

(جلد دوم)

تکنیک‌های نوین در تصمیم‌های چند شاخصه

(MADM)

تألیف:

دکتر علیرضا علی‌نژاد

(عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی قزوین)

مدرس، جواد خلیلی

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

سرشناسه
عنوان و نام پدیدآور

علی‌نژاد، علیرضا، ۱۳۵۰ -
تکنیک‌های نوین در تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM)/
تألیف علیرضا علی‌نژاد، احمد ماکوئی، نیما اسفندیاری.

وضعیت ویراست
مشخصات نشر
مشخصات ظاهری
شابک

ویراست ۲:
تهران: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، انتشارات، ۱۳۹۵.
ج ۲: جدول، نمودار.
۸۰۰۰۰ ریال: ج ۱: ISBN: 978-964-210-236-5
۱۰۰۰۰۰ ریال: ج ۲: ISBN: 978-964-210-252-5

وضعیت فهرست نویسی

فیا
جلد دوم تألیف علیرضا علی‌نژاد و جواد خلیلی است.
چاپ سوم.
ویراست قبلی کتاب حاضر در یک مجلد نیز توسط همین ناشر منتشر شده است.
ج ۲ (چاپ اول: ۱۳۹۶) (فیا).

یادداشت
یادداشت
یادداشت
یادداشت

کتابنامه.
تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه - Multiple criteria decision making
تصمیم‌گیری - الگوهای ریاضی - Decision making - Mathematical models

ماکوئی، احمد، ۱۳۳۹ -
اسفندیاری، نیما، ۱۳۶۲ -
جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر
۱۳۹۵ تا ۸/۹۵/۹۵ T57

سناد افزوده
شماره افزوده
شناسه افزوده

۶۵۸/۴۰۳
۴۲۸۳۱۰۷

رده بندی کده
رده بندی دهی
شماره کتابشناختی ملی

این کتاب در چاپ دوم، مورخ ۹۶/۰۳/۰۶ شورای نشر کتاب
جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر پس از بازنگری
ارزیابی علمی، به روز چاپ و انتشار دریافت نموده است.



واحد صنعتی امیرکبیر

تکنیک‌های نوین در تصمیم‌های چند شاخصه (MADM) (جلد دوم)

تألیف: دکتر علیرضا علی‌نژاد، همدان: جواد خلیلی

جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

ناشر

دکتر مهدی ورسه‌ای

مدیر مسئول

اول

نوبت چاپ

۱۳۹۶

سال چاپ

رقعی

قطع

۵۰۰ نسخه

شمارگان

۱۰۰۰۰۰ ریال

قیمت

آرزو انصاری

طراح جلد

اصیل

چاپخانه

ISBN: 978-964-210-252-5

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۲۵۲-۵

نماینده و فروشگاه دائمی: تهران، خیابان حافظ، روبروی سمیه، جنب دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر تلفن: ۹۸۲۱۶۶۹۵۰۹۸۱+ تلفکس: ۹۸۲۱۶۶۹۵۰۹۸۲+
www.jdamirkabir.ac.ir
فروشگاه اینترنتی:

پیشگفتار ناشر

اَطْلُبُوا الْعِلْمَ مِنَ الْمَهْدِ إِلَى اللَّحْدِ

ترانمندسازی پایه‌های علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور از وظایف اصلی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. این مهم، ضمن افزایش اقتدار علمی کشور در عرصه‌های بین‌المللی، زمینه‌ساز استقلال اقتصادی با محوریت یافته‌های فناورانه و دانش‌بنیان می‌گردد که خود از ارکان اصلی توسعه پایدار به‌شمار می‌آید. همچنین واضح است که سرکنار دو عنصر تعهد و تخصص، دسترسی به اطلاعات روز علمی و تکنولوژی‌های مدرن؛ نیا اولیه برای توانمندسازی پایه‌های علمی به‌شمار می‌رود.

براین اساس جهادگران جهاددانشگاهی، امیرکبیر با مدیریت جهادی خود علاوه بر فعالیت‌های فرهنگی، پژوهش‌های فناورانه و نیز آموزش تخصصی فناور و اشتغال‌محور، با چاپ کتب و مجلات علمی متخصصان و دانشگاهیان فرهیخته کشور، همچنین ترجمه آثار فاخر و به‌روز دنیا توسط "انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر «پلی تکنیک تهران»" که یکی از معتبرترین انتشارات دانشگاهی در حوزه علم، باور و مهندسی می‌باشد؛ به وظیفه انقلابی و اعتقادی خویش جامه عمل پوشانده و امیدوار است بتواند نیازهای علمی پژوهشگران، دانشجویان و پیوندگان راه علم را در تحقق آرمان‌های اصیل انقلاب فراهم سازد.

این کتاب به روح پرفنوح معمار کبیر انقلاب، شهدا و ایثارگران استمال دفاع مقدس به‌ویژه شهیدای گرانقدر جهاددانشگاهی و دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تقدیم می‌گردد. امید است دانشگاهیان و فعالین عرصه‌های علم و فناوری کشور، پیونده راه این شهیدان والا مقام همچون شهیدای جهاد علمی، در محیط مقدس و انسان ساز دانشگاه باشند.

از همه عزیزان محقق و دانش‌پژوه تقاضا می‌شود این انتشارات را از نظرات تخصصی و پیشنهادات راهگشای خود در جهت ارتقاء سطح علمی کتب منتشره و همچنین گسترش زمینه‌های علمی آن‌ها، بهره‌مند سازند.

"هماره در پرتو الطاف الهی پیروز و سربلند باشید"

انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

مقدمه مؤلفان

چند سال است که تصمیم‌های چند معیاره (MCDM) در دوره‌های تکمیلی کارشناسی ارشد و دکترای رشته‌های مهندسی صنایع، مدیریت و ریاضیات کاربردی تدریس می‌گردد و امروزه مقالات، کتب و پایان‌نامه‌های فراوانی از این شاخه مهم و کاربردی از تحقیق در عملیات به چاپ رسیده است و تحقیقات علمی و پژوهشی در این زمینه ادامه دارد.

MCDM به دو بخش تصمیم‌های چند هدف (MODM)، برای طراحی بهترین جواب و تصمیم‌های چند شاخصه (MADM)، برای انتخاب گزینه برتر تقسیم می‌شود. با توجه به این که عمده‌تاً کاربردهای MADM از MODM به‌دستور می‌باشد لذا در این کتاب به ذکر چند تکنیک از بخش MADM پرداخته می‌شود که در کتاب‌های تدریس موجود یا به آنها پرداخته نشده و یا کمتر مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند و از طرف دیگر کاربردهای بیشتری از آنها به چشم می‌خورد.

امید است که این کتاب مورد استفاده خوانندگان گرامی از جمله دانشجویان و مدیران صنایع قرار گرفته و نقطه نظرات خود را به آدرس alinezhad@qiau.ac.ir ارسال نمایند.

و من... توفیق

فهرست

فصل اول: روش ARAS ۱۷

۱-۱. مقدمه ۱۷

۱-۲. ویژگی‌های مدل ۱۷

۱-۳. ورودی‌های مدل ۱۷

۱-۴. توضیح روش ۱۸

۱-۴-۱. بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم ۱۸

۱-۴-۲. تعیین مقادیر ماتریس تصمیم بی‌مقیاس وزین ۱۸

۱-۴-۳. تعیین مقدار تابع بهینگی ۱۹

۱-۴-۴. تعیین درجه مطلوبیت ۱۹

۱-۴-۵. رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها ۱۹

۱-۶. خلاصه‌سازی روش ARAS ۲۱

فصل دوم: روش Taxonomy ۲۳

۲-۱. مقدمه ۲۳

۲-۲. ویژگی‌های مدل ۲۳

۲-۳. ورودی‌های مدل ۲۴

۲-۴. توضیح روش ۲۴

۲-۴-۱. محاسبه میانگین و انحراف معیار شاخص‌ها ۲۴

۲-۴-۲. تشکیل ماتریس استاندارد ۲۴

۲۵	۲-۴-۳. تشکیل ماتریس فواصل مرکب
۲۵	۲-۴-۴. همگن‌سازی گزینه‌ها
۲۶	۲-۴-۵. تعیین الگوی توسعه
۲۶	۲-۴-۶. رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها
۲۹	۲-۶. خلاصه‌سازی روش Taxonomy
۳۱	فصل سوم: روش MOORA
۳۱	۳-۱. مقدمه
۳۱	۳-۲. ویژگی‌های مدل
۳۱	۳-۳. ورودی‌های مدل
۳۲	۳-۴. توضیح روش
۳۲	۳-۴-۱. بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم
۳۲	۳-۴-۲. تعیین نقاط ایده‌آل رجحان
۳۲	۳-۴-۳. مقدار مطلوبیت و عدم مطلوبیت
۳۳	۳-۴-۴. رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها
۳۵	۳-۶. خلاصه‌سازی روش MOORA
۳۷	فصل چهارم: روش COPRAS
۳۷	۴-۱. مقدمه
۳۷	۴-۲. ویژگی‌های مدل
۳۷	۴-۳. ورودی‌های مدل
۳۸	۴-۴. توضیح روش
۳۸	۴-۴-۱. بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم
۳۸	۴-۴-۲. تعیین مقادیر ماتریس تصمیم بی‌مقیاس وزین
۳۸	۴-۴-۳. تعیین ارزش نهایی شاخص‌ها
۳۹	۴-۴-۴. تعیین ارزش نهایی گزینه‌ها
۳۹	۴-۴-۵. رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها

۴۲.....	۴-۶. خلاصه‌سازی روش COPRAS
۴۳.....	فصل پنجم: روش WASPAS
۴۳.....	۵-۱. مقدمه
۴۳.....	۵-۲. ویژگی‌های مدل
۴۴.....	۵-۳. ورودی‌های مدل
۴۴.....	۵-۴. توضیح روش
۴۴.....	۵-۴-۱. بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم
۴۴.....	۵-۴-۲. تعیین میزان اهمیت نسبی جمعی
۴۵.....	۵-۴-۳. تعیین میزان اهمیت نسبی ضریبی
۴۵.....	۵-۴-۴. تعیین معیار مشترک (Q)
۴۵.....	۵-۴-۵. رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها
۴۹.....	۵-۶. خلاصه‌سازی روش WASPAS
۵۱.....	فصل ششم: روش SWARA
۵۱.....	۶-۱. مقدمه
۵۱.....	۶-۲. ویژگی‌های مدل
۵۱.....	۶-۳. ورودی‌های مدل
۵۲.....	۶-۴. توضیح روش
۵۲.....	۶-۴-۱. اولویت‌بندی اولیه گزینه‌ها
۵۲.....	۶-۴-۲. تعیین ضریب (K)
۵۲.....	۶-۴-۳. تعیین وزن اولیه
۵۲.....	۶-۴-۴. تعیین وزن نسبی
۵۳.....	۶-۴-۵. تعیین وزن کلی گزینه‌ها
۵۳.....	۶-۴-۶. رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها
۵۶.....	۶-۶. خلاصه‌سازی روش SWARA
۵۷.....	فصل هفتم: روش DEMATEL

۵۷	۷-۱. مقدمه
۵۷	۷-۲. ویژگی‌های مدل
۵۷	۷-۳. ورودی‌های مدل
۵۸	۷-۴. توضیح روش
۵۸	۷-۴-۱. بی‌مقیاس کردن ماتریس ارتباط مستقیم
۵۸	۷-۴-۲. تعیین ماتریس ارتباط کامل
۵۹	۷-۴-۳. تعیین مقادیر تاثیر و ناثر
۵۹	۷-۴-۴. تعیین مقدار آستانه (a)
۶۰	۷-۴-۵. ترسیم نمودار علت و معلول
۶۰	۷-۴-۶. رتبه‌بندی نهایی شاخص‌ها
۶۳	۷-۶. خلاصه‌سازی روش DEMATEL

فصل هشتم: روش PROMETHEE I & II

۶۵	۸-۱. مقدمه
۶۵	۸-۲. ویژگی‌های مدل
۶۶	۸-۳. ورودی‌های مدل
۶۶	۸-۴. توضیح روش
۶۶	۸-۴-۱. تعیین تابع ترجیح
۶۸	۸-۴-۲. محاسبه شاخص ارجحیت
۶۹	۸-۴-۳. محاسبه جریان خروجی و جریان ورودی
۶۹	۸-۴-۴. محاسبه جریان کل
۶۹	۸-۴-۵. رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها بر اساس روش PROMETHEE II
۶۹	۸-۴-۶. رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها بر اساس روش PROMETHEE III
۷۵	۸-۶. خلاصه‌سازی روش‌های PROMETHEE I & II

پیشگفتار

زمانی که در تصمیم‌گیری‌ها بیش از یک معیار مدنظر تصمیم‌گیرنده (DM) باشد بحث تصمیم‌های چند معیاره^۱ (MCDM) مطرح می‌گردد که عمدتاً بخش بزرگی از تصمیم‌گیری‌های روزمره در سازمان‌ها و جوامع بشری را به خود اختصاص می‌دهد. MCDM به دو بخش تصمیم‌های چند هدفه^۲ (MOLVP) و تصمیم‌های چند شاخصه^۳ (MADM) تقسیم می‌گردد.

در MODM که برای طراحی بهترین جواب بکار می‌رود مدل زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

$$\text{Max (Min) } f_i(x)$$

$$\text{Max (Min) } f_i(x)$$

$$\text{St: } x \in X$$

که $f_t(x)$ توابع هدف و x بردار متغیرهای تصمیم و X فضای جواب

می‌باشد. واضح است که این مدل می‌تواند یک برنامه‌ریزی چند هدفه خطی^۴ (MOLP)

1. Decision Maker

2. Multiple Criteria Decision Making

3. Multiple Objective Decision Making

4. Multiple Attribute Decision Making

5. Multi Objective Linear Programming

و یا یک برنامه‌ریزی چند هدفه غیر خطی^۱ (MONLP) باشد. هدف از حل مدل فوق رسیدن به بهترین جواب می‌باشد که بتواند حتی المقدور کلیه توابع هدف را بهبود دهد.

در MADM که برای انتخاب گزینه برتر بکار می‌رود و در این کتاب به بررسی هشت تکنیک آن پرداخته می‌شود در واقع DM می‌خواهد از بین چند گزینه $A_i, i = 1, \dots, m$ که مستقل فرض می‌شوند و با توجه به شاخص‌های $C_j, j = 1, \dots, n$ گزینه برتر را انتخاب نماید. در اینجا لازم است تعاریف ذیل از ادبیات MADM در نظر گرفته شود.

- **گزینه:** در MADM با تعدادی از گزینه‌های از پیش تعیین شده و محدود و مستقل سروکار داریم که هر یک از آنها سطحی از شاخص‌های مورد نظر تصمیم‌گیرنده را ارضا می‌کنند.
- **معیار^۲:** معیار یا اساس ارزیابی بوده و به معنای اندازه‌گیری میزان مؤثر بودن است و خود به دو بخش مثبت و منفی تقسیم می‌شود.
- **هدف^۳:** آن چیزی است که تأرید نهایی به آن تعقیب می‌شود.
- **شاخص^۴:** عبارتست از خاصیتی که با آن در یک گزینه باشد. هر گزینه بسته به نظر تصمیم‌گیرنده می‌تواند با تعدادی از شاخص‌ها مرتبط باشد.
- **ماتریس تصمیم‌گیری^۵:** ماتریسی است با مرتبه $m \times n$ که به شکل کلی صفحه بعد نشان داده می‌شود که در آن $A_i, i = 1, \dots, m$ گزینه $C_j, j = 1, \dots, n$ شاخص‌ها و $r_{ij}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$ ارزش گزینه‌ها به ازای هر شاخص را نشان می‌دهد.
- **شاخص‌های مثبت^۶:** شاخص‌هایی از $C_j, j = 1, \dots, n$ که دارای صلابت مثبت از نظر تصمیم‌گیرنده می‌باشد، بدین معنی که مقدار بیشتر آنها برای مطلوب‌تر است که معمولاً از جنس سود، درآمد، بهره‌وری و ... می‌باشند.

1. Multi Objective Non-Linear Programming

2. Alternative

3. Criteria

4. Objective

5. Attribute

6. Decision Matrix

7. Positive Attributes

$$D_{m \times n} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & & & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad m \times n$$

- شاخص‌های منفی^۱: شاخص‌هایی از $n, j = 1, \dots, n$ که دارای مطلوبیت منفی از نظر تصمیم‌گیرنده می‌باشد، بدین معنی که مقدار کمتر آنها برای وی مطلوب‌تر است که معمولاً از جنبه زیان‌رسان هزینه و ... می‌باشند.
- شاخص‌های غیرجبرانی^۲: شاخص‌هایی هستند که عدم مزیت یک مقدار نامطلوب در یک مشخصه نمی‌تواند توسط مزیت یک مقدار مطلوب در یک مشخصه دیگر پوشانده شود.
- شاخص‌های جبرانی^۳: این شاخص‌ها اندازه قابل‌مقایسه بین یکدیگر را دارند به عبارت دیگر عدم مزیت یک مقدار نامطلوب در یکی می‌تواند توسط مزیت یک مقدار مطلوب در یک مشخصه دیگر پوشانده شود.
- شاخص‌های مستقل^۴: شاخص‌هایی که هیچگونه وابستگی به بقیه شاخص‌ها ندارند.
- شاخص‌های وابسته^۵: شاخص‌هایی که حداقل به یکی از شاخص‌های دیگر وابسته است.
- شاخص‌های کمی^۶: شاخص‌هایی که دارای واحد بوده و می‌توان به صورت عددی بیان شده و قابل اندازه‌گیری باشد.
- شاخص‌های کیفی^۷: شاخص‌هایی که معمولاً دارای واحد نبوده و نمی‌توانند به صورت عددی بیان شوند و قابل اندازه‌گیری نمی‌باشند.

1. Negative Attributes

2. Non Compensatory Attributes

3. Compensatory Attributes

4. Independent Attributes

5. Dependant Attributes

6. Quantitative Attributes

7. Qualitative Attributes

در این کتاب هشت تکنیک نوین در زمینه تصمیم‌های چند شاخصه مورد بررسی قرار گرفته است. که اکثر روش‌های مطرح شده در زمره روش‌های جبرانی قرار می‌گیرند. در این کتاب تکنیک‌های ARAS, Taxonomy, MOORA, COPRAS, WASPAS, PROMETHEE II & III, DEMATEL, SWARA به ترتیب بررسی خواهند شد، که در ذیل شرح مختصری درباره هر تکنیک جهت آشنایی بیان می‌شود.

روش ARAS در سال ۲۰۱۰ معرفی شده است و هدف این روش انتخاب بهترین گزینه بر اساس بعدی شاخص می‌باشد. در این روش، به عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌های چند معیاره برای انتخاب بهترین گزینه، شاخص‌های کیفی باید به شاخص‌های کمی تبدیل شوند و روش نیز جبرانی می‌باشد.

روش Taxonomy در سال ۱۷۶۳ معرفی شده است و در سال ۱۹۶۸ به عنوان ابزاری برای طبقه‌بندی و تعیین درجه توسعه یافتگی مطرح گردید. این روش که از نوع جبرانی بوده و شاخص‌ها نیز مستقل از یکدیگر می‌باشند، با توجه به درجه بهره‌مندی و برخورداری گزینه‌های مختلف از شاخص‌های مورد بررسی، به‌بندی نهایی گزینه‌ها انجام می‌شود.

روش MOORA در سال ۲۰۰۴ معرفی شده است و علاوه بر جبرانی بودن روش، به عنوان یک روش عینی (غیر ذهنی) نیز به حساب می‌آید، که در آن معیارهای مطلوب و نامطلوب به‌طور همزمان جهت رتبه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

روش COPRAS در سال ۱۹۹۴ معرفی شده است. با توجه به جبرانی بودن روش، جهت ارزیابی ارزش هر دو شاخص کمینه و بیشینه مورد استفاده قرار می‌گیرد و تأثیر شاخص‌های کمینه و بیشینه بر روی ارزیابی نتایج به‌صورت جداگانه در نظر گرفته می‌شود.

روش WASPAS در سال ۲۰۱۲ معرفی شده است و ترکیبی از مدل مجموع وزین (WSM)^۱ و مدل حاصلضرب وزین (WPM)^۲ می‌باشد. در این روش شاخص‌ها مستقل بوده و شاخص‌های کیفی نیز به کمی تبدیل می‌شوند.

روش SWARA در سال ۲۰۱۰ معرفی شده است و در این روش که با شیوه وزن دهی صورت می‌گیرد، با نظر تصمیم‌گیرنده اهمیت نسبی و اولویت‌بندی اولیه گزینه‌ها برای هر

1. Weighted Sum Model

2. Weighted Product Model

شاخص که مستقل نیز می‌باشد، مشخص می‌گردد و سپس وزن نسبی هر گزینه برای کلیه شاخص‌ها مشخص می‌گردد و در نهایت اولویت‌بندی و رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها انجام می‌شود.

روش DEMATEL در سال ۱۹۷۱ معرفی شده است و از این روش که از نوع جبرانی می‌باشد، به منظور بررسی روابط داخلی میان شاخص‌ها، برای ساختن یک طرح روابط شبکه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین این روش به صورت موفقیت‌آمیزی در بسیاری از موقعیت‌ها، همچون توسعه استراتژی‌ها، سیستم‌های مدیریتی، ارزیابی‌های آموزش الکترونیکی و مدیریت دانش به کار گرفته شده است.

روش PROMETHEE I برای اولین بار در سال ۱۹۸۶ معرفی شد. همان‌گونه که از اسم روش مشخص است روش دهندگان این روش به دنبال یافتن راهکاری اساسی جهت بهبود ارزیابی تصمیم‌گیری بودند، لذا به عنوان یک روش کارا شناخته شده است. در این روش تنها رتبه‌بندی جزئی گزینه‌ها صورت می‌گیرد. اما در روش PROMETHEE II با توجه به جبران کل، رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها صورت می‌گیرد. در روش PROMETHEE III نیز رتبه‌بندی نهایی بر مبنای بازه‌ها انجام می‌گردد. ضمن آنکه در این روش الزامی به استقلال شاخص‌ها نمی‌باشد.