

## وزن دهی و رتبه بندی شاخص‌های مؤثر بر کیفیت لاستیک خودرو با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه مطالعه موردی: شرکت کویر تایر

عزت‌الله اصغری زاده<sup>۱\*</sup>، منوچهر انصاری<sup>۲</sup>، زهرا کیانی ماوی

۱. استادیار گروه مدیریت صنعتی دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

۲. استادیار گروه مدیریت صنعتی دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

۳. کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه تهران

(تاریخ تصویب ۱۳۸۵/۹/۷)

### چکیده

یکی از مهمترین قسمتهای یک وسیله نقلیه را می‌توان تایر به شمار آورد به نوعی که عملکرد هر وسیله نقلیه‌ای تا حد زیادی وابسته به تایرهای آن است. در میان روش‌های گوناگونی که برای مطالعه رفتار مکانیکی تایر به کار برده می‌شود، مدل‌سازی ریاضی به خاطر قابلیت بالایی که در این زمینه از خود نشان می‌دهد، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. در این زمینه، تاکنون مدل‌های ریاضی گوناگونی مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحقیق، مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) به منظور رتبه بندی شاخص‌های مهم مؤثر بر کیفیت تایرها به کار برده شده است. به این صورت که در راستای تحقق انتظارات مشتری و جلب رضایت او که هدف هر تولیدکننده‌ای می‌باشد، شاخص‌های مهم مؤثر بر کیفیت لاستیک خودرو توسط کارشناسان امر و تعدادی از مشتریان، شناسایی و رتبه‌بندی می‌شود. در این پژوهش شاخص‌های انتخاب شده توسط کارشناسان، از طریق تکنیک‌های AHP و ENTROPY وزن داده شده و رتبه‌بندی می‌گردند. پنج نوع تایر با کیفیت‌های متفاوت به عنوان گزینه‌های تصمیم انتخاب شده، سپس این گزینه‌ها با توجه به وزن‌های بدست آمده از دو تکنیک ذکر شده برای شاخص‌ها، از طریق تکنیک‌های TOPSIS و ELECTRE رتبه‌بندی گردیده و در مورد آنها تصمیم‌گیری می‌شود. در نهایت چهار حالت رتبه‌بندی حاصل شده که از طریق تکنیک‌های ادغام MADM (روش‌های میانگین حسابی، بردا و کاپلند) به نتیجه‌گیری واحد در این زمینه خواهیم رسید.

**واژه‌های کلیدی:** تایر، تصمیم‌گیری چند شاخصه، شاخص، رتبه بندی

## مقدمه

لاستیک‌های خودرو یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر ایمنی خودروها به شمار می‌روند و دوام و افزایش عمر آن به رعایت سرعت مناسب، تنظیم به موقع باد لاستیک‌ها و عواملی از این قبیل بستگی دارد که در این مقاله آنها را با نام "شاخص‌های تأثیرگذار بر کیفیت لاستیک خودرو" معرفی می‌کنیم. برخی از این شاخص‌ها، باعث فرسایش سریع تر و کاهش عمر مفید لاستیک خودروها می‌شود. البته اهمیت این شاخص‌ها با توجه به انواع موارد مصرف تایر (انواع خودرو - انواع مشتری)، متفاوت می‌باشد.

کیفیت از دیدگاه‌های مختلف، تعریف‌های متفاوتی دارد ولی هدف نهایی از رعایت آن، کسب رضایت مشتری است. با ورود تکنولوژی‌های جدید و رقابتی در صنعت خودرو، صنایع لاستیک سازی نیز برای انطباق با این تغییرات، پیشرفت کردند. خودرو با کیفیت مطلوب مشتری، نیاز به رعایت کیفیت کلیه اجزای جمله لاستیک‌های آن دارد. برای بررسی مساله کیفیت در صنعت تایر، باید هم خود کیفیت و هم سیستم کنترل کیفیت بررسی شود. طراحی و مهندسی کیفی اتومبیل‌های جدید، همواره در حال بهبود است به گونه ای که آنها را قادر می‌سازد که هرچه سریع تر و مطمئن تر حرکت کنند. طبقه بندی تایرها از نقطه نظر سرعت آنها، بر اساس سرعت خودروها صورت می‌گیرد. به عنوان مثال یک تایر سری H- (High Performance) تایری با سرعت حداکثر ۲۱۰ km/h می‌باشد. ولی اهمیت و توجه بیش از حد به موضوع سرعت به تنهایی گمراه کننده و اشتباه برانگیز خواهد بود. در واقع باید مجموعه‌ای از عوامل و شاخص‌ها را که در کارکرد مناسب تایر تأثیر گذارند، در نظر گرفت. این مجموعه، همان شاخص‌هایی هستند که در ارزیابی کیفیت تایر مورد توجه قرار می‌گیرند.

## مساله تحقیق

مساله اصلی این مطالعه، شناسایی شاخص‌ها و رتبه بندی آنها با روش‌های MADM می‌باشد. سپس می‌خواهیم تعیین کنیم که شرکت لاستیک سازی بر اساس این رتبه بندی، چگونه سرمایه گذاری کند و منابع خود را برای ارتقای شاخص‌های کیفیت تخصیص دهد. بنابراین اهداف این پژوهش را می‌توان چنین بیان نمود:

- ۱- شناسایی شاخص‌های تاثیر گذار بر کیفیت لاستیک در صنعت لاستیک سازی ایران
- ۲- رتبه بندی شاخص‌ها جهت بهبود تخصیص منابع
- ۳- رتبه بندی گزینه‌ها بعد از تحقق هدف دوم، به منظور تکمیل برنامه بهبود سرمایه گذاری

### چارچوب نظری پژوهش

یک مسأله تصمیم‌گیری، چندشاخصه (MADM) را اصولاً می‌توان در یک ماتریس تصمیم خلاصه نمود که سطرهای آن گزینه‌های مختلف بوده و ستون‌های آن، شاخص‌هایی هستند که ویژگی‌های گزینه‌ها را مشخص می‌کنند. همچنین سلول‌های داخل ماتریس، موقعیت گزینه سطر را نسبت به شاخص ستونی ذیربط نشان می‌دهند [۱]. حال اولویت بندی گزینه‌ها، نیازمند یک تکنیک تصمیم‌گیری است که با تبادل و مصالحه میان شاخص‌های مختلف، گزینه‌ای را که دارای موقعیت برتری باشد، مشخص نماید. موضوع دیگر، بحث اوزان شاخص‌هاست، چنانچه به طور طبیعی وزن شاخص‌ها مشخص باشد همین وزن را در محاسبات منظور می‌کنیم در غیر این صورت، باید یک تکنیک وزن‌دهی نیز برای تعیین وزن هر یک از شاخص‌ها بکار گرفته شود. باین ترتیب، هر مسأله تصمیم‌گیری چندشاخصه، با دو مشکل انتخاب تکنیک تصمیم‌گیری و انتخاب تکنیک وزن‌دهی مواجه می‌باشد. هر چند برای هر یک از مراحل، تکنیک‌های فراوانی وجود دارد [۶].

الف) تکنیک‌های تصمیم‌گیری: وزن دهی ساده تجمعی (SAW)، رتبه بندی براساس تشابه به حل ایده آل (TOPSIS) و حذف و انتخاب سازگار با واقعیت (ELECTRE).  
 ب) تکنیک‌های وزن دهی: فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و آنتروپی (ENTROPY).

تحلیل حساسیت پاسخ‌های حاصل از بکارگیری مدل‌های چند شاخصه از دیدگاه‌های متنوعی صورت پذیرفته است. به طور کلی تحلیل از سه رویکرد صورت می‌پذیرد که عبارتند از:

- ۱- تحلیل حساسیت رتبه‌ها نسبت به تغییر در ارزیابی انجام شده در مورد تمام گزینه‌ها برای یک شاخص خاص.

۲- تحلیل حساسیت رتبه‌ها نسبت به تغییر در ارزیابی انجام شده در مورد یک گزینه خاص.

۳- حداقل تغییر لازم در اوزان شاخص‌ها که به تعویض گزینه برتر منجر شود. در مدل‌های رفت و برگشتی که تبادل نظر با تصمیم‌گیرنده در فرایند تصمیم‌گیری چندبار تکرار می‌شود، بایستی حتماً تحلیل حساسیت جواب‌ها نسبت به اوزان صورت گرفته و هر بار به تصمیم‌گیرنده عرضه شود تا او بتواند دانش خود را به گونه‌ای مطلوب تر ارائه نماید. نوع دیگری از تحلیل حساسیت مدل‌های MADM، تحلیل حساسیت نسبت به نوع بکارگیری مدل‌ها در سازمان‌هاست. بدین ترتیب که چنانچه MADM را نه فقط در مورد انتخاب گزینه‌ها، بلکه برای خلق گزینه‌ها، تعیین اهمیت معیارها، پشتیبانی بعد از تصمیم‌گیری و مانند آن نیز به کار ببریم، به پاسخ‌های بهتری دست می‌یابیم. از تحقیقات مشابهی که در این زمینه در کشور ما انجام شده است، تحقیق قاضی نوری و طباطبائی‌ان می‌باشد که ترکیبی از روش‌های وزن‌دهی و اولویت بندی را بکار برده و به مقایسه اعتبار جواب‌های حاصل پرداخته‌اند [۳].

## روش تحقیق

تحقیق حاضر، از نوع تحقیق کاربردی می‌باشد و هدف از انجام آن، شناسایی شاخص‌های تأثیرگذار بر کیفیت لاستیک خودرو و رتبه بندی آنها می‌باشد. لذا برای نیل به بخش نخست هدف، نیاز به انجام مطالعات مختلف از منابع گوناگون می‌باشد. ولی تحقق بخش دوم هدف این پژوهش، به انجام رتبه بندی شاخص‌ها و انتخاب مؤثرترین آنها مربوط می‌باشد. امری که کاملاً عینی بوده و می‌توان از نتایج آن در سازمان‌های مربوطه (لاستیک‌سازی، خودروسازی)، استفاده کرد. از بدیهی‌ترین موارد کاربرد نتایج این تحقیق، کمک آن در تصمیم‌گیری برای تخصیص منابع با توجه به شاخص‌های مهمتر می‌باشد.

جهت جمع آوری داده‌ها به کارخانه‌های ایران خودرو و ایران تایر مراجعه و از طریق مصاحبه با کارشناسان در این زمینه، شاخص‌های مهم مؤثر بر کیفیت لاستیک خودرو تعیین گردیده است. برای تکمیل اطلاعات، پرسشنامه‌ای نیز بین ۲۰ تن از کارشناسان خبره در

این کارخانه‌ها توزیع شده است تا از صحت ودقت شاخص‌های تعیین شده، اطمینان حاصل شود. در این مرحله، هشت شاخص به عنوان شاخص‌های مهمتر انتخاب و آنگاه پنج تایر با کیفیت‌های مختلف و از پنج تولیدکننده متفاوت نیز به عنوان پنج گزینه انتخاب گردیده است. در نهایت از پنج تن از کارشناسان خواسته شده است تا اهمیت گزینه‌ها را نسبت به هشت شاخص مورد بررسی تعیین کنند.

### شاخص‌های مهم مؤثر بر کیفیت لاستیک خودرو

شاخص‌های زیادی در زمینه کیفیت لاستیک خودرو، قابل بررسی می‌باشند [۵] [۲]. ولی برای حصول نتیجه ای بهتر و ملموس‌تر از یکارگیری تکنیک‌های MAMD، با نظر کارشناسان امر شاخص‌های زیر به عنوان مهمترین شاخص‌ها برگزیده شدند:

۱- روش وساختار خطوط تولید

۲- آج تایر

۳- لایه زیر آجی

۴- سطح مقطع کوردها و سیم‌ها

۵- فضای بین لایه‌ها

۶- اندازه تایر (اندازه رینگ)

۷- مقاومت غلشی

۸- بار خودرو

### تجزیه و تحلیل اطلاعات

در ابتدا، ماتریس تصمیم حاصل از نظرات هر کدام از کارشناسان، جداگانه ترسیم و سپس ماتریس تصمیم گروهی، از میانگین موزون نظرات آنان به دست آمد. این کار برای ماتریس مقایسات زوجی معیارها نیز به کار برده شد با این تفاوت که در آنجا به جای میانگین موزون، از میانگین هندسی نظرات کارشناسان استفاده شده است. مراحل تحلیل اطلاعات به شرح ذیل می‌باشد:

**مرحله ۱:** در راستای هدف پژوهش، برای رتبه بندی شاخص‌ها، دوروش AHP و

ENTROPY بکار گرفته شده است.

**مرحله ۲:** پس از وزن‌دهی شاخص‌ها، با استفاده از دو روش دیگر MADM یعنی TOPSIS و ELECTRE، رتبه‌بندی گزینه‌ها (در اینجا ۵ تایر با کیفیت متفاوت از تولیدکننده‌های متفاوت) انجام گرفت به گونه‌ای که چهار وضعیت زیر به وجود آمد:

وضعیت ۱: وزن‌دهی براساس AHP، رتبه‌بندی براساس Topsis (AT):

وضعیت ۲: وزن‌دهی براساس AHP، رتبه‌بندی براساس ELECTRE (AE):

وضعیت ۳: وزن‌دهی براساس ENTROPY، رتبه‌بندی براساس Topsis (ET):

وضعیت ۴: وزن‌دهی براساس ENTROPY، رتبه‌بندی براساس ELECTRE (EE):

**مرحله ۳:** از دو مرحله قبل، چهار نوع رتبه‌بندی برای گزینه‌ها به دست می‌آید. برای رسیدن به یک جواب قطعی و کاربرد آن در عمل از سه طریق زیر برای ادغام جواب‌های حاصل استفاده شده است:

۱. روش میانگین حسابی (Ranks mean)

۲. روش بردا (Borda)

۳. روش کاپلند (Copland)

**مرحله ۴:** از مجموعه رتبه‌بندی جزئی (POSET)<sup>۱</sup> با ادغام روش‌های فوق به یک جواب قابل قبول می‌رسیم.

### به کارگیری تکنیک‌های MADM برای حل مسأله

پس از اخذ ماتریس تصمیم‌گیری منبعث از نظرات خبرگان و کارشناسان میانگین موزون نظرات آنها (نگاره ۱) به دست آمد.

1. Partially Ordered Set

$$D = \begin{array}{c|cccccccc} & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 & X_8 \\ \hline T_1 & 6.4 & 4.2 & 5.4 & 3.2 & 7.8 & 3.6 & 5.8 & 5.8 \\ T_2 & 6.8 & 5.6 & 6.6 & 4.6 & 5.4 & 5.4 & 5 & 8.6 \\ T_3 & 6.6 & 4.2 & 3.2 & 8 & 3 & 5 & 7.4 & 3.4 \\ T_4 & 3.6 & 5 & 6.2 & 4.4 & 7 & 6.8 & 5.4 & 6.2 \\ T_5 & 5.6 & 6.2 & 5.4 & 5.8 & 4.4 & 5.2 & 7.2 & 8.2 \end{array}$$

برای استفاده از روش AHP در وزن دهی شاخص‌ها [۴] مقایسه زوجی شاخص‌ها که توسط کارشناسان و خبرگان صورت گرفته است در نگاره ۲ آمده است.

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
$X_1$	۱	۳.۰۶	۳.۲۴	۱.۴۳	۱.۳۵	۱.۲۱	۱.۸۸	۰.۴۵
$X_2$		۱	۵.۳۰	۱.۳۷	۲.۴۲	۲.۰۴	۳.۲۰	۲.۳۵
$X_3$			۱	۲.۲۶	۲.۳۴	۰.۹۴	۳.۴۳	۱.۸۸
$X_4$				۱	۴.۸۵	۰.۷۴	۳.۷۶	۱.۵۸
$X_5$					۱	۲.۰۹	۱.۹۵	۱.۳۹
$X_6$						۱	۴.۴۱	۲.۰۶
$X_7$							۱	۰.۶۸
$X_8$								۱

در نگاره‌های ۱ و ۲،  $X_i$  بیانگر شاخص نام و  $T_i$  بیانگر گزینه نام (نوع تایر نام) می‌باشد.

### وزن دهی شاخصها از طریق AHP

با بکارگیری ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌ها از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و با کمک نرم افزار Expert Choice (EC) وزن شاخص‌ها مطابق با نگاره ۳ به دست آمد.

## EC

وزن	نام شاخص
۰/۱۹	(۱) شاخص اول: روش و ساختار خطوط تولید
۰/۱۶	(۲) شاخص سوم: لایه زیر آجی
۰/۱۵	(۳) شاخص دوم: آج تایر
۰/۱۳	(۴) شاخص چهارم: سطح مقطع کوردها و سیمها
۰/۱۲	(۵) شاخص ششم: اندازه تایر (اندازه رینگ)
۰/۱۲	(۵) شاخص پنجم: فضای بین لایه‌ها
۰/۰۷	(۷) شاخص هشتم: بار خوردو
۰/۰۶	(۸) شاخص هفتم: مقاومت غلتشی

با توجه به اینکه وزن شاخص‌های ۵ و ۶ یکسان می‌باشد، گره ایجاد شده است. لذا ترتیب اولویت این دو شاخص یکسان و رتبه‌بندی هر دو ۵/۵ است.

## وزن دهی شاخص‌ها از طریق Entropy

با بکارگیری ماتریس تصمیم‌گیری از روش آنتروپی شانون برای وزن دهی شاخص‌ها استفاده گردیده و ماتریس نرمال شده ( $P_{ij}$ ) مطابق با نگاره ۴ به دست آمده است.

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
$T_1$	۰.۲۲۰	۰.۱۶۶	۰.۲۰۱	۰.۱۲۳	۰.۲۸۲	۰.۱۳۸	۰.۱۸۸	۰.۱۸۰
$T_2$	۰.۲۳۴	۰.۲۲۲	۰.۲۴۶	۰.۱۷۶	۰.۱۹۵	۰.۲۰۷	۰.۱۶۲	۰.۲۶۷
$T_3$	۰.۲۲۷	۰.۱۶۶	۰.۱۱۹	۰.۳۰۷	۰.۱۰۸	۰.۱۹۲	۰.۲۴۰	۰.۱۰۵
$T_4$	۰.۱۲۴	۰.۱۹۸	۰.۲۳۱	۰.۱۶۹	۰.۲۵۳	۰.۲۶۱	۰.۱۷۵	۰.۱۹۲
$T_5$	۰.۱۹۳	۰.۲۴۶	۰.۲۴۶	۰.۲۲۳	۰.۱۵۹	۰.۲۰۰	۰.۲۳۳	۰.۲۵۴

آنتروپی هر شاخص ( $E_j$ )، درجه انحراف ( $d_j$ ) و اوزان هر شاخص ( $W_j$ )، که در



نگاره ۵ آمده است.

	$(W_j)$	$(d_j)$	$(E_j)$					
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
$E_j$	۰.۹۸۱	۰.۹۸۸	۰.۹۹۲	۰.۹۶۵	۰.۹۶۲	۰.۹۸۳	۰.۹۸۸	۰.۹۹۸
$d_j$	۰.۰۱۹	۰.۰۱۲	۰.۰۸۰	۰.۰۳۵	۰.۰۳۸	۰.۰۱۷	۰.۰۱۲	۰.۰۰۲
$w_j$	۰.۱۳۲	۰.۰۸۳	۰.۰۵۵	۰.۲۴۴	۰.۲۶۵	۰.۱۱۸	۰.۰۸۳	۰.۰۱۳

در نهایت، ترتیب شاخص‌ها براساس وزن آن‌ها در روش آنتروپی، به صورت زیر می‌باشد:

$W_5 = 0.27$	$W_1 = 0.13$	$W_2 = 0.08$	$W_3 = 0.06$
$W_6 = 0.25$	$W_4 = 0.12$	$W_7 = 0.08$	$W_8 = 0.01$

با توجه به یکسان بودن وزن شاخص‌های دوم و هفتم (۰/۰۸) گره بوجود آمده و در واقع رتبه هر دو شاخص ۵/۵ می‌باشد.

### رتبه بندی گزینه‌ها

به منظور تصمیم‌گیری در مورد گزینه‌ها (تایرهای با کیفیت‌های متفاوت)، از تکنیک‌های TOPSIS و ELECTRE استفاده گردید. چهارنوع ترکیب وزن دهی و رتبه بندی یا چهارنوع وضعیت به صورت زیر بدست آمده است.

**وضعیت ۱:** وزن دهی براساس AHP و تصمیم‌گیری براساس TOPSIS (AT):

مطابق با روش TOPSIS ماتریس نرمال شده تصمیم‌گیری که با نرم اقلیدسی صورت می‌گیرد طبق نگاره ۶ می‌باشد.

$$N_D = \begin{bmatrix} 0.483 & 0.368 & 0.440 & 0.262 & 0.603 & 0.304 & 0.416 & 0.386 \\ 0.513 & 0.491 & 0.537 & 0.359 & 0.417 & 0.456 & 0.358 & 0.573 \\ 0.498 & 0.368 & 0.260 & 0.625 & 0.232 & 0.424 & 0.530 & 0.226 \\ 0.272 & 0.438 & 0.505 & 0.343 & 0.541 & 0.574 & 0.387 & 0.413 \\ 0.423 & 0.543 & 0.440 & 0.453 & 0.340 & 0.439 & 0.516 & 0.547 \end{bmatrix}$$

با استفاده از نگاره ۳ یعنی وزن شاخص‌ها به روش AHP ماتریس نرمال شده، و وزنی به دست می‌آید (نگاره ۷).

$$\begin{bmatrix} 0.091 & 0.055 & 0.070 & 0.034 & 0.072 & 0.036 & 0.024 & 0.027 \\ 0.097 & 0.073 & 0.085 & 0.046 & 0.050 & 0.054 & 0.021 & 0.040 \\ 0.094 & 0.055 & 0.041 & 0.081 & 0.027 & 0.050 & 0.031 & 0.015 \\ 0.051 & 0.065 & 0.080 & 0.044 & 0.064 & 0.068 & 0.023 & 0.028 \\ 0.080 & 0.081 & 0.070 & 0.058 & 0.040 & 0.052 & 0.030 & 0.038 \end{bmatrix}$$

با استفاده از رابطه  $C_i = \frac{d_i}{d_i + d_i^-}$  که به رابطه نزدیکی نسبی موسوم است و در آن  $d_i^+$  بیانگر فاصله تا ایده آل منفی و  $d_i^-$  بیانگر فاصله تا ایده آل مثبت می‌باشد نزدیکی نسبی پنج گزینه نسبت به ایده آل‌ها به صورت زیر حاصل می‌گردد.

$$C_1 = 0.507 \quad C_2 = 0.701 \quad C_3 = 0.467 \quad C_4 = 0.511 \quad C_5 = 0.543$$

با توجه به این که هر چقدر درصد نزدیکی نسبی بیشتر باشد به معنای رتبه بهتر گزینه می‌باشد، لذا رتبه بندی گزینه‌ها بر اساس ترکیب AT یا وضعیت ۱ به صورت زیر می‌باشد.

$$T_2 \gg T_5 \gg T_4 \gg T_1 \gg T_3$$

**وضعیت ۲:** وزن دهی بر اساس AHP و تصمیم‌گیری بر اساس ELECTRE (AE):  
با استفاده از نگاره ۳ و ۷ محاسبه ماتریس هماهنگی (I) و ماتریس ناهماهنگی (Ni) به صورت نگاره‌های ۸ و ۹ به دست آمده اند.

$$I: \begin{bmatrix} - & 0.18 & 0.35 & 0.37 & 0.31 \\ 0.82 & - & 0.81 & 0.70 & 0.66 \\ 0.65 & 0.19 & - & 0.38 & 0.38 \\ 0.63 & 0.30 & 0.62 & - & 0.40 \\ 0.69 & 0.34 & 0.62 & 0.60 & - \end{bmatrix}$$

$$NI: \begin{bmatrix} - & 0.022 & 1 & 0.128 & 0.812 \\ 1 & - & 0.795 & 0.304 & 0.705 \\ 0.937 & 1 & - & 0.906 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & - & 1 \\ 1 & 1 & 0.793 & 1 & - \end{bmatrix}$$

مطابق با مراحل روش ELECTRE و ماتریس همهانگ موثر (G) و ماتریس ناهمانگ موثر (H) به ترتیب زیر استخراج می گردد.

$$H: \begin{bmatrix} - & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & - & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & - & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & - & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & - \end{bmatrix} \quad G: \begin{bmatrix} - & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & - & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & - & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & - & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & - \end{bmatrix}$$

ماتریس مؤثر کلی که نتیجه رابطه  $F_{K,L} = h_{KL} * g_{KL}$  (حاصل ضرب درایه های متناظر با سطر K و ستون L دو ماتریس موثر همهانگ و ناهمانگ) می باشد به صورت زیر به دست می آید.

$$F: \begin{bmatrix} - & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & - & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & - & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & - & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & - \end{bmatrix}$$

چون گزینه‌های ۱ و ۳ و نیز گزینه‌های ۴ و ۵ نسبت به هم برتری ندارند، می‌توان چند حالت را برای اولویت بندی گزینه‌ها در نظر گرفت؛ که از میان آنها به یکی از حالات اکتفا می‌کنیم. بنابراین رتبه بندی گزینه‌ها بر اساس ترکیب AE یا وضعیت ۲ به ترتیب زیر می‌باشد.

$$T_4 \gg T_2 \gg T_3 \gg T_1 \gg T_5$$

**وضعیت ۳:** وزن دهی شاخص‌ها بر اساس ENTROPY و تصمیم گیری بر اساس

(ET): TOPSIS

با بکارگیری اوزان بدست آمده از آنتروپی شانون و نگاره ۷ رتبه بندی گزینه‌ها بر اساس ترکیب ET یا وضعیت ۳ به ترتیب زیر می‌باشد.

$$T_4 \gg T_2 \gg T_3 \gg T_5 \gg T_1$$

**وضعیت ۴:** وزن دهی به شاخص‌ها بر اساس ENTROPY و تصمیم گیری بر اساس

(EE): ELECTRE

با بکارگیری اوزان بدست آمده از آنتروپی شانون و نگاره ۷ و طی مراحل تصمیم گیری با تکنیک ELECTRE ماتریس کلی موثر به صورت زیر حاصل می‌گردد.

$$F: \begin{bmatrix} - & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & - & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & - & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & - & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & - \end{bmatrix}$$

مطابق با ماتریس F رتبه بندی گزینه‌ها در این جا نیز چند گانه بوده که همانند وضعیت ۳ در این جا نیز به یکی از حالات اکتفا می‌کنیم در نتیجه رتبه بندی گزینه‌ها بر اساس ترکیب EE یا وضعیت ۴ به صورت زیر خواهد بود.

$$T_4 \gg T_5 \gg T_3 \gg T_2 \gg T_1$$

### رتبه بندی نهایی تایرها با روش‌های ادغام سه گانه

همانگونه که ملاحظه شد هر کدام از ترکیبات ۴ گانه رتبه بندی متفاوتی از گزینه‌ها را بدست می‌دهند. جهت رسیدن به یک نتیجه واحد و به کارگیری اولویت بندی گزینه‌ها در دنیای واقعی همان گونه که قبلاً ذکر گردید از روش‌های ادغام سه گانه به ترتیب زیر می‌توان جهت رتبه بندی استفاده نمود.

#### ۱. روش میانگین حسابی:

در این روش، از رتبه‌های حاصل شده از چهار ترکیب متفاوت (EE, ET, AE, AT) میانگین حسابی اخذ شده و گزینه‌ای که میانگین آن عدد بیشتری را نشان دهد اولویت اول را خواهد داشت. این محاسبه در نگاره ۱۰ صورت گرفته است.

گزینه	AT	AE	ET	EE	میانگین
$T_1$	۴	۲	۵	۵	۴
$T_2$	۱	۱	۲	۴	۲
$T_3$	۵	۳	۳	۳	۳.۵
$T_4$	۳	۴	۱	۱	۲.۲۵
$T_5$	۲	۵	۴	۲	۳.۲۵

به عنوان مثال، گزینه  $T_1$ ، در روش AT، رتبه چهارم، در روش AE، رتبه دوم، در روش ET، رتبه پنجم و در روش EE نیز، رتبه پنجم را کسب کرده است. با اخذ میانگین حسابی از رتبه‌های هر گزینه در روش‌های متفاوت و ثبت آنها در ستون آخر سمت راست نگاره ۱۰ رتبه بندی گزینه‌ها به صورت زیر خواهد بود.

$$T_3 \gg T_4 \gg T_5 \gg T_2 \gg T_1$$

## ۲. روش بردا:

در این روش، رتبه‌های هرزوج گزینه در ترکیب‌های متفاوت رتبه‌بندی بایکدیگرمقایسه می‌شوند و اگر تعداد ترکیب‌هایی که در آن  $S_K$  بر  $S_L$  ارجح است، بیشتر از تعداد روش‌هایی باشد که در آن  $S_L$  بر  $S_K$  ارجحیت دارد، با  $W$  در صورتی که تعداد ارجحیت‌های  $S_K$  از  $S_L$  کم‌تر یا با آن مساوی باشد، با  $D$  نمایش داده می‌شود.

به این ترتیب،  $w$ ها، تعداد بردها و  $d$ ها، تعداد باخت‌ها را نشان می‌دهند. بنابراین طبق نگاره

شماره ۱۱ خواهیم داشت:

	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$\sum w$
$T_1$	-	$d$	$d$	$d$	$d$	۰
$T_2$	$w$	-	$w$	$d$	$w$	۳
$T_3$	$d$	$d$	-	$d$	$d$	۰
$T_4$	$w$	$d$	$w$	-	$w$	۳
$T_5$	$w$	$d$	$d$	$d$	-	۱
						۷

بر اساس نگاره ۱۱ رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها به صورت زیر خواهد بود:

$$T_2 \gg T_4 \gg T_5 \gg T_3 \gg T_1$$

## ۳. روش کاپلند:

این روش را می‌توان اصلاح روش قبلی امید زیرا در آن، علاوه بر  $w$ ها، تعداد  $d$ ها نیز در اولویت بندی در نظر گرفته می‌شود. روش کاپلند بر اساس تفاضل تعداد بردها و باخت‌ها، امتیاز هر گزینه را به دست می‌آورد [۶].

بنابراین امتیاز گزینه‌ها با روش کاپلند به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{array}{ll}
 \text{امتیاز} & T_i = \sum w_i - \sum d_i \\
 \text{امتیاز} & T_1 = 0 - 4 = -4 \\
 \text{امتیاز} & T_2 = 3 - 1 = 2 \\
 \text{امتیاز} & T_3 = 0 - 4 = -4 \\
 \text{امتیاز} & T_4 = 3 - 2 = 1 \\
 \text{امتیاز} & T_5 = 1 - 3 = -2
 \end{array}$$

در نتیجه رتبه بندی نهایی گزینه‌ها به ترتیب زیر خواهد بود.

$$T_2 \gg T_4 \gg T_5 \gg T_3 \gg T_1$$

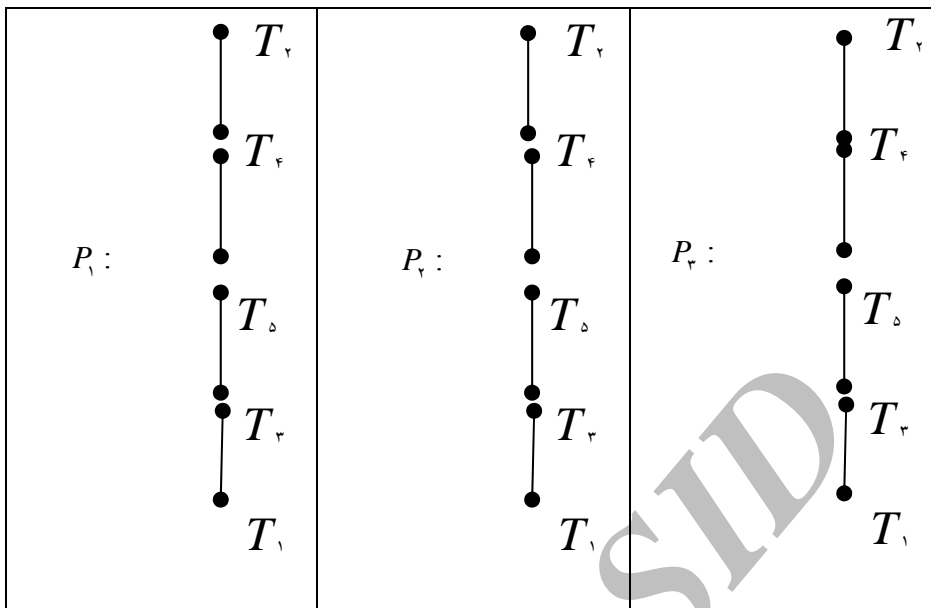
### تشکیل مجموعه رتبه بندی ادغامی

پس از استفاده از روش‌های فوق، به منظور ایجاد یک اجماع و نتیجه گیری از رتبه بندی سه روش فوق، یک مجموعه رتبه بندی جزئی (POSET) با ادغام روش‌ها را می‌توان به شرح ذیل بدست آورد.

$$\begin{array}{l}
 O_1 = T_2 \gg T_4 \gg T_5 \gg T_3 \gg T_1 \\
 O_2 = T_2 \gg T_4 \gg T_5 \gg T_3 \gg T_1 \\
 O_3 = T_2 \gg T_4 \gg T_5 \gg T_3 \gg T_1
 \end{array}$$

همانگونه که ملاحظه می‌گردد  $T_1$  در همه رتبه بندیها، غیرارجح است.  $T_2$  در همه رتبه بندیها نسبت به  $T_1, T_3, T_4, T_5$  ارجح است.  $T_3$  همواره نسبت به  $T_1$  ارجح است.  $T_4$  همواره نسبت به  $T_1, T_3, T_5$  ارجحیت دارد و  $T_5$  همواره نسبت به  $T_3, T_4$  ارجح است.

بنابراین، ترتیب جزئی به صورت زیرنمایش داده می‌شود (نمودار ۱):



### نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این پژوهش پس از غربال‌سازی شاخص‌ها و حذف شاخص‌های کم‌اهمیت در نهایت ۸ شاخص جهت رتبه‌بندی و ارزیابی تأیرهای متفاوت انتخاب و رتبه‌بندی با چهار ترکیب AT, AE, ET, EE انجام شد و نتایج زیر بدست آمد.

$$AT: T_2 \gg T_5 \gg T_4 \gg T_1 \gg T_3$$

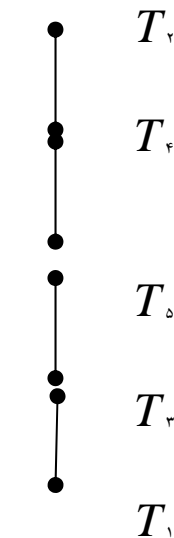
$$AE: T_2 \gg T_1 \gg T_3 \gg T_4 \gg T_5$$

$$ET: T_4 \gg T_2 \gg T_3 \gg T_5 \gg T_1$$

$$EE: T_4 \gg T_5 \gg T_3 \gg T_2 \gg T_1$$

در نهایت رتبه‌بندی نهایی با استفاده از روش‌های ادغام سه‌گانه صورت‌گرفت و نتیجه زیر که در نمودار شماره ۲ نمایش داده شده است حاصل گردید.





نمودار ۲: رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها

از آنجا که هدف نهایی هر تولیدکننده‌ای، از جمله تولیدکنندگان لاستیک در کشور رضایت مشتری می‌باشد. در این تحقیق، بعد از شناسایی شاخص‌های مهم تأثیرگذار بر کیفیت لاستیک خودرو و رتبه‌بندی آنها، اهمیت هر کدام در کیفیت لاستیک مورد نظر مشخص گردید که علاوه بر اینکه به خریدار امکان می‌دهد تا در موقع خرید، با آگاهی بیشتری عمل نماید، به تولیدکنندگان نیز کمک می‌کند تا بهتر بتوانند زمینه‌های سرمایه‌گذاری خویش را شناسایی کنند تا از سرمایه خود به بهترین نحو استفاده کنند. تفاوت تحقیق حاضر با تحقیقات مشابه، در این است که به جای مقایسه حالات مختلف تصمیم‌گیری و انتخاب بهترین حالت، از تکنیک‌های ادغام MADM و تشکیل مجموعه رتبه‌بندی ادغامی استفاده گردیده و سعی شده است از همه این روش‌ها، به جواب واحدی برسیم. با وجود اینکه تمامی ۸ شاخص مهم برگزیده شده توسط کارشناسان صنعت خودرو به منظور بهبود برنامه‌های سرمایه‌گذاری، شایان توجه می‌باشد، اما ضرورت توجه ویژه به سرمایه‌گذاری در زمینه "روش و ساختار خطوط تولید" (شاخص اول در AHP)، به شدت احساس می‌شود زیرا با توجه به تنوع روزافزون خودروها، تغییر در قطر رینگ و نسبت منظر تایرها و تغییر سایز و شاخص‌های سرعتی آنها مورد توجه می‌باشد و لذا به نظر می‌رسد شرکت‌های داخلی باید به شکلی علاوه بر رادیالیزه کردن محصولاتشان، شکل قالب‌ها و ترکیب محصولاتشان

را به طور مستمر عوض کنند و به آنها تنوع ببخشند. که انطباق با این تغییرات، نیازمند تحولات سریع و مداوم در روش و ساختار خطوط تولید است. همچنین با توجه به امکان تاثیرپذیری شاخص‌ها از یکدیگر، به نظر می‌رسد استفاده از تکنیک ANP در این زمینه، منطقی‌تر باشد.

Archive of SID

## منابع

۱. اصغرپور، محمدجواد (۱۳۸۳)، تصمیم‌گیری چندمعیاره، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
۲. فلاحی، غلامرضا- نهری، مهدی، "صنعت روکش تایردرکشور"، دوهفته نامه ناظر، شماره ۲۶
۳. قاضی نوری، سیدسپهر، طباطبائیان، سیدحبيب الله (۱۳۸۱)، "تحلیل حساسیت مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه نسبت به نوع تکنیک مورد استفاده: مطالعه موردی"، مجله دانش مدیریت، سال پانزدهم، شماره ۱۶، تهران
۴. قدسی پور، حسن (۱۳۷۹)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران، مرکز نشر دانشگاه ..
۵. نخعی نژاد، فریدون (۱۳۸۲)، "چگونگی آزمایش و گزینش بهترین لاستیک زمستانی"، مجله کویرتایر، شماره ۱۵، صص ۱۹-۲۰
6. Hwang, C.L; Yoon, K, (1981) Multiple Attribute Decision Making, Springer- Verlag. U.S.A