International Journal of Industrial Engineering & Production Management (2012)

September 2012, Volume 23, Number 2
pp. 139-148

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

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, IJIEPM. Vol. 23, No. 2, All Rights Reserved

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

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-19]

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــــریت تولیـــد

شمـــــاره ۲، جلـــد ۲۳، شهریـــور ۱۳۹۱
صفحـــــه ۱۴۸-۱۴۰

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید دانشگاه علم و صنعت ایران

ISSN: 2008-4870

استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه به‌صورت چنددوره‌ای با بکارگیری معادلات رگرسیونی

رامین صادقیان* و صبا فروتن

کلمات کلیدی

تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM)[1]
چند دوره‌ای[2]
معادلات رگرسیونی[3]
مدل TOPSIS[4]

چکیده:

مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه که به انتخاب گزینه برتر از بین گزینه‌های موجود می‌پردازند، در مسائل مختلف اجتماعی، اقتصادی، مدیریتی، نظامی و ... قابل استفاده‌اند. با توجه به اینکه طی سال‌های اخیر مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه بسیار مورد توجه قرار گرفته است، در اکثر تحقیقات انجام‌شده، تصمیم‌گیری‌ها فقط بر مبنای داده‌ها و شرایط موجود در یک دوره انجام شده اند، در حالی‌که اطلاعات شاخص‌ها به‌ازای گزینه‌های مختلف در هر دوره زمانی لزوماً ثابت نیستند. از اینرو در این مقاله نحوه استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه TOPSIS به‌صورت چنددوره‌ای و با کمک معادلات رگرسیونی ارائه گردیده و مدل پیشنهادی به‌عنوان یک مطالعه‌موردی در صنعت نساجی پیاده‌سازی می‌شود.

۱. مقدمه

تصمیم‌گیری در دنیای امروز یکی از مسایل بسیار مهم به‌شمار می‌رود، که تصمیم‌گیرنده با گزینه‌هایی متفاوت تحت معیارهای مختلفی روبرو است. با توجه به اینکه تمام اقشار یک جامعه از مدیران ارشد گرفته تا یک دانش‌آموز ساده با تصمیم‌گیری دست و پنجه نرم کرده و در تمام مراحل زندگی و کاری و به‌صورت روزانه همراه آنهاست، بهتر می‌توان به اهمیت و ارزش یک تصمیم‌گیری صحیح پی برد. تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره[2] را می‌توان به دو دسته عمده تقسیم‌بندی نمود: تصمیم‌گیری چندهدفه[3] و تصمیم گیری چندشاخصه. که تصمیم‌گیری چندهدفه زمانی‌استفاده می‌شود که بخواهید با توجه به محدودیت‌های موجود، هدف یا اهدافی را که پیشِ رو دارید، بیشینه و یا کمینه نمایید. همچنین تصمیم‌گیری چند شاخصه انتخاب مناسب‌ترین گزینه از بین گزینه‌های موجود باتوجه به شاخص‌های مطرح شده می‌باشد.

مدل TOPSIS یکی از پرکاربردترین مدل‌های حل مسائل MADM می‌باشد که توسط یون[4] و هانگ[5] در سال ۱۹۸۱ ارائه شد [۱]. مفهوم اصلی مدل TOPSIS اینست که بهترین گزینه باید دارای کمترین فاصله اقلیدسی از راه‌حل ایده‌آل و بیشترین فاصله اقلیدسی از راه‌حل ضد ایده‌آل باشد. مدل TOPSIS بارها در مسائل مختلف از جمله تجزیه و تحلیل مکان‌یابی[6]، مدیریت منابع انسانی[7]، حمل و نقل[8]، طراحی محصول[9] و کنترل کیفیت[10] کیفیت[10] مورد استفاده قرار گرفته‌و نتایج رضایت‌بخشی داده است[۶-۲]. بنابراین برای اجرای مدل‌های چند دوره‌ای 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

1. *Multiple Attribute Decision Making*
2. *Multi Period*
3. *Regression Equations*
4. *Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution*
2. *MCDM*
3. *Multiple Objective Decision Making (MODM)*

4. *Yoon*
5. *Hwang*
6. *Location Analysis*
7. *Human Resources Management*
8. *Transportation*
9. *Product Design*
10. *Quality Control*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-19]

مقاله از مدل TOPSIS استفاده می‌شود، ولیکن در سایر مدل های نیز به‌طور مشابه کاربرد خواهد داشت.

در اکثر تحقیقاتی که در زمینه تصمیم‌گیری چندشاخصه انجام شده‌است، تصمیم‌گیری‌ها برای حالتی به‌کار رفته‌اند که شاخص‌ها، گزینه‌ها، اوزان شاخص‌ها و مقادیر گزینه‌ها به ازای هر شاخص، تماماً متعلق به یک دوره زمانی (تک‌دوره‌ای)[1] بوده و تغییر این موارد در طی دوره‌های گذشته یا آتی به‌صورت چند دوره‌ای کمتر مدنظر قرار گرفته‌است. درحالی‌که کاملاً مشهود است که تمام اطلاعات مربوط به ماتریس‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه می توانند با گذر زمان تغییر نمایند و لزوماً مقادیرشان در طی چند دوره زمانی ثابت نیست. از اینرو تغییر این موارد به‌طور جدی می‌تواند در روند تصمیم‌گیری و اولویت‌بندی گزینه‌ها بسیار مؤثر باشد.

تصمیم‌گیری‌های چندشاخصه‌ای را که تغییرات مربوط به مقادیر شاخص‌ها به ازای گزینه‌های مختلف در طی زمان را درنظر می‌گیرند، اصطلاحاً تصمیم‌گیری چندشاخصه چنددوره‌ای[2] و یا تصمیم‌گیری چندشاخصه پویا[3] می‌نامیم.

البته تحقیقات کمی نیز در زمینه تصمیم‌گیری چندشاخصه چند دوره‌ای انجام شده است. زشوی[4] در سال ۲۰۰۸ رویکردی جدید را برای مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه چنددوره‌ای پیشنهاد کرد. او دو عملگر جمعی پویا به‌صورت عملگر میانگین وزنی پویا[5] و عملگر میانگین وزنی پویای متغیر[6] تعریف نمود، که این دو عملگر با توجه به درنظر گرفتن عامل زمان، می‌توانند ضعف‌های عملگرهای جمعی ایستا را که تا به حال وجود داشت، برطرف نمایند[۷]. همچنین یانگ[7]، پین[8] و هسین[9] در سال ۲۰۰۸ مدل مدل TOPSIS را برای حل مسأله تصمیم‌گیری چندشاخصه پویا بر روی اعداد خاکستری[10] 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 به‌دست آوردند و سپس مراحل روش مدل TOPSIS را پیاده کردند[۸]. همچنین زشوی[11]، رنالد[12] و یاگر[13] نیز در سال ۲۰۰۸، مسأله تصمیم‌گیری چندشاخصه پویا را بر روی مجموعه فازی ادراکی[14] بررسی کردند. آنها دو عملگر میانگین وزنی فازی ادراکی پویا[15] و میانگین وزنی فازی ادراکی پویای متغیر[16] را مطرح کردند کردند و مدل TOPSIS را برای مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه پویا با داده‌های فازی تعمیم دادند[۹].

استفاده و حل مدل‌های MP-MADM، معمولاً دشوارتر از مدل های MADM هستند، ولیکن این دسته از مسائل از آن رو حائز اهمیت هستند که هم می‌توانند تغییرات پارامترهای مختلف در طی زمان را نشان دهند و هم با استفاده از این مدل‌ها تحلیلگر می‌تواند تصمیمات آتی تصمیم‌گیرنده نهایی[17] را در طی دوره‌های آتی حدس زده و پیش‌بینی نماید. بزند. به هرحال پیش‌بینی تصمیمات آتی یکی از مهم‌ترین مقوله‌هایی است که می‌تواند در حوزه‌های مختلف علمی از جمله برنامه‌ریزی و مدیریت استراتژیک، تئوری بازی‌ها و بهبود و کیفیت ارائه خدمات و محصولات به مشتریان به عنوان تصمیم‌گیرندگان خدمات و محصولات، رضایت مشتریان و ... استفاده نمود.

۲. تعاریف

۲-۱. مدل TOPSIS

مدل TOPSIS یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است که به انتخاب گزینه برتر از بین گزینه‌های ممکن می‌پردازد. ابتدا باید شاخص و گزینه‌های تصمیم‌گیری را مشخص نموده و پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری، مدل را براساس الگوریتم آن حل نمود [۱,۱۰]. در این تحقیق برای استخراج اوزان شاخص‌ها از روش آنتروپی[18] استفاده می‌شود [۱۱].

یک ماتریس تصمیم‌گیری می‌تواند به‌صورت زیر تعریف شود:

$$D=\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} u_1 & u_2 & \cdots & u_m \end{array} \\ \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \end{array} \qquad (۱)$$

ماتریس تصمیم‌گیری D از n گزینه $A_1,A_2,\ldots,A_n$ و m شاخص $u_1,u_2,\ldots,u_m$ تشکیل می‌یابد. در این مدل علاوه بر درنظر گرفتن فاصله یک گزینه A_i از نقطه ایده‌آل، فاصله آن از نقطه ایده‌آل منفی هم درنظر گرفته می‌شود. بدان معنی که گزینه انتخابی می بایست دارای کمترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل بوده و درعین حال

[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*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-19]

دارای دورترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی باشد. فاصله یک گزینه از راه‌حل ایده‌آل یا ایده‌آل منفی می‌تواند به‌صورت یکی از فواصل خانواده مینکووسکی[1] مانند فاصله اقلیدسی[2] و یا به‌صورت 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 عدم‌اطمینان به‌کار 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 دوره‌ای

با توجه به اینکه در مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه چند دوره ای تمام عناصر ماتریس‌ها به زمان وابسته‌اند و با گذشت زمان می توانند تغییر کنند، ماتریس‌های تصمیم‌گیری به‌ازای هر دوره به صورت زیر نشان داده می‌شوند:

$$D^t = \begin{bmatrix} x_{11}^t & x_{12}^t & \cdots & x_{1m}^t \\ x_{21}^t & x_{22}^t & \cdots & x_{2m}^t \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1}^t & x_{n2}^t & \cdots & x_{nm}^t \end{bmatrix}; \; t = 1,\ldots,T \qquad (۲)$$

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 به‌طوری‌که $t = 1,\ldots,T$ است.

گام ۲. تشکیل معادلات رگرسیونی

به‌ازای هر یک از درایه‌های x_{ij}^t، در ماتریس‌های تصمیم‌گیری دوره‌های مختلف $t = 1,\ldots,T$، یک معادله رگرسیونی تشکیل داده می‌شود. در تشکیل معادلات رگرسیونی می‌بایست دقت شود که 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 به‌عنوان یکی از درایه‌های ماتریس تصمیم‌گیری چندشاخصه رگرسیونی قرار دهید. تمام معادلات رگرسیونی به‌دست 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 به‌صورت زیر تشکیل شود:

$$D(t) = \begin{bmatrix} y_{11}(t) & y_{12}(t) & \cdots & y_{1m}(t) \\ y_{21}(t) & y_{22}(t) & \cdots & y_{2m}(t) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ y_{n1}(t) & y_{n2}(t) & \cdots & y_{nm}(t) \end{bmatrix} \qquad (۳)$$

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

گام ۴. تعیین وزن شاخص‌ها به‌ازای ماتریس‌های تصمیم‌گیری هر دوره

در این گام وزن شاخص‌ها به‌ازای ماتریس‌های تصمیم‌گیری هر دوره با استفاده از روش آنتروپی به‌دست می‌آیند. در هر دوره یک بردار w به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

$$W^t = \begin{bmatrix} w_1^t & w_2^t & \cdots & w_m^t \end{bmatrix}$$

$$\sum_{j=1}^{m} w_j^t = 1 \; ; \; t = 1,\ldots,T \qquad (۴)$$

گام ۵. تعیین وزن شاخص‌های ماتریس رگرسیونی

در این گام پس از یافتن بردار w به‌ازای هر دوره، یک بردار w نهایی برای ماتریس تصمیم‌گیری رگرسیونی از میانگین حسابی

[1] *Minkowski*
[2] *Euclidean Distance*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-19]

w های دوره‌های گذشته به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

$$W=\left[\frac{\sum_{t=1}^{T}w_1^t}{T}\quad\frac{\sum_{t=1}^{T}w_2^t}{T}\quad\cdots\quad\frac{\sum_{t=1}^{T}w_m^t}{T}\right]$$

$$\sum_{j=1}^{m}w_j=1 \qquad (۵)$$

گام ۶. استفاده از مدل TOPSIS

پس از تعیین اوزان شاخص‌ها، ماتریس تصمیم‌گیری رگرسیونی را با استفاده از مدل TOPSIS که خود دارای شش مرحله به‌صورت زیر است، حل نمایید:

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

$$R_{ij}(t)=\frac{y_{ij}(t)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}y_{ij}^2(t)}}\ ,\ j=1,\ldots,m\ ,\ i=1,\ldots,n \qquad (۶)$$

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

گام ۲-۶. ایجاد ماتریس بی‌مقیاس وزنی

با توجه به اوزان‌به‌دست آمده به‌صورت

$$W=\begin{pmatrix}w_1 & w_2 & \cdots & w_j & \cdots & w_m\end{pmatrix}$$

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

و ماتریس بی‌مقیاس شده، ماتریس بی‌مقیاس وزنی $V(t)$ به‌صورت زیر حاصل می‌شود:

$$V_{ij}(t)=w_j.r_{ij}(t)\ ,\ j=1,\ldots,m\ ,\ i=1,\ldots,n \qquad (۷)$$

گام ۳-۶. تعیین گزینه ایده‌آل مثبت (A^+) و ایده‌آل منفی (A^-) به‌صورت ذیل:

$$A^+=\left\{\left(\max_i v_{ij}(t)\mid j\in J\right),\left(\min_i v_{ij}(t)\mid j\in J'\right)\mid i\in n\right\} \qquad (۸)$$
$$=\left[v_1^+(t)\quad v_2^+(t)\quad\cdots\quad v_m^+(t)\right]$$

$$A^-=\left\{\left(\min_i v_{ij}(t)\mid j\in J\right),\left(\max_i v_{ij}(t)\mid j\in J'\right)\mid i\in n\right\} \qquad (۹)$$
$$=\left[v_1^-(t)\quad v_2^-(t)\quad\cdots\quad v_m^-(t)\right]$$

به‌طوریکه J مربوط به شاخص‌های سود و J' مربوط به شاخص‌های هزینه می‌باشد.

در این قسمت باید متذکر شد چون داده‌های ما از دوره‌های مختلف زمانی جمع‌آوری شده است، به‌همین دلیل ممکن است برای هر شاخص در دوره‌های مختلف مینیمم و ماکزیمم‌ها تغییر کنند، که یکی از تفاوت‌های عمده ماتریس‌های تصمیم‌گیری رگرسیونی یا ماتریس‌های تصمیم‌گیری اسکالر است، از اینرو ممکن است برای دوره‌های زمانی مختلف، گزینه‌های ایده‌آل مثبت و منفی متفاوتی موجود باشد.

گام ۴-۶. محاسبه فاصله هر گزینه از راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی

جهت تعیین این فواصل از روش اقلیدسی به‌صورت زیر استفاده می‌گردد:

فاصله گزینه i ام از ایده‌آل مثبت:

$$d_i^+=\left[\sum_{j=1}^{m}\left(v_{ij}(t)-v_j^+(t)\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}\ ,\ i=1,\ldots,n \qquad (۱۰)$$

فاصله گزینه i ام از ایده‌آل منفی:

$$d_i^-=\left[\sum_{j=1}^{m}\left(v_{ij}(t)-v_j^-(t)\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}\ ,\ i=1,\ldots,n \qquad (۱۱)$$

با توجه به اینکه ممکن است گزینه‌های ایده‌آل مثبت و منفی در دوره‌های مختلف تغییر کرده و d_i^+ و d_i^- نیز متناظر با آنها تغییر کنند، با توجه به شرایط می‌توان هر دوره را به‌طور مجزا نیز به‌دست آورد. واضح است که هرچه فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت کمتر و از راه‌حل ایده‌آل منفی بیشتر باشد، بهتر است.

گام ۵-۶. محاسبه نزدیکی نسبی گزینه‌ها به راه‌حل‌های ایده‌آل

نزدیکی نسبی به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

$$0\le Cl_i^+\le 1\ ,\ i=1,\ldots,n \qquad (۱۲)$$

$$Cl_i^+=\frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}\ ,\ i=1,\ldots,n \qquad (۱۳)$$

با توجه نمود که چون بازه‌هایی که d_i^+ و d_i^- در آنها تغییر می‌کند ممکن است متفاوت باشند، برای یافتن Cl_i^+ ها باید اشتراک بازه‌هایی که d_i^+ و d_i^- در آنها تغییر می‌کنند، درنظر گرفته شود.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-19]

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

گام ۶-۶. رتبه‌بندی گزینه‌ها

براساس ترتیب نزولی Cl_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.

مسأله 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 کشباف، تولید پوشاک به استثنای پوشاک از پوست خزدار و دباغی و عمل آوردن چرم و ساخت کیف. این شاخه‌ها به‌عنوان گزینه‌های مسأله درنظر گرفته می‌شوند.

A_1: تولید قالی و قالیچه دستباف

A_2: تولید انواع پارچه و کالاهای کشباف

A_3: تولید پوشاک به استثنای پوشاک از پوست خزدار

A_4: دباغی و عمل‌آوردن چرم و ساخت کیف

شاخص‌هایی که برای این مسأله درنظر گرفته می‌شود، به‌صورت 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 پیوست (۱) آمده‌است.

ماتریس تصمیم‌گیری چندشاخصه چنددوره‌ای در پیوست (۱) آمده‌است.

گام ۲. تعیین معادلات رگرسیونی

$y_{11}(t) = 333.35\ t^{0.5151}$

$y_{12}(t) = 6.3494\ t^4-155.88\ t^3+1228\ t^2-3476.4\ t+7395.8$

$y_{13}(t) = 19242\ exp(0.2275\ t)$

$y_{21}(t) = 0.2171t^5-4.9341t^4+32.727\ t^3-10.025\ t^2-419.81\ t + 3703.2$

$y_{22}(t) = 1.2297\ t^4-36.792\ t^3+363.53\ t^2-1530.6\ t+4612.1$

$y_{23}(t) = 71.004\ t^5-1826.4\ t^4+16378\ t^3-60408\ t^2 + 90697\ t + 25779$

$y_{31}(t) = 854.45\ t + 1620.3$

$y_{32}(t) = 21.819\ t^4-514.18\ t^3+4036.4\ t^2-11674\ t+15757$

$y_{33}(t) = 49924\ t+6891.7$

$y_{41}(t) = 91.125\ t^2-60.993\ t+3953.9$

$y_{42}(t) = 7.5768\ t^4-176.96\ t^3+1427.4\ t^2-4591\ t+7703.1$

$y_{43}(t) = 3038.3\ t^2+7120.6\ t+97382$

گام ۳. تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری رگرسیونی:

$$D(t)=\begin{bmatrix} y_{11}(t) & y_{12}(t) & y_{13}(t) \\ y_{21}(t) & y_{22}(t) & y_{23}(t) \\ y_{31}(t) & y_{32}(t) & y_{33}(t) \\ y_{41}(t) & y_{42}(t) & y_{43}(t) \end{bmatrix} \qquad (۱۵)$$

گام ۴) وزن شاخص‌ها به‌ازای هر دوره با استفاده از روش آنتروپی به‌صورت 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:

$$W=\left[\frac{\sum_{t=1}^{10} w_1^t}{10} \quad \frac{\sum_{t=1}^{10} w_2^t}{10} \quad \frac{\sum_{t=1}^{10} w_3^t}{10}\right]= \qquad (۱۶)$$

$$=\begin{bmatrix}0.471839 & 0.210346 & 0.317869\end{bmatrix}$$

[۱] سالنامه آماری کشور مربوط به سال‌های ۸۷-۷۸

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-19]

گام ۶. استفاده از مدل TOPSIS

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

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

گام ۶-۲. تعیین ماتریس بی مقیاس وزنی:

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

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

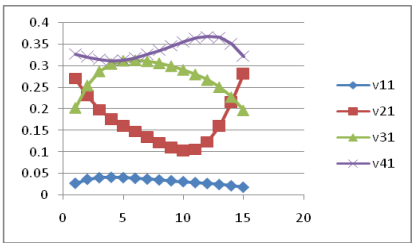
گام ۶-۳. تعیین گزینه‌های ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی:

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

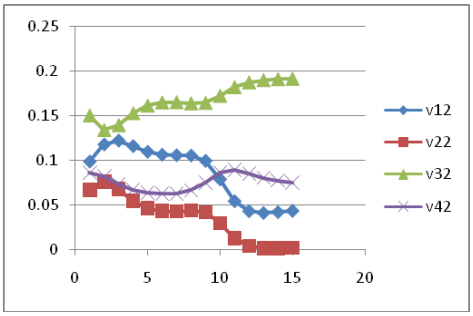
x	۱ ،... ،۱۵
Min	v_{11}
Max	v_{41}



شکل ۱. ارزیابی اطلاعات بی‌مقیاس شده وزنی شاخص اول

جدول ۳. مینیمم و ماکزیمم شاخص دوم

x	۱ ،... ،۱۵
Min	v_{22}
Max	v_{32}

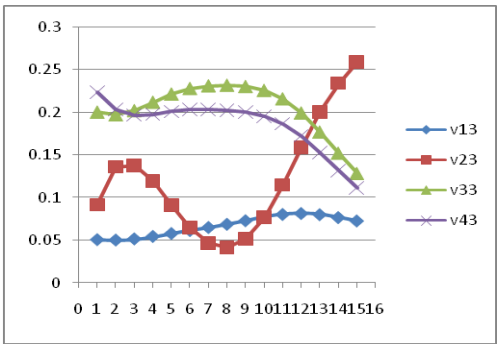


شکل ۲. ارزیابی اطلاعات بی‌مقیاس شده وزنی شاخص دوم

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

$$A^{+}=[v_{11} \quad v_{32} \quad [v_{43} \quad v_{33} \quad v_{23}]]=[v_1^{+} \quad v_2^{+} \quad v_3^{+}]$$
$$A^{-}=[v_{41} \quad v_{22} \quad [v_{13} \quad v_{23} \quad v_{13}]]=[v_1^{-} \quad v_2^{-} \quad v_3^{-}]$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، به‌ازای شاخص سوم، گزینه ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی تغییر می‌کند، به این‌صورت که v_{43}, v_{33}, برای گزینه ایده‌آل مثبت به‌ترتیب مربوط به بازه‌های ۱ تا ۲، ۳ 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 ۶-۴. تعیین فاصله از گزینه‌های ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی:

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

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-19]

زیر تعیین شوند.

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

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

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

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

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

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

گام ۵-۶. تعیین فواصل نسبی:

به‌دلیل 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، درنظر گرفت. از اینرو هر Cl_i^+ به ازای پنج بازه به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

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

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

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

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

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

گام ۶-۶. رتبه‌بندی گزینه‌ها:

با جایگذاری دوره‌های زمانی مختلف، در معادلات به‌دست آمده از گام (۶-۵)، می توان گزینه‌ها را به‌صورت زیر رتبه‌بندی نمود:

$$Cl_1^+ > Cl_3^+ > Cl_4^+ > Cl_2^+ \ \rightarrow\ A_1 > A_3 > A_4 > A_2 \ \ t=1,2$$
$$Cl_1^+ > Cl_2^+ > Cl_3^+ > Cl_4^+ \ \rightarrow\ A_1 > A_2 > A_3 > A_4 \ \ t=3,\ldots,10$$

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 به‌صورت $A_1 > A_3 > A_4 > A_2$ و در طی سال‌های ۳ تا ۱۰ به‌صورت $A_1 > A_2 > A_3 > A_4$ 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 درنظر گرفتن زمان در این‌گونه 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 به‌صورت $A_1 > A_2 > A_3 > A_4$ و در طی سال‌های ۱۳ تا ۱۵ به‌صورت $A_1 > A_3 > A_4 > A_2$ 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,

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-19]

Berlin, 1981.

[3] Yoon, K.P., Hwang, C.L., *Manufacturing Plant Location Analysis by Multiple Attribute Decision Making: Part I—Single-Plant Srategy*, 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 Introdunction*, Thousand Oaks, Sage Publication, CA, 1985.

[12] Shannon, C.E., Weaver, W., *The Mathematical Theory of Communication*, The University of Illinois Press, Urbana, 1947.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-19]

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

6=t	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

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2025-07-19]