



Utilization of Multi Period Multiple Attribute Decision Making Models by Using Regression Equations

R. Sadeghian* & S. Foroutan

Ramin Sadeghian, Assistant professor of Industrial Engineering – Islamic Azad University, South Tehran Branch

Saba Foroutan, Master of Science of Industrial Engineering – Bu Ali Sina University

Keywords

Multiple Attribute Decision Making,
Multi Period,
Regression Equations,
TOPSIS Model

ABSTRACT

Multiple attribute decision making models which select the best alternative out of all possible alternatives are used in different environments such as community, economy, management, army, etc. In recent years most of the performed researches in multiple attribute decision making's field have been focused on single period evaluations; while the value of attributes may not be fixing during all periods. Hence this research presents how to use a MADM model, for example TOPSIS model, in case of multi period. In this research, for describing the relations between periods, regression equations are used. The proposed model is also implemented in textile industry as a case study.

© 2012 IUST Publication, IJIIEPM. Vol. 23, No. 2, All Rights Reserved

*
Corresponding author. Ramin Sadeghian
Email: ramin_sadeghian@yahoo.com

استفاده از مدل های تصمیم گیری چندشاخصه به صورت چنددوره ای با بکارگیری معادلات رگرسیونی

رامین صادقیان* و صبا فروتن

چکیده:

کلمات کلیدی

مدل های تصمیم گیری چندشاخصه که به انتخاب گزینه برتر از بین گزینه های موجود می پردازند، در مسائل مختلف اجتماعی، اقتصادی، مدیریتی، نظامی و ... قابل استفاده اند. با توجه به اینکه طی سال های اخیر مدل های تصمیم گیری چندشاخصه بسیار مورد توجه قرار گرفته است، در اکثر تحقیقات انجام شده، تصمیم گیری ها فقط بر مبنای داده ها و شرایط موجود در یک دوره انجام شده اند، در حالی که اطلاعات شاخص ها به ازای گزینه های مختلف در هر دوره زمانی لزوماً ثابت نیستند. از اینرو در این مقاله نحوه استفاده از مدل تصمیم گیری چندشاخصه TOPSIS به صورت چنددوره ای و با کمک معادلات رگرسیونی ارائه گردیده و مدل پیشنهادی به عنوان یک مطالعه موردی در صنعت نساجی پیاده سازی می شود.

تصمیم گیری چندشاخصه (MADM)^۱

چند دوره ای^۲

معادلات رگرسیونی^۳

مدل TOPSIS^۴

۱. مقدمه

تصمیم گیری در دنیای امروز یکی از مسایل بسیار مهم به شمار می رود، که تصمیم گیرنده با گزینه هایی متفاوت تحت معیارهای مختلفی روبرو است. با توجه به اینکه تمام اقشار یک جامعه از مدیران ارشد گرفته تا یک دانش آموز ساده با تصمیم گیری دست و پنجه نرم کرده و در تمام مراحل زندگی و کاری و به صورت روزانه همراه آنهاست، بهتر می توان به اهمیت و ارزش یک تصمیم گیری صحیح پی برد. تصمیم گیری های چندمعیاره^۲ را می توان به دو دسته عمده تقسیم بندی نمود: تصمیم گیری چندهدفه^۳ و تصمیم

گیری چندشاخصه. که تصمیم گیری چندهدفه زمانی استفاده می شود که بخواهید با توجه به محدودیت های موجود، هدف یا اهدافی را که پیش رو دارید، بشینیه و یا کمینه نمایید. همچنین تصمیم گیری چند شاخصه انتخاب مناسب ترین گزینه از بین گزینه های موجود با توجه به شاخص های مطرح شده می باشد. مدل TOPSIS یکی از پرکاربردترین مدل های حل مسائل MADM می باشد که توسط یون^۴ و هانگ^۵ در سال ۱۹۸۱ ارائه شد [۱]. مفهوم اصلی مدل TOPSIS اینست که بهترین گزینه باید دارای کمترین فاصله اقلیدسی از راه حل ایده آل و بیشترین فاصله اقلیدسی از راه حل ضد ایده آل باشد. مدل TOPSIS بارها در مسائل مختلف از جمله تجزیه و تحلیل مکان یابی^۶، مدیریت منابع انسانی^۷، حمل و نقل^۸، طراحی محصول^۹ و کنترل کیفیت^{۱۰} کیفیت^{۱۰} مورد استفاده قرار گرفته و نتایج رضایت بخشی داده است [۲-۶]. بنابراین برای اجرای مدل های چند دوره ای در این

تاریخ وصول: ۸۹/۸/۶

تاریخ تصویب: ۹۰/۳/۲۱

*نویسنده مسئول مقاله: دکتر رامین صادقیان، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، ramin_sadeghian@yahoo.com
صبا فروتن، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، saba.foroutan@gmail.com

⁴ Yoon

⁵ Hwang

⁶ Location Analysis

⁷ Human Resources Management

⁸ Transportation

⁹ Product Design

¹⁰ Quality Control

¹ Multiple Attribute Decision Making

² Multi Period

³ Regression Equations

⁴ Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution

⁵ MCDM

⁶ Multiple Objective Decision Making (MODM)

ادراکی^{۱۴} بررسی کردند. آنها دو عملگر میانگین وزنی فازی ادراکی پویا^{۱۵} و میانگین وزنی فازی ادراکی پویای متغیر^{۱۶} را مطرح کردند کردند و مدل TOPSIS را برای مسائل تصمیم گیری چندشاخصه پویا با داده های فازی تعمیم دادند [۹].

استفاده و حل مدل های MP-MADM، معمولاً دشوارتر از مدل های MADM هستند، ولیکن این دسته از مسائل از آن رو حائز اهمیت هستند که هم می توانند تغییرات پارامترهای مختلف در طی زمان را نشان دهند و هم با استفاده از این مدل ها تحلیلگر می تواند تصمیمات آتی تصمیم گیرنده نهایی^{۱۷} را در طی دوره های آتی حدس زده و پیش بینی نماید. بزند. به هرحال پیش بینی تصمیمات آتی یکی از مهم ترین مقوله هایی است که می تواند در حوزه های مختلف علمی از جمله برنامه ریزی و مدیریت استراتژیک، تئوری بازی ها و بهبود و کیفیت ارائه خدمات و محصولات به مشتریان به عنوان تصمیم گیرندگان خدمات و محصولات، رضایت مشتریان و ... استفاده نمود.

۲. تعاریف

۲-۱. مدل TOPSIS

مدل TOPSIS یکی از مدل های تصمیم گیری چندشاخصه است که به انتخاب گزینه برتر از بین گزینه های ممکن می پردازد. ابتدا باید شاخص و گزینه های تصمیم گیری را مشخص نموده و پس از تشکیل ماتریس تصمیم گیری، مدل را براساس الگوریتم آن حل نمود [۱۰، ۱۱]. در این تحقیق برای استخراج اوزان شاخص ها از روش آنترپی^{۱۸} استفاده می شود [۱۱].

یک ماتریس تصمیم گیری می تواند به صورت زیر تعریف شود:

$$D = \begin{matrix} & u_1 & u_2 & \dots & u_m \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

ماتریس تصمیم گیری D از n گزینه $A_1, A_2, \dots, A_n$ و m شاخص $u_1, u_2, \dots, u_m$ تشکیل می یابد. در این مدل علاوه بر در نظر گرفتن فاصله یک گزینه A_i از نقطه ایده آل، فاصله آن از نقطه ایده آل منفی هم در نظر گرفته می شود. بدان معنی که گزینه انتخابی می بایست دارای کمترین فاصله از راه حل ایده آل بوده و در عین حال

مقاله از مدل TOPSIS استفاده می شود، ولیکن در سایر مدل های نیز به طور مشابه کاربرد خواهد داشت.

در اکثر تحقیقاتی که در زمینه تصمیم گیری چندشاخصه انجام شده است، تصمیم گیری ها برای حالتی به کار رفته اند که شاخص ها، گزینه ها، اوزان شاخص ها و مقادیر گزینه ها به ازای هر شاخص، تماماً متعلق به یک دوره زمانی (تک دوره ای)^۱ بوده و تغییر این موارد در طی دوره های گذشته یا آتی به صورت چند دوره ای کمتر مدنظر قرار گرفته است. درحالی که کاملاً مشهود است که تمام اطلاعات مربوط به ماتریس های تصمیم گیری چندشاخصه می توانند با گذر زمان تغییر نمایند و لزوماً مقادیرشان در طی چند دوره زمانی ثابت نیست. از اینرو تغییر این موارد به طور جدی می تواند در روند تصمیم گیری و اولویت بندی گزینه ها بسیار مؤثر باشد.

تصمیم گیری های چندشاخصه ای را که تغییرات مربوط به مقادیر شاخص ها به ازای گزینه های مختلف در طی زمان را در نظر می گیرند، اصطلاحاً تصمیم گیری چندشاخصه چنددوره ای^۲ و یا تصمیم گیری چندشاخصه پویا^۳ می نامیم.

البته تحقیقات کمی نیز در زمینه تصمیم گیری چندشاخصه چند دوره ای انجام شده است. زشوی^۴ در سال ۲۰۰۸ رویکردی جدید را برای مسائل تصمیم گیری چندشاخصه چنددوره ای پیشنهاد کرد. او دو عملگر جمعی پویا به صورت عملگر میانگین وزنی پویا^۵ و عملگر میانگین وزنی پویای متغیر^۶ تعریف نمود، که این دو عملگر با توجه به در نظر گرفتن عامل زمان، می توانند ضعف های عملگرهای جمعی ایستا را که تا به حال وجود داشت، برطرف نمایند [۷]. همچنین یانگ^۷، پین^۸ و هسین^۹ در سال ۲۰۰۸ مدل TOPSIS را برای حل مسأله تصمیم گیری چندشاخصه پویا بر روی اعداد خاکستری^{۱۰} ارائه کردند. آنها، ابتدا با استفاده از دو مفهوم فاصله اقلیدسی بین دو عدد خاکستری و مفهوم تابع فاصله مینکوسکی وزنی، تابع فاصله مینکوسکی عدد خاکستری وزنی را به دست آوردند و سپس مراحل روش مدل TOPSIS را پیاده کردند [۸]. همچنین زشوی^{۱۱}، رنالد^{۱۲} و یاگر^{۱۳} نیز در سال ۲۰۰۸، مسأله تصمیم گیری چندشاخصه پویا را بر روی مجموعه فازی

¹ Single Period

² Multi-Period Multi-Attribute Decision Making (MP-MADM)

³ Dynamic MADM

⁴ Zeshui Xu

⁵ Dynamic Weighted Averaging (DWA)

⁶ Uncertain Dynamic Weighted Averaging (UDWA)

⁷ Yong-Huang Lin

⁸ Pin-Chan Lee

⁹ Hsin-I Ting

¹⁰ Grey Number

¹¹ Zeshu Xu

¹² Ronald R

¹³ Yager

¹⁴ Intuitionistic Fuzzy Set (IFS)

¹⁵ Dynamic Intuitionistic Fuzzy Weighted Averaging (DIFWA)

¹⁶ Uncertain Dynamic Intuitionistic Fuzzy Weighted Averaging (UDIFWA)

¹⁷ DM

¹⁸ Entropy

برازش معادلات مذکور دارای ضریب تعیین مناسبی بوده و به شکل قابل قبولی تشکیل شوند. تا حد امکان معادلات تعیین شده توسط افراد خبره مورد بررسی و تأیید قرار گیرند. تشکیل معادلات رگرسیونی کمک می‌کند که بتوان از ماتریس‌های تصمیم‌گیری در پیش‌بینی‌های آتی و حتی پیش‌بینی نقاط درونی استفاده نمود. البته یکی از مفروضاتی که در این زمینه می‌بایست مورد توجه قرار داد، اینست که جزء خطای تصادفی معادلات رگرسیون ناچیز بوده و از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند.

گام ۳. تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری چندشاخصه رگرسیونی در این گام هریک از معادلات رگرسیونی تشکیل شده از گام قبل را به عنوان یکی از درایه‌های ماتریس تصمیم‌گیری چندشاخصه رگرسیونی قرار دهید. تمام معادلات رگرسیونی به دست آمده فقط دارای یک متغیر مستقل بر حسب زمان بوده و متغیرهای وابسته آنها معادل ارزش هر گزینه به ازای هر شاخص می‌باشند. ماتریس تصمیم‌گیری چندشاخصه رگرسیونی می‌تواند به صورت زیر تشکیل شود:

$$D(t) = \begin{bmatrix} y_{11}(t) & y_{12}(t) & \cdots & y_{1m}(t) \\ y_{21}(t) & y_{22}(t) & \cdots & y_{2m}(t) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ y_{n1}(t) & y_{n2}(t) & \cdots & y_{nm}(t) \end{bmatrix} \quad (3)$$

به طوری که $y_{ij}(t)$ نشان‌دهنده معادله رگرسیونی به دست آمده از درایه‌های نظیر x_{ij} های ماتریس‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در دوره‌های مختلف زمانی می‌باشد و این معادلات رگرسیونی می‌توانند به صورت خطی یا غیرخطی تشکیل شوند.

گام ۴. تعیین وزن شاخص‌ها به ازای ماتریس‌های تصمیم‌گیری هر دوره

در این گام وزن شاخص‌ها به ازای ماتریس‌های تصمیم‌گیری هر دوره با استفاده از روش آنتروپی به دست می‌آیند. در هر دوره یک بردار w به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$W^t = [w_1^t \quad w_2^t \quad \cdots \quad w_m^t] \\ \sum_{j=1}^m w_j^t = 1 ; t = 1, \dots, T \quad (4)$$

گام ۵. تعیین وزن شاخص‌های ماتریس رگرسیونی در این گام پس از یافتن بردار w به ازای هر دوره، یک بردار w نهایی برای ماتریس تصمیم‌گیری رگرسیونی از میانگین حسابی

دارای دورترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی باشد. فاصله یک گزینه از راه‌حل ایده‌آل یا ایده‌آل منفی می‌تواند به صورت یکی از فواصل خانواده مینکووسکی^۱ مانند فاصله اقلیدسی^۲ و یا به صورت صورت فاصله همینگ محاسبه گردد، که البته فاصله اقلیدسی به طور پیش‌فرض مورد استفاده قرار می‌گیرد. نوع انتخاب فاصله بستگی به نرخ تبادل و جایگزینی در بین شاخص‌ها دارد [۱۲].

۲-۲. روش آنتروپی

آنتروپی مفهومی است که در علوم اجتماعی، فیزیک و تئوری اطلاعات جهت سنجش بی‌نظمی و عدم اطمینان به کار گرفته می‌شود. در ماتریس تصمیم‌گیری، آنتروپی می‌تواند پراکندگی مقادیر شاخص‌ها را نشان دهد. هرچه پراکندگی مقادیر یک شاخص در گزینه‌ها بیشتر (آنتروپی کمتر) باشد، اهمیت آن شاخص در تصمیم‌گیری بیشتر است.

۳. ارائه الگوریتم نحوه تشکیل و حل مدل‌های

تصمیم‌گیری چندشاخصه چنددوره‌ای

گام صفر. شروع

گام ۱. تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری چندشاخصه چند دوره با توجه به اینکه در مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه چند دوره ای تمام عناصر ماتریس‌ها به زمان وابسته‌اند و با گذشت زمان می‌توانند تغییر کنند، ماتریس‌های تصمیم‌گیری به ازای هر دوره به صورت زیر نشان داده می‌شوند:

$$D^t = \begin{bmatrix} x_{11}^t & x_{12}^t & \cdots & x_{1m}^t \\ x_{21}^t & x_{22}^t & \cdots & x_{2m}^t \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1}^t & x_{n2}^t & \cdots & x_{nm}^t \end{bmatrix} ; t = 1, \dots, T \quad (2)$$

که D^t ماتریس تصمیم‌گیری مربوط به دوره t ام، و x_{ij}^t ارزش مربوط به i امین گزینه و j امین شاخص متعلق به دوره t ام را نشان می‌دهد به طوری که $t = 1, \dots, T$ است.

گام ۲. تشکیل معادلات رگرسیونی

به ازای هر یک از درایه‌های x_{ij}^t ، در ماتریس‌های تصمیم‌گیری دوره‌های مختلف $t = 1, \dots, T$ یک معادله رگرسیونی تشکیل داده می‌شود. در تشکیل معادلات رگرسیونی می‌بایست دقت شود که

¹ Minkowski

² Euclidean Distance

w های دوره های گذشته به صورت زیر تعیین می شود:

$$W = \begin{bmatrix} \frac{\sum_{t=1}^T w_1^t}{T} & \frac{\sum_{t=1}^T w_2^t}{T} & \dots & \frac{\sum_{t=1}^T w_m^t}{T} \end{bmatrix}$$

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1 \quad (5)$$

گام ۶. استفاده از مدل TOPSIS

پس از تعیین اوزان شاخص ها، ماتریس تصمیم گیری رگرسیونی را با استفاده از مدل TOPSIS که خود دارای شش مرحله به صورت زیر است، حل نمایید:

گام ۶-۱. تبدیل ماتریس تصمیم گیری رگرسیونی موجود به یک ماتریس بی مقیاس شده با استفاده از روش بی مقیاس سازی نرم

$$R_{ij}(t) = \frac{y_{ij}(t)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n y_{ij}^2(t)}}, \quad j=1, \dots, m, \quad i=1, \dots, n \quad (6)$$

البته با توجه به اینکه $y_{ij}(t)$ ها یک تابع به صورت معادله رگرسیونی هستند، ممکن است انجام عملیات بر روی آنها دشوار بوده و پیچیدگی خاص خود را داشته باشد.

گام ۶-۲. ایجاد ماتریس بی مقیاس وزنی

با توجه به اوزان به دست آمده به صورت

$$W = (w_1 \quad w_2 \quad \dots \quad w_j \quad \dots \quad w_m)$$

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1$$

و ماتریس بی مقیاس شده، ماتریس بی مقیاس وزنی $V(t)$ به صورت زیر حاصل می شود:

$$V_{ij}(t) = w_j \cdot r_{ij}(t), \quad j=1, \dots, m, \quad i=1, \dots, n \quad (7)$$

گام ۶-۳. تعیین گزینه ایده آل مثبت (A^+) و ایده آل منفی (A^-) به صورت ذیل:

$$A^+ = \left\{ \left(\max_i v_{ij}(t) \mid j \in J \right), \left(\min_i v_{ij}(t) \mid j \in J' \right) \mid i \in n \right\} \quad (8)$$

$$= [v_1^+(t) \quad v_2^+(t) \quad \dots \quad v_m^+(t)]$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij}(t) \mid j \in J \right), \left(\max_i v_{ij}(t) \mid j \in J' \right) \mid i \in n \right\} \quad (9)$$

$$= [v_1^-(t) \quad v_2^-(t) \quad \dots \quad v_m^-(t)]$$

به طوریکه J مربوط به شاخص های سود و J' مربوط به شاخص های هزینه می باشد.

در این قسمت باید متذکر شد چون داده های ما از دوره های مختلف زمانی جمع آوری شده است، به همین دلیل ممکن است برای هر شاخص در دوره های مختلف مینیمم و ماکزیممها تغییر کنند، که یکی از تفاوت های عمده ماتریس های تصمیم گیری رگرسیونی یا ماتریس های تصمیم گیری اسکالر است، از اینرو ممکن است برای دوره های زمانی مختلف، گزینه های ایده آل مثبت و منفی متفاوتی موجود باشد.

گام ۶-۴. محاسبه فاصله هر گزینه از راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده آل منفی

جهت تعیین این فواصل از روش اقلیدسی به صورت زیر استفاده می گردد:

فاصله گزینه i ام از ایده آل مثبت:

$$d_i^+ = \left[\sum_{j=1}^m (v_{ij}(t) - v_j^+(t))^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad i=1, \dots, n \quad (10)$$

فاصله گزینه i ام از ایده آل منفی:

$$d_i^- = \left[\sum_{j=1}^m (v_{ij}(t) - v_j^-(t))^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad i=1, \dots, n \quad (11)$$

با توجه به اینکه ممکن است گزینه های ایده آل مثبت و منفی در دوره های مختلف تغییر کرده و d_i^+ و d_i^- نیز متناظر با آنها تغییر کنند، با توجه به شرایط می توان هر دوره را به طور مجزا نیز به دست آورد. واضح است که هرچه فاصله از راه حل ایده آل مثبت کمتر و از راه حل ایده آل منفی بیشتر باشد، بهتر است.

گام ۶-۵. محاسبه نزدیکی نسبی گزینه ها به راه حل های ایده آل

نزدیکی نسبی به صورت زیر تعیین می شود:

$$0 \leq Cl_i^+ \leq 1, \quad i=1, \dots, n \quad (12)$$

$$Cl_i^+ = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \quad i=1, \dots, n \quad (13)$$

با توجه نمود که چون بازه هایی که d_i^+ و d_i^- در آنها تغییر می کند ممکن است متفاوت باشند، برای یافتن Cl_i^+ ها باید اشتراک بازه هایی که d_i^+ و d_i^- در آنها تغییر می کنند، در نظر گرفته شود.

مشخص است که اگر $A_i = A^+$ آنگاه $CI_i^+ = 1$ و اگر $A_i = A^-$ آنگاه $CI_i^+ = 0$ می‌شود، یعنی هرچه فاصله گزینه A_i از راه‌حل ایده‌آل A^+ کمتر باشد CI_i^+ به واحد نزدیکتر خواهد بود.

گام ۶-۶. رتبه‌بندی گزینه‌ها

براساس ترتیب نزولی CI_i^+ ، به ازای هر بازه زمانی، می‌توان یک رتبه‌بندی مجزا برای گزینه‌های موجود به ازای هر دوره زمانی و در نتیجه در هر بازه زمانی تعیین نمود.

۴. مطالعه موردی

با توجه به اهمیت میزان کارا بودن الگوریتم ارائه شده، در این مقاله الگوریتم پیشنهادی در یک مطالعه کاربردی و واقعی در صنعت نساجی پیاده‌سازی می‌شود.

مسئله موردنظر، سرمایه‌گذاری در شاخه‌های مختلف از صنعت نساجی می‌باشد. شاخه‌های اساسی درنظر گرفته شده عبارتند از: تولید قالی و قالیچه دستباف، تولید انواع پارچه و کالاهای کشفاف، تولید پوشاک به استثنای پوشاک از پوست خردار و دباغی و عمل آوردن چرم و ساخت کیف. این شاخه‌ها به‌عنوان گزینه‌های مسئله درنظر گرفته می‌شوند.

A_1 : تولید قالی و قالیچه دستباف

A_2 : تولید انواع پارچه و کالاهای کشفاف

A_3 : تولید پوشاک به استثنای پوشاک از پوست خردار

A_4 : دباغی و عمل‌آوردن چرم و ساخت کیف

شاخص‌هایی که برای این مسئله درنظر گرفته می‌شود، به صورت زیر می‌باشند:

۱- ارزش مقدار سوخت مصرفی (میلیون ریال) (u_1)

۲- میزان اشتغال (نفر) (u_2)

۳- ارزش افزوده فعالیت صنعتی (میلیون ریال) (u_3)

که شاخص اول جنبه هزینه داشته و یک شاخص منفی است و شاخص‌های دوم و سوم جنبه سود داشته و شاخص‌های مثبت می‌باشند.

اطلاعات به‌دست آمده از مرکز آمار ایران که طی سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۶ جمع‌آوری شده‌اند، در پیوست (۱) آمده‌است.^۱

گام ۱. تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری چندشاخصه چند دوره‌ای

ماتریس‌های تصمیم‌گیری طی ۱۰ سال متوالی و با بازه‌های زمانی یکساله مربوط به سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۶ تشکیل شده و در

^۱ سالنامه آماری کشور مربوط به سال‌های ۷۸-۸۷

پیوست (۱) آمده‌است.

ماتریس تصمیم‌گیری چندشاخصه چنددوره‌ای در پیوست (۱) آمده‌است.

گام ۲. تعیین معادلات رگرسیونی

$$\begin{aligned} y_{11}(t) &= 333.35 t^{0.5151} \\ y_{12}(t) &= 6.3494 t^4 - 155.88 t^3 + 1228 t^2 - 3476.4 t + 7395.8 \\ y_{13}(t) &= 19242 \exp(0.2275 t) \\ y_{21}(t) &= 0.2171 t^5 - 4.9341 t^4 + 32.727 t^3 - 10.025 t^2 - 419.81 t + 3703.2 \\ y_{22}(t) &= 1.2297 t^4 - 36.792 t^3 + 363.53 t^2 - 1530.6 t + 4612.1 \\ y_{23}(t) &= 71.004 t^5 - 1826.4 t^4 + 16378 t^3 - 60408 t^2 + 90697 t + 25779 \\ y_{31}(t) &= 854.45 t + 1620.3 \\ y_{32}(t) &= 21.819 t^4 - 514.18 t^3 + 4036.4 t^2 - 11674 t + 15757 \\ y_{33}(t) &= 49924 t + 6891.7 \\ y_{41}(t) &= 91.125 t^2 - 60.993 t + 3953.9 \\ y_{42}(t) &= 7.5768 t^4 - 176.96 t^3 + 1427.4 t^2 - 4591 t + 7703.1 \\ y_{43}(t) &= 3038.3 t^2 + 7120.6 t + 97382 \end{aligned}$$

گام ۳. تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری رگرسیونی:

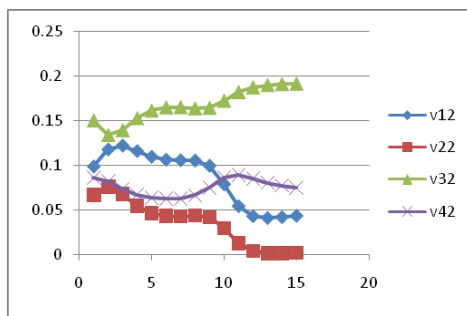
$$D(t) = \begin{bmatrix} y_{11}(t) & y_{12}(t) & y_{13}(t) \\ y_{21}(t) & y_{22}(t) & y_{23}(t) \\ y_{31}(t) & y_{32}(t) & y_{33}(t) \\ y_{41}(t) & y_{42}(t) & y_{43}(t) \end{bmatrix} \quad (15)$$

گام ۴. وزن شاخص‌ها به‌ازای هر دوره با استفاده از روش آنتروپی به صورت زیر به‌دست می‌آید:

جدول ۱. وزن شاخص‌های هر دوره			
t	W ₁	W ₂	W ₃
۱	۰.۵۶۴۳۹	۰.۱۱۰۳۱	۰.۳۲۵۸۲
۲	۰.۴۷۴۲۴	۰.۱۱۲۸۷	۰.۴۱۲۸۷
۳	۰.۵۵۲۰۴	۰.۱۵۱۲۸	۰.۲۹۶۶۷
۴	۰.۴۴۳۶۹	۰.۲۰۴۱۹	۰.۳۵۲۱۱
۵	۰.۴۲۳۲۱	۰.۲۳۶۳۵	۰.۳۴۰۴۲
۶	۰.۴۲۸۶۹	۰.۳۱۶۶۴	۰.۲۵۴۶۶
۷	۰.۴۸۶۷۵	۰.۲۶۴۲۸	۰.۲۴۸۹۶
۸	۰.۴۶۱۷۸	۰.۱۷۰۰۶	۰.۳۶۸۱۵
۹	۰.۴۹۳۲۷	۰.۲۸۹۲۵	۰.۲۱۷۴۶
۱۰	۰.۳۹۰۲۹	۰.۲۴۸۱۸	۰.۳۶۱۵۱

گام ۵. یافتن بردار وزن ماتریس تصمیم‌گیری رگرسیونی:

$$W = \left[\frac{\sum_{t=1}^{10} w_1^t}{10} \quad \frac{\sum_{t=1}^{10} w_2^t}{10} \quad \frac{\sum_{t=1}^{10} w_3^t}{10} \right] = [0.471839 \quad 0.210346 \quad 0.317869] \quad (16)$$

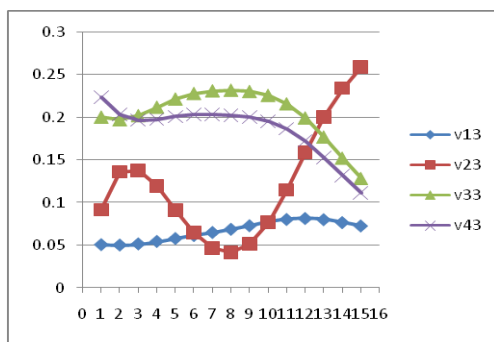


شکل ۲. ارزیابی اطلاعات بی‌مقیاس شده وزنی شاخص دوم

جدول ۴. مینیمم و ماکزیمم شاخص سوم

x	1,...,6	7,...,10	11,...,15
Min	v_{13}	v_{23}	v_{13}

x	1,2	3,...,12	13,14,15
Max	v_{43}	v_{33}	v_{23}



شکل ۳. ارزیابی اطلاعات بی‌مقیاس شده وزنی شاخص سوم

سوم

$$A^+ = [v_{11} \quad v_{32} \quad [v_{43} \quad v_{33} \quad v_{23}]] = [v_1^+ \quad v_2^+ \quad v_3^+]$$

$$A^- = [v_{41} \quad v_{22} \quad [v_{13} \quad v_{23} \quad v_{13}]] = [v_1^- \quad v_2^- \quad v_3^-]$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، بازای شاخص سوم، گزینه ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی تغییر می‌کند، به این صورت که v_{43} ، v_{33} ، v_{23} برای گزینه ایده‌آل مثبت به ترتیب مربوط به بازه‌های ۱ تا ۳، ۲ تا ۱۲ و ۱۳ تا ۱۵ و v_{13} ، v_{23} ، v_{13} برای گزینه ایده‌آل منفی به ترتیب مربوط به بازه‌های ۱ تا ۶، ۷ تا ۱۰ و ۱۱ تا ۱۵ می‌باشد.

گام ۴-۶. تعیین فاصله از گزینه‌های ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی:

توجه نمایید که چون v_3^+ در سه بازه ۱ تا ۳، ۲ تا ۱۲ و ۱۳ تا ۱۵ و v_3^- در سه بازه ۱ تا ۶، ۷ تا ۱۰ و ۱۱ تا ۱۵ تغییر می‌کند، نیز می‌بایست در این بازه‌ها به‌طور جداگانه به صورت d_i^+ ، d_i^-

گام ۶. استفاده از مدل TOPSIS

گام ۱-۶. تبدیل ماتریس تصمیم‌گیری رگرسیونی موجود به یک ماتریس بی‌مقیاس شده با استفاده از روش بی‌مقیاس‌سازی نرم

$$R_{ij}(t) = \frac{y_{ij}(t)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n y_{ij}^2}}, \quad j=1,\dots,3, \quad i=1,\dots,4$$

گام ۲-۶. تعیین ماتریس بی‌مقیاس وزنی:

$$V_{ij}(t) = w_j \cdot r_{ij}(t), \quad j=1,\dots,3, \quad i=1,\dots,4$$

به‌دلیل طولانی و پیچیده بودن عملیات این دو قسمت و معادلات به‌دست آمده، از نوشتن آنها صرف‌نظر شده‌است.

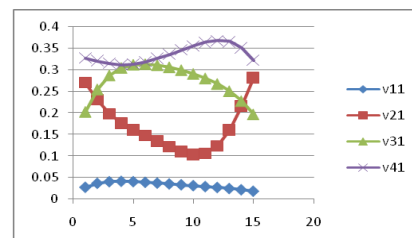
گام ۳-۶. تعیین گزینه‌های ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی:

برای این کار می‌توان با ترسیم نمودار معادلات هر شاخص، گزینه‌ها را تعیین نمود.

به دلیل استفاده از معادلات رگرسیونی، می‌توان جهت بررسی صحت معادلات، برای چندین دوره بعد از آخرین دوره نیز گزینه‌های ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی تعیین نمود. در این مسأله تا ۱۵ دوره مورد محاسبه قرار گرفته است. شکل‌های (۱) تا (۳) و جداول (۲) تا (۴) را مشاهده نمایید.

جدول ۲. مینیمم و ماکزیمم شاخص اول

x	۱، ...، ۱۵
Min	v_{11}
Max	v_{41}



شکل ۴. ارزیابی اطلاعات بی‌مقیاس شده وزنی شاخص اول

جدول ۳. مینیمم و ماکزیمم شاخص دوم

x	۱، ...، ۱۵
Min	v_{22}
Max	v_{32}

زیر تعیین شوند.

$$Cl_1^+ > Cl_3^+ > Cl_4^+ > Cl_2^+ \rightarrow A_1 > A_3 > A_4 > A_2 \quad t=1,2$$

$$Cl_1^+ > Cl_2^+ > Cl_3^+ > Cl_4^+ \rightarrow A_1 > A_2 > A_3 > A_4 \quad t=3, \dots, 10$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، رتبه‌بندی گزینه‌ها در برخی دوره‌ها تغییر نموده‌است و این مهمترین نتیجه‌ای است که تصمیم‌گیری چندشاخصه چنددوره‌ای به آن رسیده است ولیکن مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه تک دوره‌ای آن را نمی‌دهند و همواره رتبه‌بندی را ثابت فرض می‌کنند.

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله ابتدا الگوریتمی جهت استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه چند دوره‌ای ارائه گردید. سپس در یک مطالعه موردی بر روی صنعت نساجی با ۴ گزینه و ۳ شاخص به ازای ۱۰ دوره زمانی بر حسب سال، از سال ۱۳۷۷ به‌عنوان سال اول تا سال ۱۳۸۶ به‌عنوان سال ۱۰ این الگوریتم پیاده‌سازی شد. پس از اجرای تمامی گام‌های الگوریتم پیشنهادی و استفاده از مدل TOPSIS براساس گام‌های موردنیاز، مشخص گردید که رتبه بندی گزینه‌ها در طی سال‌های ۱ و ۲ به صورت $A_1 > A_3 > A_4 > A_2$ و در طی سال‌های ۳ تا ۱۰ به صورت $A_1 > A_2 > A_3 > A_4$ می‌باشند.

همان‌گونه که مشخص است با تغییر زمان رتبه‌بندی گزینه‌ها نیز کاملاً دستخوش تغییرات قرار گرفته‌است. از اینرو مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه تک دوره‌ای نمی‌توانند همواره به‌طور کامل رتبه‌بندی دقیقی را ارائه دهند و این رتبه‌بندی‌ها لزوماً در طی زمان ثابت نیستند.

علاوه بر خاصیت در نظر گرفتن زمان در این گونه تصمیم‌گیری‌ها، مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه چند دوره‌ای که از معادلات رگرسیونی بهره می‌برند، دارای خاصیت مهم دیگری نیز هستند و آن هم پیش‌بینی تصمیمات آتی سازمان موردنظر است. به عنوان مثال در مطالعه موردی موجود در این مقاله، رتبه بندی گزینه‌ها در طی سال‌های ۱۱ و ۱۲ به صورت $A_1 > A_2 > A_3 > A_4$ و در طی سال‌های ۱۳ تا ۱۵ به صورت $A_1 > A_3 > A_4 > A_2$ می‌باشد، و این درحالیست که دوره‌های زمانی ۱۱ تا ۱۵ هنوز به وقوع نپیوسته‌اند ولیکن مدل پیشنهادی قادر به پیش‌بینی تصمیمات آتی نیز می‌باشد.

مراجع

[۱] اصغرپور، محمد جواد، تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۷.

[2] Hwang, C.L., Yoon, K., *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag,

$$d_{i1}^+ = \left[\sum_{j=1}^3 (v_{ij}(t) - v_j^+(t))^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad i=1, \dots, 4, \quad t=1,2 \quad (۱۷)$$

$$d_{i2}^+ = \left[\sum_{j=1}^3 (v_{ij}(t) - v_j^+(t))^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad i=1, \dots, 4, \quad t=3, \dots, 12 \quad (۱۸)$$

$$d_{i3}^+ = \left[\sum_{j=1}^3 (v_{ij}(t) - v_j^+(t))^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad i=1, \dots, 4, \quad t=13, \dots, 15 \quad (۱۹)$$

$$d_{i1}^- = \left[\sum_{j=1}^3 (v_{ij}(t) - v_j^-(t))^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad i=1, \dots, 4, \quad t=1, \dots, 6 \quad (۲۰)$$

$$d_{i2}^- = \left[\sum_{j=1}^3 (v_{ij}(t) - v_j^-(t))^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad i=1, \dots, 4, \quad t=7, \dots, 10 \quad (۲۱)$$

$$d_{i3}^- = \left[\sum_{j=1}^3 (v_{ij}(t) - v_j^-(t))^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad i=1, \dots, 4, \quad t=11, \dots, 15 \quad (۲۲)$$

گام ۵-۶. تعیین فواصل نسبی:

به دلیل اینکه در تعیین Cl_i^+ هم از d_i^- و هم d_i^+ استفاده می‌شود، می‌بایست اشتراک بازه‌هایی را که d_i^+ و d_i^- در آن تغییر می‌کنند، در نظر گرفت. از اینرو هر Cl_i^+ به ازای پنج بازه به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$Cl_i^+ = \frac{d_{i1}^-}{d_{i1}^- - d_{i1}^+}, \quad t=1,2$$

$$Cl_i^+ = \frac{d_{i1}^-}{d_{i1}^- - d_{i2}^+}, \quad t=3, \dots, 6$$

$$Cl_i^+ = \frac{d_{i2}^-}{d_{i2}^- - d_{i2}^+}, \quad t=7, \dots, 10$$

$$Cl_i^+ = \frac{d_{i3}^-}{d_{i3}^- - d_{i2}^+}, \quad t=11,12$$

$$Cl_i^+ = \frac{d_{i3}^-}{d_{i3}^- - d_{i3}^+}, \quad t=13, \dots, 15$$

گام ۶-۶. رتبه‌بندی گزینه‌ها:

با جایگذاری دوره‌های زمانی مختلف، در معادلات به دست آمده از گام (۵-۶)، می‌توان گزینه‌ها را به صورت زیر رتبه‌بندی نمود:

Berlin, 1981.

- [3] Yoon, K.P., Hwang, C.L., *Manufacturing Plant Location Analysis by Multiple Attribute Decision Making: Part I—Single-Plant Strategy*, International Journal of Production Research, 23, 1985, pp. 345–359.
- [4] Chen, M.F., Tzeng, G.H., *Combining Gray Relation and TOPSIS Concepts for Selecting an Expatriate Host Country*, Mathematical and Computer Modelling, 40, 2004, pp. 1473–1490.
- [5] Janic, M., *Multicriteria Evaluation of High-Speed Rail, transrapid Maglev, and air passenger transport in Europe*, Transportation Planning and Technology, 26, 2003, pp. 491–512.
- [6] Kwong, C.K., Tam, S.M., *Case-Based Reasoning Approach to Concurrent Design of Low Power Transformers*, Journal of Materials Processing Technology, 128, 2002, pp. 136–141.
- [7] Yang, T., Chou, P., *Solving a Multiresponse Simulation—Optimization Problem with Discrete Variables using a Multi-Attribute Decision-Making Method*, Mathematics and Computers in Simulation, 68, 2005, pp. 9–21.
- [8] Zeshui Xu, *On Multi-Period Multi-Attribute Decision Making*, Knowledge-Based System, 21, 164171, 2008.
- [9] Yong-Huang Lin, Pin-Chan Lee, Hsin-I Ting, *Dynamic Multi-Attribute Decision Making Model with Grey Number Evaluations*, Expert Systems with Applications, 35, 2008, pp. 1638–1644.
- [10] Zeshui Xu, Ronald, R., Yager, *Dynamic Intuitionistic Fuzzy Multi-Attribute Decision Making*, International Journal of Approximate Reasoning, 48, 2008, pp. 246–262.
- [11] Yoon, K.P., Hwang, C.L., *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction*, Thousand Oaks, Sage Publication, CA, 1985.
- [12] Shannon, C.E., Weaver, W., *The Mathematical Theory of Communication*, The University of Illinois Press, Urbana, 1947.

پیوست‌ها

پیوست ۱: اطلاعات و داده‌های ماتریس‌های تصمیم‌گیری

گام ۶-۱. ماتریس‌های تصمیم‌گیری موجود در مطالعه موردی، به صورت جدول (۱) استخراج گردید.

جدول ۵. ماتریس تصمیم‌گیری دوره ۱

$t = 1$	u_1	u_2	u_3
A_1	۲۹۲	۵۲۴۸	۲۳۶۱۷
A_2	۳۲۸۷	۳۴۵۷	۷۲۹۱۰
A_3	۲۶۲۱	۷۵۲۹	۱۰۷۸۳۷
A_4	۴۲۵۰	۴۴۴۰	۱۱۳۳۹۲

جدول ۶. ماتریس تصمیم‌گیری دوره ۲

$t = 2$	u_1	u_2	u_3
A_1	۶۰۴	۳۸۵۲	۳۰۱۴۴
A_2	۳۰۶۸	۲۵۶۷	۶۰۳۵۳
A_3	۳۲۳۵	۵۰۹۵	۱۴۲۴۱۰
A_4	۴۹۰۱	۲۷۴۶	۱۲۳۹۲۸

جدول ۷. ماتریس تصمیم‌گیری دوره ۳

$t = 3$	u_1	u_2	u_3
A_1	۶۰۰	۴۴۴۹	۳۸۱۸۳
A_2	۲۸۱۳	۲۵۵۳	۷۶۳۸۸
A_3	۴۲۵۱	۵۰۳۰	۱۰۲۱۹۰
A_4	۳۸۲۸	۲۷۴۲	۱۳۰۳۴۰

جدول ۸. ماتریس تصمیم‌گیری دوره ۴

$t = 4$	u_1	u_2	u_3
A_1	۶۵۹	۵۳۸۰	۳۹۴۰۲
A_2	۲۹۹۶	۲۲۵۳	۸۰۲۸۰
A_3	۳۵۴۱	۵۱۳۴	۱۳۷۲۲۲
A_4	۴۵۴۱	۲۶۹۶	۱۶۵۱۰۶

جدول ۹. ماتریس تصمیم‌گیری دوره ۵

$t = 5$	u_1	u_2	u_3
A_1	۷۰۰	۵۰۶۵	۶۶۳۴۸
A_2	۲۹۳۵	۲۳۱۷	۸۱۵۹۴
A_3	۷۲۵۰	۸۸۲۹	۲۸۶۶۸۸
A_4	۵۶۲۲	۳۴۰۲	۲۵۱۰۶۶

جدول ۱۰. ماتریس تصمیم‌گیری دوره ۶

$t = 6$	u_1	u_2	u_3
A_1	۷۱۱	۵۱۶۸	۷۹۶۰۱
A_2	۳۲۰۷	۱۸۶۶	۱۴۴۱۲۲
A_3	۷۱۹۳	۸۵۶۹	۳۰۶۶۰۳
A_4	۶۱۷۰	۲۸۰۴	۲۱۴۸۸۱

جدول ۱۱. ماتریس تصمیم‌گیری دوره ۷

$t = 7$	u_1	u_2	u_3
A_1	۱۱۵۴	۴۸۳۹	۱۱۲۶۳۳
A_2	۳۵۲۳	۲۲۰۹	۱۵۲۴۱۴
A_3	۸۰۹۶	۷۱۱۹	۳۱۹۹۶۳
A_4	۸۶۴۹	۳۰۰۵	۳۱۳۵۶۹

جدول ۱۲. ماتریس تصمیم‌گیری دوره ۸

$t = 8$	u_1	u_2	u_3
A_1	۷۸۸	۴۱۲۲	۸۰۵۱۵
A_2	۳۰۲۷	۱۹۱۰	۹۳۵۷۶
A_3	۷۷۲۴	۶۵۹۲	۴۲۹۶۶۲
A_4	۱۰۶۹۹	۲۷۹۴	۳۳۹۱۴۶

جدول ۱۳. ماتریس تصمیم‌گیری دوره ۹

$t = 9$	u_1	u_2	u_3
A_1	۱۴۱۵	۴۱۸۱	۳۷۸۲۷۱
A_2	۳۶۰۷	۱۴۳۲	۱۰۶۴۳۲
A_3	۸۶۶۹	۶۵۰۴	۴۱۹۹۶۹
A_4	۱۱۴۰۷	۲۸۰۰	۴۱۴۸۵۱

جدول ۱۴. ماتریس تصمیم‌گیری دوره ۱۰

$t = 10$	u_1	u_2	u_3
A_1	۹۰۸	۲۸۲۰	۹۷۶۲۰
A_2	۳۵۵۳	۱۱۸۸	۱۰۵۰۹۴
A_3	۱۰۶۱۸	۷۰۰۳	۵۶۲۱۶۷
A_4	۱۱۲۰۱	۳۳۰۰	۴۶۸۹۱۷