیس در سال ۱۳۸۵ ..... ۷۹

جدول ٤-۳: رتبه‌بندی سطح عمومی قیمت استان‌ها بر اساس روش‌های مختلف تاپسیس در سال ۱۳۸٦ ..... ۸۲

جدول ٤-٤: رتبه‌بندی سطح عمومی قیمت استان‌ها بر اساس روش‌های مختلف تاپسیس در سال ۱۳۸۷ ..... ۸۵

جدول ٤-۵: رتبه‌بندی سطح عمومی قیمت استان‌ها بر اساس روش‌های مختلف تاپسیس در سال ۱۳۸۸ ..... ۸۸

جدول ٤-٦: مثال تمرات دانش‌آموزان یک کلاس در دو درس برای بررسی اثر نرمال‌سازی ۹۷

جدول ٤-۷: اثر دو روش نرمال‌سازی بر نمرات دانش‌آموزان در دو درس ۹۷

جدول ٤-۸: رتبه‌بندی سطح عمومی قیمت استان‌ها بر اساس الگوریتم ارائه شده ۱۰٦

جدول ٤-۹: رتبه‌بندی تک متغیره شاخص کل بهای کالاها و خدمات مصرفی استان‌ها در سال‌های ۸۵ تا ۸۸ ..... **۱۰۷**

پیشگفتار:

روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره ابزاری وسیع و کاربردی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس چندین معیار و شاخص می‌باشند. در این مسائل چندین گزینه بر اساس چندین شاخص با یکدیگر مورد مقایسه و رتبه‌بندی قرار می‌گیرند. برای حل این مسائل روش‌های مختلف و متعددی ارائه شده است. روش‌های مختلف رتبه‌های متفاوتی را برای یک گزینه در یک مسأله چند معیاره ارائه می‌دهند. آنچه مسلم است تمامی این روش‌ها یک مبنای منطقی و به ظاهر صحیح برای حل مسأله دارند، اما به دلیل رفتار متفاوت هر کدام از این روش‌ها در فرآیند حل مسأله نتایج متفاوتی حاصل می‌شود. بنابراین بررسی دلیل عدم همگرایی برای روش‌های مختلف و معرفی یک روش مناسب ضروری است.

در راستای مطالب فوق این پایان‌نامه در چهار فصل به شرح زیر تنظیم شده است:

فصل اول به معرفی مبانی و مفاهیم روش‌های چندمعیاره، برخی از روش‌های وزن‌دهی به شاخص‌ها و روش‌های مختلف همگن کردن و نرمالیزه کردن داده‌های غیر همگن اختصاص دارد. در فصل دوم برخی از روش‌های رتبه‌بندی مانند تاپسیس و تاکسونومی معرفی شده است. در فصل سوم به چگونگی تعمیم تاپسیس به تصمیم‌گیری گروهی اختصاص داده شده است. در فصل چهارم رتبه‌بندی استان‌ها با استفاده از روش تاپسیس با انواع روش‌های نرمال‌سازی داده‌ها پرداخته و ضمنا دلائل عدم تطابق نتایج روش‌های مختلف نرمال‌سازی و محاسبه فاصله گزینه‌ها از گزینه ایده‌آل بر اساس روش‌های اقلیدسی و منهاتان ارائه می‌گردد. همچنین در این فصل الگوریتمی مشابه روش بردا برای رتبه‌بندی ارائه شده است.

فصل اول:

آشنایی با مفاهیم

مقدمه:

توجه محققان در دهه‌های اخیر برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده به مدل‌های چند معیاره معطوف شده است، به طوریکه در این تصمیم‌گیری‌ها بجای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی از چندین معیار سنجش استفاده می‌گردد. این فصل برای آشنایی با مفاهیم روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به سه بخش تقسیم شده است. در بخش اول تعاریف و مفاهیم اولیه تصمیم‌گیری‌های چند معیاره بیان شده است. در بخش دوم برخی از روش‌های وزن‌دهی به معیارها و شاخص‌ها معرفی شده است. در بخش سوم روش‌های مقیاس‌بندی و نرمال‌سازی شاخص‌ها بیان شده است.

۱– ۱– تعاریف و مفاهیم اولیه[۱]

۱- مدل تصمیم‌گیری چند معیاره (MADM/MCDM)[۲]

مدل‌های MADM به منظور انتخاب گزینه برتر بکار می‌روند و مناسب‌ترین گزینه را از بین m گزینه انتخاب می‌کنند.

۲- ماتریس تصمیم (ماتریس ارزیابی)

تصمیم‌گیری چند معیاره معمولا به‌صورت ماتریس D فرمول‌بندی می‌شود. در این ماتریس A_i نشان‌دهنده گزینه i ام، X_j نشان‌دهنده شاخص j ام و x_{ij} نشان دهنده ارزش شاخص j ام برای گزینه i ام می‌باشد. به این ماتریس، ماتریس اطلاعات نیز گفته می‌شود.

$$D = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} X_1 & \cdots & X_j & \cdots & X_n \end{array} \\ \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{i1} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} \end{array}$$

۱- برگرفته از منابع [۱] و [۲].

۲ - MADM: Multiple Attribute Decision Making
MCDM: Multi Criteria Decision Making

۳- شاخص سود (شاخص مثبت)

شاخص‌هایی که از لحاظ ارجحیت نسبت به هدف مسأله تصمیم‌گیری دارای جنبه مثبت هستند و هر چه مقدار این شاخص‌ها بیشتر باشد نسبت به هدف مسأله مطلوبتر است، شاخص سود نامیده می‌شوند.

٤- شاخص هزینه (شاخص منفی)

شاخص‌هایی که از لحاظ ارجحیت نسبت به هدف مسأله تصمیم‌گیری دارای جنبه منفی هستند و هر چه مقدار این شاخص‌ها کمتر باشد نسبت به هدف مسأله مطلوبتر است، شاخص هزینه نامیده می‌شوند.

٥- شاخص کمی

شاخص‌هایی مانند هزینه، قیمت، ظرفیت، سرعت، حجم و غیره که دارای مقادیر عددی هستند شاخص‌های کمی نامیده می‌شوند.

٦- شاخص کیفی

شاخص‌هایی مانند راحتی، زیبایی، انعطاف‌پذیری و غیره که دارای مقدار عددی نیستند شاخص‌های کیفی نامیده می‌شوند.

لازم به یادآوری است تبدیل شاخص‌های کیفی به حالت کمی بر اساس شاخص کیفی مثبت و یا شاخص کیفی منفی، به‌صورت زیر می‌باشد:

شرح	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
مقدار کمی شاخص کیفی مثبت	۱	۳	۵	۷	۹
مقدار کمی شاخص کیفی منفی	۹	۷	۵	۳	۱

۷- تصمیم‌گیری گروهی

با توجه به اینکه بسیاری از تصمیم‌های سازمانی، منشأ گروهی دارد، تصمیم‌گیری گروهی برای حل این مشکل به مدیر یا افراد تحت سرپرست وی راهکار ارایه می‌کند. در این روش مشکل برای افراد بازگو شده و از آنها خواسته می‌شود در مورد راه‌حل‌های آن به منظور رسیدن به اهداف معین در محدوده مشخصی تصمیم بگیرند.

۸- گروه تصمیم‌گیرندگان

این گروه متشکل از خبرگان یا تصمیم‌گیرندگان خاص است که در مورد مسأله مورد بررسی دارای علائق و وجوه مشترک بوده و همگی مایل به حل آن می‌باشند. گروه تصمیم‌گیری ممکن است از خبرگان یک سازمان، سازمان‌های مختلف، یک باشگاه، یک تیم و یا از اعضای یک پارلمان تشکیل شود، به طوریکه تصمیم‌گیری آنها معمولا از طریق رای دادن با استفاده از مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری صورت می‌پذیرد.

۹- اختلاف یا اشتراک در اهداف تصمیم‌گیری

شاخص‌ها و اهداف ممکن در حل مسأله موجود می‌تواند برای هر فرد تصمیم‌گیرنده از گروه تصمیم‌گیرندگان با اهداف افراد دیگر متفاوت، مشترک و یا با برخی از آن‌ها مشترک و با بقیه دارای اختلاف باشد.

۱۰- تعارض در بین شاخص‌ها (کمی یا کیفی)

شاخص‌ها یا اهداف موجود در یک مسأله تصمیم‌گیری ممکن است در تعارض با یکدیگر باشند. به‌طور مثال شاخص "مصرف دخانیات" در یک تصمیم‌گیری و بررسی پزشکی در تعارض با شاخص "طول عمر" است.

۱۱- جبرانی یا غیر جبرانی بودن شاخص‌ها

تبادل در بین شاخص‌های تصمیم‌گیری ممکن است از نظر تصمیم‌گیرندگان مجاز بوده و یا غیرممکن باشد، به طوریکه تکنیک‌های تجزیه و تحلیل بر اساس این ویژگی نیز قابل تغییر خواهند بود. منظور از تبادل در بین شاخص‌ها این است که ضعف موجود در یک شاخص توسط نقطه قوت شاخص دیگر جبران شود.

۱۲- استقلال یا عدم استقلال آماری شاخص‌ها

گزینه‌های موجود در تصمیم‌گیری باید نسبت به یکدیگر مستقل باشند، درحالیکه شاخص‌ها یا اهداف موجود برای آن مسأله ممکن است از نظر آماری نسبت به یکدیگر دارای استقلال خطی باشند یا نباشند. البته ارجح است که شاخص‌های موجود برای تصمیم‌گیری نیز نسبت به یکدیگر دارای استقلال خطی باشند.

۱-۲- روش‌های وزن‌دهی

با توجه به اینکه هر یک از شاخص‌های موثر در ماتریس تصمیم‌گیری دارای ماهیت متفاوتی می‌باشند بنابراین ارزش و اهمیت این شاخص‌ها در یک مسأله تصمیم‌گیری متفاوت است و باید با استفاده از روش‌های مناسب ضرایب اهمیت و وزن هر یک از شاخص‌ها تعیین شود. توضیح این نکته ضروری است که وزن شاخص‌ها نقش مهمی در تصمیم‌گیری‌های چند معیاره دارند و کاربرد وزن‌های نامناسب در نتایج تصمیم‌گیری‌های چند معیاره اثر نامناسبی می‌گذارند.

هر چند که همبستگی بین وزن شاخص‌ها، معیاری است که همگرایی بین روش‌های وزن‌دهی را اندازه می‌گیرد اما ممکن است بین دو گروه از وزن‌ها وابستگی خطی وجود داشته باشد در حالیکه وزن‌های به‌دست آمده از دو روش متفاوت از هم باشند. به این ترتیب همبستگی برای توصیف تفاوت بین دو گروه از وزن‌ها مناسب نمی‌باشد. برای مثال همبستگی بین وزن‌های (۰/۷ ، ۰/۲۷ ، ۰/۰۳) و (۰/۳۶، ۰/۳۳ ، ۰/۳۱) برابر یک می‌باشد در صورتیکه این وزن‌ها به طور اساسی متفاوت از یکدیگر می‌باشند.

به طور کلی تعیین وزن شاخص‌ها یا بر اساس نظرات کارشناسان و متخصصین تعیین می‌شود یا بر اساس داده‌ها. در اکثر موارد وزن‌های به‌دست آمده بر اساس نظرات کارشناسان با وزن‌های به‌دست آمده از داده‌ها متفاوت می‌باشد. روش‌هایی مانند AHP[۱] ، ANP[۲] ، روش وزن‌دهی کندال از آرا و نظرات کارشناسان برای تعیین وزن شاخص‌ها استفاده می‌کنند. همچنین روش‌های آنتروپی، روش Ma[۳] داده‌های ماتریس تصمیم‌گیری را برای تعیین وزن شاخص‌ها بکار می‌برند. در این بخش کاربرد این روش‌ها توضیح داده شده است.

۱- Analytic Hierarchy Process
۲- Analytic Network Process
۳- Jain Ma

۱-۲-۱- روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

AHP روشی شهودی و مستقیم برای فرمول‌بندی و تحلیل تصمیم‌گیری می‌باشد. این روش در چند دهه اخیر در مسائل کاربردی و عملی متعددی به کار گرفته شده است. بسیاری از دولت‌ها و شرکت‌ها به دلیل قضاوت شهودی و انعطاف‌پذیری این روش به طور مداوم از آن برای تصمیم‌گیری‌های مهم سیاسی استفاده کرده‌اند [۵]. کاربرد AHP برای تصمیم‌گیری شامل چهار مرحله زیر است [۵-۷] :

مرحله اول: ایجاد ساختار و مدل سلسله‌ای برای مسئله تصمیم‌گیری

این مرحله شامل تجزیه مسئله تصمیم‌گیری به اعضایی با ویژگیهای مشترک و تشکیل مدل سلسله‌ای با سطوح متفاوت است. اعضای هر سطح دارای ویژگی‌های مشترکی می‌باشد. بالاترین سطح سلسله، کانون مسئله است. سطوح میانی معیار و زیرمعیارها و پایین‌ترین سطح شامل گزینه‌های تصمیم‌گیری می‌باشد.

مرحله دوم: برقراری مقایسات زوجی و ایجاد ماتریس قضاوت

در این مرحله اعضای یک سطح معین نسبت به عضوی مشخص از سطح بالایی آن به‌صورت زوجی مقایسه می‌شوند. ماتریس قضاوت برای محاسبه برتری اعضا نسبت به هم مورد استفاده قرار می‌گیرد. ماتریس قضاوت B بر مبنای مقایسه‌ها تشکیل می‌شود و هر عضو b_{ij} از ماتریس B ردیف iام را نسبت به ستون jام مقایسه می‌کند.

$$B = (b_{ij}) \quad (i, j = ۱, ۲, \dots, \text{تعداد معیار}) \qquad (۱-۱)$$

مقایسه دو معیار C_i و C_j نسبت به هدف بر اساس سوال زیر ساخته می‌شود : از دو معیار C_i و C_j کدام یک مهم‌تر است و چه مقدار؟

پرفسور ساعتی[۱] از مقیاس فاصله‌ای برای تبدیل قضاوت‌های شهودی به کمیت‌های عددی برای ارائه مقادیر b_{ij} استفاده می‌کند. مقیاس‌ها در جدول ۱-۱ توضیح داده شده‌اند.

جدول ۱- ۱: مقیاس‌های مورد استفاده در AHP

درجه اهمیت	تعریف	توصیف
۱	اهمیت مساوی	اعضای B_i و B_j اهمیت برابر دارند.
۳	اهمیت ضعیف B_i بر B_j	مقایسه و تجربه ترجیح جزئی B_i بر B_j را نشان می‌دهد
۵	اهمیت قوی B_i بر B_j	مقایسه و تجربه ترجیح قوی B_i بر B_j را نشان می‌دهد
۷	اهمیت خیلی قوی B_i بر B_j	مقایسه و تجربه ترجیح خیلی قوی B_i بر B_j را نشان می‌دهد
۹	اهمیت مطلق B_i بر B_j	ترجیح B_i بر B_j در بالاترین سطح است
۲،٤،٦،۸	حالت‌ها و ارزش‌های واسطه	زمانی که به توافق و مصالحه مورد نیاز است، ارزش‌های واسطه بین قضاوت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.
معکوس قضاوت‌های فوق	اگر B_i هنگام مقایسه با B_j یکی از قضاوت‌های فوق را دارا باشد، B_j هنگام مقایسه با B_i معکوس همان مقدار را دارا خواهد بود.	فرضیه منطقی

عدد بزرگتر در مقایسات زوجی نشان‌دهنده تفاوت بیشتر و بزرگتر در بین سطوح معیار است. به این ترتیب برای مقایسه بر اساس حالت عددی، انتظار داریم تفاوت‌های بزرگتر بین سطوح معیار به وسیله حالت شفاهی پیش بینی شوند. این روش دامنه بزرگتری بین وزن‌های مرجح‌ترین معیار و کم

۱ - T. L. SAAty

ارجح‌ترین معیار را به کار می‌گیرد. وقتی تصمیم‌گیرنده گزینه A را بر گزینه B به‌صورت ضعیف و حدودی ترجیح می‌دهد، اختصاص امتیاز ۳ به این حالت شفاهی به این معنی است که گزینه A سه بار بزرگتر از گزینه B است. امتیاز ۳ احتمالا بیش برآوردی از تفاوت درک شده توسط تصمیم‌گیرنده از کلمه "ضعیف" در دستور زبان است. سایر قضاوت‌های شفاهی در AHP به همان صورت به کار گرفته می‌شود. ورودی‌های b_{ij} به‌صورت زیر سازمان داده می‌شوند:

$$b_{ij} > ۰, \qquad b_{ij} = \frac{۱}{b_{ji}}, \qquad b_{ii} = ۱ \qquad i \text{ برای همه} \qquad (۲-۱)$$

با شرط بالا ماتریس B به‌صورت زیر تشکیل می‌شود که این ماتریس، ماتریس مقایسه زوجی معکوس‌پذیر مثبت است.

$$B = \begin{pmatrix} ۱ & b_{۱۲} & \dots & b_{۱n} \\ \frac{۱}{b_{۱۲}} & ۱ & \dots & b_{۲n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{۱}{b_{۱n}} & \frac{۱}{b_{۲n}} & \dots & ۱ \end{pmatrix}$$

با ثبت قضاوت‌های کمی روی زوج‌های (B_i, B_j) به عنوان ورودی‌های b_{ij} در ماتریس B، برای n گزینه یا معیار $B_۱, \dots, B_n$ وزن‌های $w_۱, \dots, w_n$ تخصیص داده می‌شود.

مرحله سوم : برتری موضعی و سازگاری مقایسه‌ها

برتری‌های موضعی معیار و سازگاری قضاوت‌ها برای ماتریس قضاوت زوجی معیارها نسبت به هدف تعیین می‌شود. برتری‌های معیارها نسبت به هم بر اساس بردار ویژه w ماتریس B به‌دست می‌آید. یعنی

$$Bw = \lambda_{max} w \qquad (۳-۱)$$

با نرمالیزه کردن بردار w، برتری‌های معیار نسبت به هدف به‌دست می‌آید. λ_{max} بزرگترین مقدار ویژه ماتریس B می‌باشد و مطابق بردار ویژه w مقدار مثبتی است. سازگاری ماتریس قضاوت به وسیله نسبت ثبات (CR) که به‌صورت زیر تعریف می‌شود به‌دست می‌آید:

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad (٤-١)$$

CI شاخص سازگاری و RI شاخص تصادفی نامیده می‌شود و CI به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-١)} \qquad (٥-١)$$

در فرمول فوق n اندازه ماتریس است.

RI شاخص تصادفی است که از ماتریس معکوس پذیر تصادفی به‌دست می‌آید. پرفسور ساعتی میانگین سازگاری‌های ۵۰۰ ماتریس تصادفی تا بعد ۱۱ را به‌دست آورده است. مقادیر RI برای ابعاد مختلف ماتریس در جدول ۱-۲ داده شده است.

جدول ۱-۲: میانگین سازگاری‌های ماتریس‌های تصادفی (RI)

اندازه (n)	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
RI	۰/۰	۰/۰	۰/٥۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲٤	۱/۳۲	۱/٤۱	۱/٤٥

اگر CR به‌دست آمده برای ماتریس قضاوت دارای مقدار بزرگی باشد در این صورت قضاوت‌ها سازگار نیستند و بنابراین قابل اعتبار نیستند. به طور کلی آقای ساعتی نشان داده است که اگر $CR < ۰/۰۱$ باشد دراین صورت مقادیر ماتریس قضاوت سازگار هستند. با کاربرد روش مشابه برتری موضعی گزینه‌ها نسبت به هر معیار می‌تواند برآورد شود.