

اولویت‌بندی پارکینگ‌های مکانیزه با تلفیق شیوه طراحی آزمایشات تاگوچی و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

سید محمود زنجیرچی*؛ استادیار گروه مدیریت صنعتی دانشگاه یزد، یزد، ایران

مریم امانی؛ دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه تهران، پردیس فارابی قم، قم، ایران

فاطمه عزیزی؛ دانشجوی دکتری مدیریت گردشگری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

وصول: ۱۳۹۳/۹/۳۰ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۳، صص ۱۴۶ - ۱۳۱

چکیده

افزایش روزافزون تعداد اتومبیل باعث اختصاص سهم عمده‌ای از مساحت خیابان‌ها، معابر، فضاهای باز و مسکونی به اتومبیل می‌شود. از این‌رو شهرهای بزرگ، امروزه با کسری پارکینگ در سطح شهر و محدودیت فضای پارک حاشیه‌ای روبه‌رو هستند. استفاده از پارکینگ‌های مکانیزه در پاسخ به افزایش تقاضا برای پارکینگ مطرح می‌شود. یکی از حوزه‌های تصمیم‌گیری در سازمان‌ها که از اهمیت زیادی برخوردار است، تصمیمات مرتبط با اولویت‌بندی و انتخاب محصولات است. در این پژوهش از تلفیق دو روش تاگوچی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) به منظور اولویت‌بندی محصولات مربوط به پارکینگ‌های مکانیزه، استفاده شده است. بنابراین مدیریت شرکت‌ها در این زمینه قادر خواهند بود با داشتن منابع محدود سازمان خود و افزایش تقاضا برای نصب این پارکینگ‌ها نیاز مشتری خود را برآورده سازند. بدین منظور ابتدا عوامل مؤثر بر اولویت‌بندی پارکینگ‌های مکانیزه با مرور متون پژوهش و نظر خبرگان شناسایی شد. در این پژوهش از دو پرسشنامه یکی به منظور تعیین اهمیت هر یک از معیارهای مؤثر بر اولویت‌بندی پارکینگ‌های مکانیزه به روش تاگوچی فازی و دیگری پرسشنامه مقایسات زوجی محصولات با توجه به معیارها به روش AHP فازی استفاده شد. پرسشنامه روش تاگوچی و AHP فازی به ترتیب براساس طیف پنج‌تایی و شش‌تایی فازی است. سپس میزان تأثیر این معیارها با استفاده از روش تاگوچی فازی تعیین شد و در نهایت با استفاده از وزن‌های به دست آمده از روش تاگوچی فازی با به‌کارگیری فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، محصولات اولویت‌بندی شدند. نتایج روش تاگوچی نشان داد معیار کیفیت، خدمات پس از فروش و هزینه سرمایه‌گذاری به میزان ۰/۱۷۳، ۰/۱۵۵ و ۰/۱۱۸ اهمیت وزنی بیشتری نسبت به سایر معیارهای مؤثر بر پارکینگ‌های مکانیزه دارند. نتایج روش AHP فازی نشان داد از بین ۵ نوع پارکینگ مورد بررسی شامل برجی ۴۰-تایی، برجی ۳۰-تایی، آسانسوری دوتایی، چرخ و فلک ۱۶-تایی و چرخ و فلک ۱۲-تایی به میزان ۰/۲۵۴، ۰/۲۳۱، ۰/۱۹۴، ۰/۱۶۵ و ۰/۱۱۴ حایز رتبه اول تا پنجم شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: پارکینگ‌های مکانیزه، تاگوچی فازی، تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

مقدمه

همان‌طور که استفاده از پارکینگ‌های مکانیزه به‌عنوان یک فعالیت سرمایه‌گذاری در زمینه کسب و کار مطرح است، استفاده از ابزار برای ارزیابی و تعیین کارایی عملیات آن نیز اهمیت دارد (Bekker & Viviers, 2008: p. 615). از جمله مسائل بسیار مهم در تصمیم‌های این سازمان‌ها، تعیین اولویت تولید محصولات متفاوت است. این امر زمینه‌ساز توفیق یا عدم توفیق در رقابت تنگاتنگ با رقبای خواهد بود.

پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه پارکینگ‌های مکانیزه، مربوط به شبیه‌سازی مدل‌هایی برای طراحی و برنامه‌ریزی برای این نوع از پارکینگ‌ها، استفاده از کنترل‌کننده‌ها و منطق فازی برای کنترل وسایل نقلیه از موقعیت اولیه تا نهایی و انتخاب مناسب‌ترین سیستم‌های مربوط به پارکینگ‌های مکانیزه از لحاظ درجه مکانیزاسیون است (سیدحسینی و خدپور، Bekker & Viviers, 2008: p 614; Azadi, ۱۳۹۰; Taherkhani, 2012: p 32). در برخی دیگر از پژوهش‌ها به معرفی و بیان اهمیت این نوع پارکینگ‌ها و تأکید بر شیوه‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد استفاده در آنها پرداخته شده است. در این پژوهش‌ها فقط انواع محصولات مربوط به پارکینگ‌های مکانیزه معرفی شده‌اند و مناسب بودن محصولات برای نصب از نظر مشتری بررسی نشده است (Azadi, Taherkhani, 2012: p 33; Kumar et al., 2012: p 2).

اهمیت و اهداف

اغلب شرکت‌ها و مؤسسات به دلیل فقدان اولویت‌بندی مناسب در شاخص‌ها و معیارها، قادر به تعیین ترتیب مناسب محصولات برای تخصیص منابع نیستند و در پی آن بسیاری از منابع موجود خود را از دست خواهند داد (رضوانی و حسین‌آبادی، ۱۳۸۸: ۱۸۱). از این‌رو یکی از حوزه‌های تصمیم‌گیری در سازمان‌ها که اهمیت زیادی دارد، تصمیمات مرتبط با اولویت‌بندی

امروزه استفاده از وسایل نقلیه موتوری رو به فزونی است. یکی از مسائل در ارتباط با این امر، کمبود فضای پارکینگ است. این مسئله با اجرای پارکینگ‌های مکانیزه در کمترین فضا کاهش می‌یابد. پارکینگ‌های مکانیزه باعث ذخیره و بازیابی ماشین‌ها به‌طور اتوماتیک می‌شود (Bekker & Viviers, 2008: p 615). استفاده از پارکینگ‌های مکانیزه با توجه به گسترش روزافزون جمعیت کلان‌شهرها و افزایش طول مسیرهای رفت و آمد، قیمت بالای زمین در مناطق پرتراфик و نبود صرفه اقتصادی در اختصاص دادن مساحت زیادی از زمین به هر خودرو، ضروری به‌نظر می‌رسد (سیدحسینی و خدپور، ۱۳۹۰: ۱).

در شهرهای بزرگ با استفاده از این نوع پارکینگ‌ها در هسته مرکزی شهرها، فضای محدود پارک خودرو تأمین می‌شود (Kumar et al., 2012: p 2). موارد زیر باعث افزایش استفاده از پارکینگ‌های طبقاتی در کلان‌شهرهای دنیا شده است (Richard, 2001: p 5):

۱- نصب این پارکینگ‌ها نیاز به فضای کمتری برای پارک خودرو دارد و از فضای محدود به‌طور بهینه و مفید می‌توان استفاده کرد.

۲- به دلیل دسترسی نداشتن افراد سودجو به خودرو، باعث افزایش امنیت خودرو می‌شود.

۳- زیباسازی محیط شهری و فضاهای دیداری را در بردارد.

۴- جابه‌جایی سفرهای درون‌شهری را تسریع می‌بخشد.

۵- یکی از مشکلات عمده‌ای که در بسیاری از مکان‌های شهری وجود دارد، تولید گازهای گلخانه‌ای به دلیل وسایل نقلیه موتوری است. نصب پارکینگ‌های مکانیزه باعث کاهش ترافیک در سطح شهر و منجر به کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و آلودگی زیست‌محیطی می‌شود.

و انتخاب محصولات است.

در این پژوهش برای تعیین اهمیت هر یک از معیارهای مؤثر بر اولویت‌بندی پارکینگ‌های مکانیزه برای اولین بار از روش تاگوچی فازی استفاده شده است. از تلفیق دو روش تاگوچی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP)^۱ به منظور اولویت‌بندی محصولات مربوط به پارکینگ‌های مکانیزه، استفاده شده است. هدف این پژوهش کمک به مدیریت شرکت برای انتخاب محصول است. مورد مطالعه، یک شرکت خاص است که زمینه فعالیت آن پارکینگ‌های مکانیزه است. این پژوهش به مدیریت شرکت کمک می‌کند تا با داشتن منابع محدود سازمان خود و افزایش تقاضا برای نصب این پارکینگ‌ها بتواند نیاز مشتری خود را برآورده سازد. بدین منظور در ابتدا معیارهای مناسب در این زمینه جمع‌آوری شده است. سپس میزان تأثیر این معیارها با استفاده از روش تاگوچی فازی تعیین و در نهایت با استفاده از وزن‌های به دست آمده از روش تاگوچی فازی با به‌کارگیری فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، محصولات اولویت‌بندی شدند.

در پژوهش‌ها عموماً برای تعیین محصولات مناسب به منظور تولید، از شیوه‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شده است. خاصیت خطی بودن تصمیم‌گیری این شیوه‌ها، گاهی می‌تواند پاسخ‌های اشتباهی را به دست بدهد. در این پژوهش تلاش شده است تا با بهره‌گیری از شیوه طراحی عاملی، روابط کامل شامل روابط خطی و غیرخطی در نظر گرفته و تحلیل شوند. از سویی ماهیت مبهم و بی‌اطمینانی از ارزیابی‌های انسانی در بسیاری از پژوهش‌های پیشین دیده نشده است. در این پژوهش با هدف توجه بیشتر به ابهام ذاتی تصمیم‌گیری‌های انسانی، شیوه‌ها در فضای فازی به‌کار گرفته شده‌اند. در نهایت ترکیب بدیع شیوه‌ها برای دستیابی به روشی به‌منظور تبیین محصول

به‌عنوان نوآوری اصلی پژوهش معرفی می‌شود.

مبانی نظری پژوهش

با توجه به منابع محدود زمین در کلان‌شهرها، استفاده از پارکینگ‌های مکانیزه برای پارک وسایل نقلیه به زمین کمتری نیاز دارد و هزینه زمین را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، استفاده از این پارکینگ‌ها باعث کاهش ترافیک در سطح شهر، راحتی سفرهای درون‌شهری، کاهش گازهای گلخانه‌ای، کاهش سر و صدای منفی و تأثیرات دیداری می‌شود (Richard, 2001: p 8).

پارکینگ‌های مکانیزه از لحاظ عملکرد به دو گروه نیمه‌خودکار (نیمه‌مکانیزه) و تمام خودکار (تمام‌مکانیزه) تقسیم‌بندی می‌شوند. در پارکینگ‌های مکانیزه تمام‌خودکار، جابه‌جایی اتومبیل‌ها از ابتدای ورود تا توقف در سالن اصلی به‌صورت مکانیکی و بدون احتیاج به راننده صورت می‌پذیرد؛ درحالی‌که در نوع نیمه‌خودکار قسمتی از عمل انتقال و پارک اتومبیل را راننده و قسمتی دیگر را سامانه‌های مکانیکی بالابرنده یا انتقالی انجام می‌دهند (Bekker & Viviers, 2008: p 622).

ساختار عمومی پارکینگ‌ها به این صورت است که در مقابل در اصلی یک کنترل‌کننده قرار می‌گیرد که وظیفه اصلی آن صدور مجوز عبور به کاربر مربوطه، برای یک طبقه خاص است. در طبقات نیز یک سامانه کنترلی جزئی نصب می‌شود که وظیفه آن، هدایت کاربر به مکان مربوطه در پارکینگ و کنترل امور مالی همان طبقه است (اصدقی و همکاران، ۱۳۸۴).

در پارکینگ‌های مکانیزه نیازی نیست راننده خودرو را هدایت کند و خودروها با موتور خاموش حرکت خواهند کرد؛ بنابراین در ساختمان آنها نیازی به نظر گرفتن راهروهای عریض نیست و چون سرنشینان خودرو به ساختمان پارکینگ وارد نخواهند شد، ارتفاع طبقات پارکینگ‌های مکانیزه، خیلی کمتر از پارکینگ‌های

محصولات استفاده شده است، نشان می‌دهد.

جدول ۱- معیارهای مؤثر در زمینه اولویت‌بندی محصولات

| منبع | تعریف | معیار |
|--|--|-----------------------|
| رضوانی و حسین‌آبادی، ۱۳۸۸; Kesteren; 2010; Creusen & Schoormans, 2005 | نگرش سازمان‌ها و مردم به محصولات شرکت | وجهه اجتماعی |
| Karpinetti & Martins, 2001; Tang & Yin, 2010; Leung & Leung, 2002; Clerides, 1999 | تمامی ویژگی‌های محصول که در پاسخ به نیاز مشتری مؤثر است. | کیفیت |
| Jonke, 2012; Mustofa, 2011; رضوانی و حسین‌آبادی، ۱۳۸۸ | خدمات پس از فروش محصول | خدمات پس از فروش |
| رضوانی و حسین‌آبادی، ۱۳۸۸; Clerides, 1999; Creusen & Schoormans, 2005; Langerak et al., 2004 | مجموعه‌ای از مصرف‌کنندگان که نسبت به محصولات شرکت علاقه‌مند هستند. | بازار در دسترس |
| Karpinetti & Martins, 2001; رضوانی و حسین‌آبادی، ۱۳۸۸; Tang & Yin, 2010; Su & Pearn, 2011 | تقاضای مشتری در ارتباط با محصول | تقاضای مشتری |
| رضوانی و حسین‌آبادی، ۱۳۸۸; Tang & Yin, 2010; Su & Pearn, 2011 | نرخ خروجی ماشین‌آلات | ظرفیت تولید |
| رضوانی و حسین‌آبادی، ۱۳۸۸; Eraslan, 2011 | زمان استاندارد برای تولید محصول | زمان مصرفی برای تولید |
| Karpinetti & Martins, 2001; رضوانی و حسین‌آبادی، ۱۳۸۸; Cengiz, 2010; Nilsson et al., 2001; Conklin et al., 2004; Chai et al., 2009 | برآورده شدن انتظارات مشتری | رضایت مشتری |
| رضوانی و حسین‌آبادی، ۱۳۸۸; Tang & Yin, 2010; Kok et al., 2006; Su & Pearn, 2011, Jonke, 2012 | سود حاصل از انتخاب محصولات مناسب | سود |

منبع: یافته‌های پژوهش

معمولی ساخته می‌شوند، بنابراین به دلیل نیازنداشتن به سقف مرتفع برای تردد انسان و برای اینکه نیاز به در نظر گرفتن فضای لازم برای بازشدن در خودرو و پیاده‌شدن سرنشینان و راننده نیست ابعاد فضای لازم برای پارک خودرو خیلی کمتر خواهد بود؛ در نتیجه پارکینگ‌های مکانیزه آمادگی پذیرش اتومبیل بیشتری را نسبت به انواع معمولی پارکینگ دارند؛ در حالی که نیاز به زمین وسیع برای احداث نخواهند داشت (Azadi, Taherkhani, 2012: p 33; Hassan et al., 2012;).

پیشینه پژوهش

تانگ و یین^۱ و (۲۰۱۰) در پژوهش خود موقعیتی را در نظر گرفتند که یک تولیدکننده باید در مورد انتخاب محصول برای فروش، تعیین قیمت فروش و تولید مقدار هر یک از محصول انتخاب شده تصمیم‌گیری کند. آنها در این پژوهش به بررسی تأثیر هزینه، کیفیت و رقابت در انتخاب خط تولید محصول بهینه، قیمت بهینه و مقدار تولید بهینه پرداختند و مدلی بهینه برای تعیین شرایط انتخاب مناسب ارائه دادند. در این پژوهش با استفاده از مدل ارائه‌شده، نحوه عمل شرکت در محیط‌های مختلف مشخص شده است. سو و پرن^۲ (۲۰۱۱)، عوامل مربوط به سوآوری، قیمت، مقدار سفارش محصول و تقاضای مشتریان را عوامل مؤثر در سودآوری و انتخاب محصول بیان کردند. در پژوهش دیگری، رضوانی و حسین‌آبادی (۱۳۸۸) با استفاده از نظرات خبرگان و پیشینه پژوهش، معیارهای سود، تقاضای مشتری، رضایت کارکنان، کیفیت، ظرفیت تولید، زمان مصرفی و بازار در دسترس را عوامل مؤثر در زمینه اولویت‌بندی محصولات مطرح کردند. جدول ۱، معیارهای دیگری که به‌منظور اولویت‌بندی

^۱ Tang & Yin

^۲ Su & Pearn

پرداختند. در این پژوهش از تابع زیان تاگوچی برای تبدیل معیارهای کیفی به مقادیر کمی به منظور مقایسه و بررسی تأمین‌کنندگان استفاده شده است. سپس از تابع زیان به‌عنوان متغیر تصمیم‌گیری در فرایند AHP برای ارزیابی تأمین‌کنندگان استفاده شده است. در نهایت یک مطالعه موردی برای نشان‌دادن عملکرد واقعی مدل ارائه شده است. آنها در این پژوهش به این نتیجه رسیدند که این سیستم ارزیابی را می‌توان برای نظارت و ارزیابی تأمین‌کنندگان استفاده کرد. در پژوهش دیگری ماگدالنا^۳ (۲۰۱۲) برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده صنایع غذایی از ترکیب دو شیوه تابع زیان تاگوچی و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده کرد. در این تجزیه و تحلیل چندین معیار برای انتخاب تأمین‌کننده در نظر گرفته شده است. با ترکیب عملکردهای تأمین‌کنندگان براساس این معیارها و مجموع عملکردهای تأمین‌کنندگان بر مبنای معیارهای کلی، بهترین تأمین‌کننده انتخاب شده است.

در پژوهشی حسینی و خدپور (۱۳۹۰)، به معرفی و بررسی انواع سیستم‌های پارکینگ مکانیزه و انتخاب مناسب‌ترین آنها از لحاظ فنی و اقتصادی با استفاده از روش PROMETHEE پرداختند. در این پژوهش سیستم‌های جکی و چرخشی، بالاترین رتبه را از لحاظ درجه مکانیزاسیون کسب کردند.

شیوه‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها

تئوری مجموعه‌های فازی

زاده^۴ در سال ۱۹۶۵ تئوری فازی را برای لحاظ‌کردن

در ادامه به شماری از پژوهش‌هایی که به اولویت‌بندی محصولات و ترکیب شیوه‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و روش تاگوچی پرداختند، اشاره شده است.

رضوانی و حسین‌آبادی (۱۳۸۸) از تلفیق دو شیوه TOPSIS و ELECTRE برای اولویت‌بندی محصولات شرکت چینی مقصود مشهد استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان داد، شیوه ELECTRE در مقایسه با تاپسیس نتایج بهتری در زمینه اولویت‌بندی محصولات ارائه می‌دهد. کوا^۱ و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی با استفاده از دو شیوه تاپسیس و تحلیل سلسله‌مراتبی و ترکیب آنها با روش تاگوچی به حل مسائل مربوط به قوانین توزیع ترکیبی برای یک ایستگاه کاری با سیستم پردازشگر چندگانه پرداختند.

لیا^۲ (۲۰۱۰) در پژوهشی برای انتخاب تأمین‌کنندگان از ترکیب سه شیوه دلفی، AHP و تابع زیان تاگوچی استفاده کرد. در این پژوهش در ابتدا معیارهای مربوط به انتخاب تأمین‌کننده با استفاده از روش دلفی تعیین شده است. سپس معیارهای مهم در این زمینه در تابع زیان تاگوچی استفاده و به‌منظور تعیین وزن‌های آنها با تحلیل سلسله‌مراتبی ترکیب شد. این پژوهش رویکرد تصمیم‌گیری مناسبی به منظور حل مسائل مربوط به انتخاب تأمین‌کنندگان در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. نتایج این پژوهش نشان داد، بهره‌وری تصمیم‌گیری در ارتباط با انتخاب تأمین‌کننده مناسب با استفاده از این شیوه‌ها افزایش می‌یابد. صادقی و همکارانش (۲۰۱۰) نیز با استفاده از تابع زیان تاگوچی و AHP به ارزیابی تأمین‌کننده

³ Magdalena

⁴ Zadeh

¹ Kou

² Liao

عدم اطمینان و ابهام در حل مسائل مختلف بیان کرد (Rostamzadeh & Sofian, 2011: p 5170).

در این پژوهش، به منظور انجام محاسبات، روی اعداد فازی مثلثی روابط زیر به کار برده شده است (Zheng et al., 2012: p 233).

جمع اعداد فازی

$$\tilde{a}_1 + \tilde{a}_2 = (l_1, m_1, u_1) + (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (1)$$

تفریق اعداد فازی

$$\tilde{a}_1 - \tilde{a}_2 = (l_1, m_1, u_1) - (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 - l_2)$$

ضرب اعداد فازی

$$\tilde{a}_1 \times \tilde{a}_2 = (l_1, m_1, u_1) \times (l_2, m_2, u_2) = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2)$$

for $l_1, l_2 > 0; m_1, m_2 > 0; u_1, u_2 > 0$.

تبدیل عدد فازی به قطعی

$$\frac{l_1 + 6m_1 + u_1}{6} \quad (4)$$

تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره

شیوه‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره روش‌هایی هستند که با استفاده از معیارهای کمی و کیفی چندگانه به رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری می‌پردازند و تصمیم‌گیرندگان را در انتخاب گزینه مناسب یاری می‌کنند (Utkin, 2009).

پژوهشگران زیادی (Wang, 2006: p 2060 & Chang, 1996: p 653) با توسعه AHP به فضای فازی، روش‌های FAHP را توسعه دادند. یکی از مهم‌ترین و کم‌انتقاداتترین روش‌هایی که می‌توان در این زمینه نام برد، روش میخایلوپ است.

در این پژوهش، برای تشکیل ماتریس‌های توافقی قضاوت فازی بر اساس نظرات خبرگان از طیف فازی جدول ۲ استفاده شده است.

جدول ۲- طیف فازی مورد استفاده در روش

FAHP

| عبارت | اهمیت دقیقاً مساوی | کمی مهم‌تر | خیلی مهم‌تر | خیلی زیاد مهم‌تر | کاملاً مهم‌تر |
|----------|--------------------|------------|-------------|------------------|---------------|
| عدد فازی | (۱, ۱) | ۱ | ۳/۲ | ۵/۲ | ۷/۲ |
| | (۱) | ۱/۲ | ۲ | ۳/۲ | ۵/۲ |
| | | | ۱ | ۲ | ۳ |
| | | | | ۲ | ۳ |
| | | | | | ۲ |
| | | | | | ۲ |

منبع: Chang, 1996

اولویت‌گذاری غیرخطی فازی میخایلوپ

مدل اولیه‌ای که میخایلوپ ارائه کرد، مبتنی بر مدل

تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره روش‌هایی هستند که با استفاده از معیارهای کمی و کیفی چندگانه به رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری می‌پردازند و تصمیم‌گیرندگان را در انتخاب گزینه مناسب یاری می‌کنند (Utkin, 2009).

یکی از معروف‌ترین و تقریباً کاربردی‌ترین شیوه‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی است. برای اولین بار این روش را ساعتی^۱ در دهه ۱۹۷۰ میلادی ابداع کرد (Bhattacharya et al.,

۱۹۷۰ میلادی ابداع کرد (Bhattacharya et al.,

۱۹۷۰ میلادی ابداع کرد (Bhattacharya et al.,

تفریق اعداد فازی

$$\tilde{a}_1 - \tilde{a}_2 = (l_1, m_1, u_1) - (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 - l_2)$$

ضرب اعداد فازی

$$\tilde{a}_1 \times \tilde{a}_2 = (l_1, m_1, u_1) \times (l_2, m_2, u_2) = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2)$$

for $l_1, l_2 > 0; m_1, m_2 > 0; u_1, u_2 > 0$.

تبدیل عدد فازی به قطعی

$$\frac{l_1 + 6m_1 + u_1}{6} \quad (4)$$

تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره

شیوه‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره روش‌هایی هستند که با استفاده از معیارهای کمی و کیفی چندگانه به رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری می‌پردازند و تصمیم‌گیرندگان را در انتخاب گزینه مناسب یاری می‌کنند (Utkin, 2009).

AHP فازی

یکی از معروف‌ترین و تقریباً کاربردی‌ترین شیوه‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی است. برای اولین بار این روش را ساعتی^۱ در دهه ۱۹۷۰ میلادی ابداع کرد (Bhattacharya et al.,

^۲ Van Laarhoven & Pedrycz

^۱ Saaty

روش تاگوچی یکی از روش‌های طراحی بر مبنای آزمایشات (DOE) بوده است که برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها، زمان و مواد استفاده می‌شود. این روش، خصوصیات عملکرد سیستم را با تنظیم پارامترها و کاهش حساسیت عملکرد سیستم بهینه می‌کند (Baharudin et al., 2012: p 938).

روش‌های تاگوچی به‌طور گسترده در صنعت استفاده می‌شود. این روش دارای مزیت‌های زیادی است؛ از جمله این موارد می‌توان به بهینه‌سازی همزمان چندین عامل و تعیین تأثیر عامل‌ها از طریق تعدادی از آزمایش‌ها اشاره کرد (Lyu et al., 2010: p 167).

پروفسور تاگوچی در سال ۱۹۶۰ روش طراحی آزمایشات تاگوچی را معرفی کرد. این روش می‌تواند با کمترین تعداد آزمایش‌ها، شرایط بهینه را تعیین کند و باعث کاهش چشمگیر زمان و هزینه انجام آزمایش‌های مورد نیاز شود. روش طراحی آزمایش، یک روش نظام‌مند و کارآمد برای تجزیه و تحلیل و بهینه‌سازی است که علاوه بر سهولت مراحل تولید، باعث بهبود عملکرد و کیفیت محصولات می‌شود. با به‌کارگیری این روش می‌توان عامل‌های ورودی قابل کنترل را به‌طور نظام‌مند تغییر داد و تأثیرات آنها را بر پارامترهای خروجی ارزیابی کرد (Antony, 2003: p 29).

بعضی مواقع، هدف از طراحی آزمایش رسیدن به شرایطی است که همزمان چندین پاسخ در خروجی اندازه‌گیری و بهینه شود. برای بررسی پاسخ‌هایی با واحدهای متفاوت، با استفاده از OEC، کلیه پاسخ‌ها یکسان می‌شود. در این صورت امکان بررسی هم‌زمان چندین پاسخ برای یک طراحی آزمایش فراهم می‌گردد (زینالی، ۱۳۸۷: ۸۵).

یکسان کردن پاسخ‌های فازی متفاوت

خطی و نیازمند محاسبه برش‌های آلفا برای قضاوت‌ها، حل مدل و سپس ادغام وزن‌ها در سطوح مختلف آلفا برای به دست آوردن وزن نهایی بود. وی در تکمیل کار خود پیشنهاد کرد استفاده از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی که در ادامه توضیح داده شده است، می‌تواند تعدادی از این مراحل را در دستیابی به وزن‌های نهایی حذف کند. فرض کنید قضاوت‌های اولیه به صورت $(l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) = \tilde{a}_{ij}$ باشد، در این صورت برای محاسبه وزن‌ها داریم: $l_{ij} \leq \frac{w_i}{w_j} \leq u_{ij}$. به جای تبدیل عبارت فوق به دو نامعادله ساده خطی، می‌توان برای هر قضاوت، تابع عضویتی ساخت که نسبت به $\frac{w_i}{w_j}$ خطی باشد:

$$\mu_{ij}\left(\frac{w_i}{w_j}\right) = \begin{cases} \frac{\left(\frac{w_i}{w_j} - l_{ij}\right)}{m_{ij} - l_{ij}} & \frac{w_i}{w_j} \leq m_{ij} \\ \frac{u_{ij} - \frac{w_i}{w_j}}{u_{ij} - m_{ij}} & \frac{w_i}{w_j} \geq m_{ij} \end{cases} \quad (5)$$

اکنون می‌توان منطقهٔ موجهی را از فصل مشترک محدودیت‌ها و با استفاده از عملگر **min** و با استفاده از رویکرد **max-min** جواب مدل را تعیین کرد:

$$\begin{aligned} & \text{Max } \lambda \\ & \text{s.t.} : \\ & (m_{ij} - l_{ij})\lambda w_j - w_i + l_{ij}w_j \leq 0 \\ & (u_{ij} - m_{ij})\lambda w_j + w_i - u_{ij}w_j \leq 0 \end{aligned} \quad (6)$$

$\sum_{k=1}^n w_k = 1$
 $w_k > 0, k = 1, 2, \dots, n, i = 1, 2, \dots, n-1, j = 2, 3, \dots, n, j > i$
 این مدل افزون بر وزن گزینه‌ها، مقدار ناسازگاری را نیز مشخص می‌کند. مقادیر مثبت برای شاخص λ نشان‌دهندهٔ سازگاری نسبی و مقادیر منفی برای آن، نشان از قضاوت‌های فازی به‌شدت ناسازگار دارد (Mikhailov, 2003: p 368).

روش تاگوچی

۳۰ درصد باشد، از رابطه ۷ استفاده می‌شود:

$$FOEC = \left(\frac{\tilde{Y}_i - \tilde{Y}_{is}}{\tilde{Y}_{ib} - \tilde{Y}_{is}} \right) \times \tilde{W}_i + \left(1 - \frac{\tilde{Y}_j - \tilde{Y}_{js}}{\tilde{Y}_{jb} - \tilde{Y}_{js}} \right) \times \tilde{W}_j + \left(1 - \frac{\tilde{Y}_k - \tilde{Y}_{ks}}{\tilde{Y}_{kb} - \tilde{Y}_{ks}} \right) \times \tilde{W}_k$$

برای هر یک از آزمایش‌های طراحی شده رابطه ۷ به کار برده می‌شود.

سهم مشارکت فازی هر یک از عامل‌ها

یکی از نتایج به دست آمده از طراحی آزمایشات تهاگوچی انجام تحلیل واریانس (ANOVA) روی نتایج (پاسخ‌ها) است. با استفاده از این روش سهم مشارکت هر یک از عوامل در توزیع پراکندگی پاسخ مطابق گام‌های زیر به دست می‌آید.

پارامترهای مربوط به محاسبه سهم مشارکت به شرح زیر است (زینالی، ۱۳۸۷: ۸۵):

مجموع پاسخ آزمایش‌های عوامل مورد نظر در سطح یک: $\tilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ، مجموع پاسخ آزمایش‌های عامل مورد نظر در سطح دو: $\tilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ ، مجموع مورد نظر در سطح k : $\tilde{A}_k = (l_k, m_k, u_k)$ ، مجموع پاسخ‌ها: \tilde{T} ، ضریب تصحیح: \tilde{CF} ، مجموع مربعات کل: \tilde{S}_T ، مجموع مربعات عامل A : \tilde{S}_A ، مجموع مربعات عامل B : \tilde{S}_B ، مجموع مربعات خطا: \tilde{S}_e ، تعداد کل آزمایش‌ها: N ، تعداد آزمایش‌های عامل A در سطح یک: N_{A_1} ، تعداد آزمایش‌های عامل A در سطح دو: N_{A_2} ، تعداد آزمایش‌های عامل B در سطح یک: N_{B_1} ، تعداد آزمایش‌های عامل B در سطح دو: N_{B_2} ، تعداد آزمایش‌های عامل n در سطح k : N_{nk} ، سهم مشارکت عامل A : \tilde{P}_A ، سهم مشارکت عامل B : \tilde{P}_B ، سهم مشارکت عامل n : \tilde{P}_n ، گام اول: تعیین متغیر

با در نظر گرفتن بی‌دقتی و بی‌اطمینانی ذاتی ادراکات

تصمیم‌گیرندگان، راه مناسب برای تعامل با این‌ها (تعمیرات) با استفاده از مجموعه‌های بی‌اطمینانی، بیان پاسخ‌ها با استفاده از مجموعه‌های بی‌اطمینانی، بیان پاسخ‌ها با استفاده از مجموعه‌های بی‌اطمینانی، اعداد فازی است که ابهام موجود در تفکر انسانی را در نظر می‌گیرد. جدول ۳ قضاوت‌های فازی استفاده شده در روش تهاگوچی فازی را نشان می‌دهد. جدول ۳- قضاوت‌های فازی مورد استفاده در

روش تهاگوچی فازی

| قضاوت‌های قطعی | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| قضاوت‌های فازی | (۰، ۰) | (۰، ۳) | (۰، ۵) | (۰، ۷) | (۰، ۸) |
| | (۰، ۲) | (۰، ۴) | (۰، ۶) | (۰، ۸) | (۱، ۱) |
| | (۰، ۰) | (۰، ۲) | (۰، ۴) | (۰، ۶) | (۰، ۸) |

منبع: Tseng, 2011

پارامترهای مربوط به رابطه FOEC به صورت زیر

تعریف می‌شود (زینالی، ۱۳۸۷، ص ۸۵):

مقدار پاسخ اول: $\tilde{y}_i = (l_i, m_i, u_i)$ ، مقدار پاسخ دوم: $\tilde{y}_j = (l_j, m_j, u_j)$ ، مقدار پاسخ k : $\tilde{y}_k = (l_k, m_k, u_k)$ ، بدترین پاسخ اول در کل پاسخ‌های اول n آزمایش: $\tilde{y}_{is} = (l_{is}, m_{is}, u_{is})$ ، بهترین پاسخ اول در کل پاسخ‌های اول n آزمایش: $\tilde{y}_{ib} = (l_{ib}, m_{ib}, u_{ib})$ ، بدترین پاسخ دوم در کل پاسخ‌های دوم n آزمایش: $\tilde{y}_{js} = (l_{js}, m_{js}, u_{js})$ ، بهترین پاسخ دوم در کل پاسخ‌های دوم n آزمایش: $\tilde{y}_{jb} = (l_{jb}, m_{jb}, u_{jb})$ ، بدترین پاسخ k در کل پاسخ‌های k آزمایش: $\tilde{y}_{ks} = (l_{ks}, m_{ks}, u_{ks})$ ، بهترین پاسخ k در کل پاسخ‌های k آزمایش: $\tilde{y}_{kb} = (l_{kb}, m_{kb}, u_{kb})$ ، اهمیت وزنی پاسخ اول: \tilde{W}_i ، اهمیت وزنی پاسخ دوم: \tilde{W}_j ، اهمیت وزنی پاسخ k : \tilde{W}_k

برای یکسان کردن پاسخ‌های متفاوت در صورتی که درصد اهمیت پاسخ در کیفیت «بیشتر، بهتر» بیشتر از

پاسخ هر آزمایش

مقدار متغیر پاسخ آزمایش یک: \tilde{y}_1 ، مقدار متغیر پاسخ آزمایش دو: \tilde{y}_2 ، مقدار متغیر پاسخ آزمایش

\tilde{y}_m : \mathbf{m}

گام دوم: محاسبه مجموع مربعات کل و یک عامل با استفاده از رابطه‌های ۸ و ۹.

• مجموع مربعات کل:

$$\tilde{S}_T = \sum_{i=1}^m \tilde{y}_i^2 - C\tilde{F}$$

$$C\tilde{F} = \frac{T^2}{N} \quad (8)$$

$$\tilde{T} = (\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_m)$$

• مجموع مربعات یک عامل:

$$\tilde{S}_A = \frac{\tilde{A}_1}{N_{A_1}} + \frac{\tilde{A}_2}{N_{A_2}} + \dots + \frac{\tilde{A}_k}{N_{nk}} - C\tilde{F} \quad (9)$$

$$\tilde{S}_e = \tilde{S}_T - (\tilde{S}_A + \tilde{S}_B + \dots + \tilde{S}_n)$$

گام سوم: محاسبه درصد سهم مشارکت با استفاده

از رابطه ۱۰:

$$\tilde{P}_A = \frac{\tilde{S}_A}{\tilde{S}_T} \times 100$$

$$\tilde{P}_B = \frac{\tilde{S}_B}{\tilde{S}_T} \times 100 \quad (10)$$

$$\tilde{P}_n = \frac{\tilde{S}_n}{\tilde{S}_T} \times 100$$

روش پژوهش

نوع پژوهش حاضر از حیث هدف کاربردی است. این پژوهش با رویکرد میدانی - پیمایشی انجام می‌شود. پارکینگ‌های مکانیزه راهکار مناسبی برای افزایش تقاضا برای پارک خودروهاست. به دلیل افزایش تقاضای مربوط به پارکینگ‌های مکانیزه، مدیریت شرکت‌ها در این زمینه سعی در دستیابی به سهم بازار بیشتر دارند. با توجه به اهمیت اولویت‌بندی محصولات و تلاش آنها به منظور سرمایه‌گذاری در محصولات خود برای افزایش سهم بازار فعلی، ابتدا

معیارهای مختلف در زمینه اولویت‌بندی ۵ مورد از محصولات مربوط به پارکینگ‌های مکانیزه شامل چرخ و فلک ۱۲ و ۱۶ تایی، برجی ۳۰ و ۴۰ تایی و آسانسوری ۲ تایی با مرور پیشینه پژوهش و استفاده از نظر خبرگان استخراج شد. در نهایت تعداد ۱۳ معیار، شامل زمان مصرفی برای تولید، ظرفیت تولید، دستمزد کارکنان، هزینه سرمایه‌گذاری، تقاضای مشتری، سهولت بسته‌بندی برای حمل، راحتی نصب، بازار در دسترس، عملکرد، خدمات پس از فروش، کیفیت، توجه اقتصادی و وجهه اجتماعی به عنوان معیارهای مؤثر در زمینه اولویت‌بندی محصولات مربوط به پارکینگ‌های مکانیزه شناسایی شدند. برای جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات پژوهش افزون بر منابع کتابخانه‌ای از پرسشنامه نیز استفاده شده است. در این پژوهش از یک پرسشنامه به منظور تعیین سهم مشارکت هر یک از معیارها و یک پرسشنامه AHP برای اولویت‌بندی محصولات استفاده شده است؛ در پرسشنامه AHP، پنج محصول با در نظر گرفتن ۱۳ معیار مقایسه شده‌اند. پرسشنامه‌ها در اختیار ۴ نفر از خبرگان قرار گرفت. خبرگان انتخاب‌شده از بین مدیران شرکت مورد بررسی انتخاب شده‌اند که جزء مهندسان ارشد و افراد با سابقه سازمان بودند. سوابق آنها مطابق جدول ۱ است. پس از جمع‌آوری اطلاعات با استفاده از روش تاگوچی فازی وزن مربوط به هر معیار تعیین شد. در نهایت با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی پنج محصول مربوط به پارکینگ‌های مکانیزه اولویت‌بندی شدند. با توجه به نتایج حاصل از اولویت‌بندی، مهم‌ترین محصولات مربوط به پارکینگ‌های مکانیزه شناسایی و راهکارهای لازم در زمینه انتخاب محصولات مناسب به مدیران شرکت ارائه شده است. در ادامه مراحل اجرایی پژوهش در

شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول ۴- سوابق خبرگان

| ردیف | سمت | سابقه |
|--------|------------------|-------|
| خبره ۱ | مدیرعامل | ۵ سال |
| خبره ۲ | معاونت فنی | ۵ سال |
| خبره ۳ | مدیر مهندسی | ۴ سال |
| خبره ۴ | مدیر کنترل کیفیت | ۵ سال |

۲- تدوین پرسشنامه مناسب برای محاسبه وزن هر معیار با استفاده از تاکوچی فازی و پرسشنامه FAHP در این بخش برای تدوین پرسشنامه از معیارهای تعریف شده در مرحله قبل استفاده شد. پرسشنامه پژوهش در دو بخش تدوین شد. بخش اول به تعیین اهمیت هر یک از ۱۳ معیار تعیین شده با در نظر گرفتن سود و رضایت مشتری مربوط می‌شود. بخش دوم به مقایسه زوجی هر یک از محصولات شرکت پرداخت. ۳- تعیین خبرگان در صنعت مورد نظر و

جمع‌آوری اطلاعات

به منظور جمع‌آوری اطلاعات، ۴ نفر از افرادی که در شرکت پارکینگ‌های مکانیزه مورد بررسی دارای سابقه، تجربه و تحصیلات مرتبط هستند، انتخاب و پرسشنامه‌های پژوهش در اختیار آنها قرار گرفت.

۴- محاسبه وزن هر معیار با استفاده از روش

تاکوچی فازی

وزن هر معیار با استفاده از سهم مشارکت و رابطه ۱۰ محاسبه شده است.

۵- بررسی سازگاری قضاوت‌های زوجی خبرگان

در ماتریس‌های FAHP با استفاده از روش میخایلوپ در این مرحله مدل میخایلوپ (رابطه ۶ که در بخش شیوه‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها بیان شده است)، برای بررسی سازگاری ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی طراحی و با استفاده از نرم‌افزار LINGO11 حل شد.

۶- محاسبه وزن‌های نهایی محصولات و

اولویت‌بندی آنها

در این مرحله وزن هر یک از محصولات نسبت به هر معیار محاسبه شد. سپس وزن نهایی محصولات از ضرب سهم مشارکت هر معیار (جدول ۷) در وزن



شکل ۱- مراحل اجرایی پژوهش

مراحل اجرایی پژوهش

۱- شناسایی معیارهای مؤثر در زمینه اولویت بندی محصولات

به منظور شناسایی معیارهای مؤثر در زمینه اولویت بندی محصولات، ابتدا مطالعه عمیق و گسترده‌ای روی پیشینه پژوهش این سازه انجام گرفت. در این مطالعه تلاش شد تا معیارهای مناسب از نگاه پژوهشگران مختلف جمع‌آوری و تحلیل شود. این معیارها سپس در اختیار خبرگان قرار گرفت و با استفاده از نظرهای آنها مورد تعدیل واقع شده و معیارهای دیگری اضافه شد.

محصولات نسبت به هر معیار به دست آمده است.

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تعیین وزن معیارهای مؤثر در زمینه اولویت‌بندی محصولات شرکت پارکینگ‌های مکانیزه با استفاده از روش تاگوچی فازی، پرسشنامه‌های مربوط تهیه و بین خبرگان توزیع شده است.

در ادامه گام‌های مربوط به روش تاگوچی فازی مطرح شده است.

گام اول: با توجه به اینکه تعداد معیارهای مؤثر در زمینه اولویت‌بندی محصولات، ۱۳ معیار شامل زمان مصرفی برای تولید، ظرفیت تولید، دستمزد کارکنان، هزینه سرمایه‌گذاری، تقاضای مشتری، سهولت

بسته‌بندی برای حمل، راحتی نصب، بازار در دسترس، عملکرد، خدمات پس از فروش، کیفیت، توجیه اقتصادی و وجهه اجتماعی است و در دو سطح مربوط به رضایت مشتری و سودآوری بررسی قرار می‌شود، برای طراحی آزمایش از ارتوگونال **L16** استفاده شده است. جدول ۵ مقادیر مربوط به ارتوگونال **L16** را با توجه به ۱۳ عامل و دو سطح **Y1** و **Y2** نشان می‌دهد (زینالی، ۱۳۸۷). در این جدول هر یک از سطرها نشان‌دهنده یک آزمایش با ترکیب‌های مختلفی از پارامترها و سطوح آنهاست. همچنین ترتیب هر یک از آزمایش‌ها به صورت تصادفی است (Kamaruddin et al., 2010: p 576).

جدول ۵- ارتوگونال **L16** با دو متغیر پاسخ

| معیارها / آزمایش‌ها | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ... | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | Y1 | Y2 |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ... | ۱ | ۱ | ۱ | * | * |
| ۲ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ... | ۲ | ۲ | ۲ | * | * |
| ۳ | ۱ | ۱ | ۱ | ۲ | ... | ۲ | ۲ | ۲ | * | * |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ۱۴ | ۲ | ۲ | ۱ | ۱ | ... | ۲ | ۲ | ۱ | * | * |
| ۱۵ | ۲ | ۲ | ۱ | ۲ | ... | ۲ | ۲ | ۱ | * | * |
| ۱۶ | ۲ | ۲ | ۱ | ۲ | ... | ۲ | ۱ | ۲ | * | * |

کل و مجموع مربعات هر معیار محاسبه شده است. جدول ۶ این مقادیر را نشان می‌دهد.

گام دوم: محاسبه سهم مشارکت

با استفاده از روابط ۸ و ۹، مقدار مجموع مربعات

جدول ۶- مقدار مجموع مربعات کل و مجموع مربعات هر معیار

| مجموع مربعات | \tilde{S}_7 | \tilde{S}_1 | \tilde{S}_2 | \tilde{S}_{13} |
|--------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| مقدار | (۰/۰۰۷۶) | (۰/۰۰۰۵) | (۰/۰۰۰۲) | (۰/۰۰۰۳۹) |
| | (۰/۰۰۳۶) | (۰/۰۰۰۳) | (۰/۰۰۰۱) | (۰/۰۰۰۲۹) |
| | (۰/۰۰۲۸) | (۰/۰۰۰۲) | (۰/۰۰۰۰۴) | (۰/۰۰۰۲۷) |

بعد از این مرحله سهم مشارکت هریک از معیارها طبق رابطه ۱۰ محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از رابطه ۴ اعداد به حالت قطعی تبدیل شده است. جدول ۷ سهم مشارکت ۱۳ معیار را نشان می‌دهد.

جدول ۷- سهم مشارکت معیارها با استفاده از روش تاگوچی فازی

| معیارها | وجه اجتماعی | توجیه اقتصادی | کیفیت | خدمات پس از فروش | عملکرد | بازار در دسترس | راحتی نصب |
|---------|--------------------------|---------------|--------------------|------------------|-------------|-----------------------|-----------|
| وزنها | ۰/۰۸۸ | ۰/۰۳ | ۰/۱۷۳ | ۰/۱۵۵ | ۰/۰۳۵ | ۰/۰۷۷ | ۰/۰۲۴ |
| معیارها | سهولت بسته‌بندی برای حمل | تقاضای مشتری | هزینه سرمایه‌گذاری | دستمزد کارکنان | ظرفیت تولید | زمان مصرفی برای تولید | |
| وزنها | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۶۴ | ۰/۱۱۸ | ۰/۰۸۹ | ۰/۰۷۷ | ۰/۰۰۹ | |

وزن میزان خطا: ۰/۰۳۷

در مرحله بعد با توجه به وزن‌های به دست آمده برای ۱۳ معیار از طریق روش تاگوچی فازی، با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی ۵ مورد از محصولات شرکت پارکینگ‌های مکانیزه شامل چرخ و فلک ۱۲ و ۱۶ تایی، برجی ۳۰ و ۴۰ تایی و آسانسوری ۲ تایی اولویت‌بندی شدند. در ادامه گام‌های مربوط به روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی بیان شده است.

| | | | | | | |
|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| $\lambda_1 = 0.15$ | $\lambda_2 = 0.15$ | $\lambda_3 = 0.5$ | $\lambda_4 = 0.75$ | $\lambda_5 = 0.1$ | $\lambda_6 = 0.42$ | $\lambda_7 = 0.45$ |
| $\lambda_8 = 0.45$ | $\lambda_9 = 1$ | $\lambda_{10} = 0.22$ | $\lambda_{11} = 0.64$ | $\lambda_{12} = 0.21$ | $\lambda_{13} = 0.48$ | |

نشان داده شده است.

جدول ۸- وزن‌های نهایی محصولات

| محصولات | چرخ و فلک ۱۲ تایی | چرخ و فلک ۱۶ تایی | برجی ۳۰ تایی | برجی ۴۰ تایی | آسانسوری دوتایی |
|---------|-------------------|-------------------|--------------|--------------|-----------------|
| وزنها | ۰/۱۱۴ | ۰/۱۶۵ | ۰/۲۳۱ | ۰/۲۵۴ | ۰/۱۹۴ |

در گام آخر با توجه به وزن‌های به دست آمده در

مقادیر به دست آمده نشان‌دهنده سازگاری

ماتریس‌های قضاوت زوجی است.

گام سوم: در این گام وزن هریک از محصولات نسبت به هر معیار محاسبه شد. سپس وزن نهایی محصولات از ضرب سهم مشارکت هر معیار (جدول ۷) در وزن محصولات نسبت به هر معیار به دست آمد. مقادیر مربوط به وزن نهایی محصولات در جدول ۸

روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، اولویت هر یک از محصولات شرکت پارکینگ‌های مکانیزه در جدول ۹ نشان داده شده است.

جدول ۹- اولویت‌بندی محصولات

| محصولات | برجی ۴۰ تایی | برجی ۳۰ تایی | آسانسوری دوتایی | چرخ و فلک ۱۶ تایی | چرخ و فلک ۱۲ تایی |
|---------|--------------|--------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| اولویت | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ |

با توجه به نتایج به دست آمده محصولات برجی ۳۰ و ۴۰ تایی و آسانسوری دوتایی به ترتیب حایز رتبه اول تا سوم شده‌اند.

بحث و نتیجه‌گیری

تجارب دیگر کشورها و پیشرفت فناوری نشان می‌دهد که با تمهیدات بسیاری از مشکلات ناشی از توقف اتومبیل‌ها و آلودگی محیط‌زیست کاهش می‌یابد. بنابراین لازم است روش‌های مدرن تأمین پارکینگ‌های خصوصی در تجربیات سایر کشورها بررسی و در صورت امکان در کلان‌شهرها نیز به کار برده شود. در این میان یکی از روش‌های تأمین پارکینگ اختصاصی، استفاده از پارکینگ‌های مکانیزه در سطح محلات یا واحدهای مسکونی است که امروزه در دنیا رایج است (Hassan et al., 2012: p 3).

پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه پارکینگ‌های مکانیزه، تنها انواع محصولات مربوط به پارکینگ‌های مکانیزه را معرفی می‌کند و در آنها به مناسب‌بودن محصولات برای نصب از نظر مشتری پرداخته نشده است (Azadi & Tahrkhani, 2012; Bekker & Viviers, 2008; Kumar et al., 2012). در زمینه اولویت‌بندی محصولات، پژوهش‌های انجام‌شده به

تلفیق شیوه‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با استفاده از تابع زیان تاگوچی و آرایه‌های متعامد تاگوچی پرداختند (Liao, 2010: p 574; Kou, 2008: p 44)؛ در حالی که در این پژوهش انواع پارکینگ‌های مکانیزه با در نظر گرفتن معیارهای مختلف اولویت‌بندی شدند و برای نخستین بار از روش تاگوچی فازی به‌منظور در نظر گرفتن ابهام مربوط به نظرهای خبرگان استفاده شد که موجب دقت بیشتر در چارچوب اندازه‌گیری داده‌های این پژوهش شده است. تاگوچی بر خلاف بسیاری از شیوه‌های دیگر، برهم‌کنش معیارها به صورت غیرخطی را نیز لحاظ می‌کند. سپس با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، محصولات شرکت اتوپارکینگ دیبا ابنیه بارثاوا بهاران که زمینه فعالیت آن ساخت انواع پارکینگ‌های اتوماتیک است، اولویت‌بندی شدند.

نتایج حاصل از محاسبه سهم مشارکت در روش تاگوچی فازی نشان داد که از بین معیارهای مؤثر بر اولویت‌بندی محصولات، معیار کیفیت، سهم بیشتری را در متغیرهای پاسخ سود و رضایت مشتری شرکت ایفا می‌کند. همچنین معیار هزینه سرمایه‌گذاری نیز سهم بیشتری را به خود اختصاص داده است. علت این امر اهمیت بالای کیفیت در ایجاد رضایت مشتری و نقش هزینه‌های سرمایه‌گذاری در میزان سودآوری شرکت است. با ایجاد ماتریس مقایسات زوجی محصولات نسبت به هر یک از معیارها در روش تاگوچی فازی و از طریق روش FAHP نرخ سازگاری هر یک از ماتریس‌ها و اهمیت وزنی محصولات نسبت به هر معیار محاسبه شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که از لحاظ کیفیت، همه محصولات به یک اندازه برای شرکت اهمیت دارد. انواع پارکینگ‌های

استفاده شود.

پی‌نوشت‌ها

1. Fuzzy Analytical hierarchy Process
2. Multiple Criteria Decision Making
3. Design of Experiment

منابع

اصدقی، فائزه و زینالپور تبریزی، زینب و مولوی، محمد امیر و عظیمی جاهد، آیدین، (۱۳۸۴). کنترل هوشمند سیستم جامع پارکینگ با استفاده از ریزناظرهای AVR، هشتمین کنفرانس مهندسی برق.

زینالی، الهام، (۱۳۸۷). طراحی آزمایش به روش تاگوچی با استفاده از نرم‌افزار Qualitek، شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی: تهران. ۱-۱۷۸.

سیدحسینی، سیدمحمد و خدپور، مریم، (۱۳۹۰). مدل ارزیابی فنی اقتصادی انتخاب سطح مکانیزاسیون پارکینگ در مناطق شهری، یازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک.

رضوانی، حمیدرضا و مهدی‌پور حسین‌آباد، صفورا، (۱۳۸۸). کاربرد فنون MADM فازی برای اولویت‌بندی محصولات تولیدی کارخانه چینی مقصود مشهد، چشم‌انداز مدیریت، شماره ۳۱، (۱۹۶-۱۷۹).

Antony, J. (2003). Design of Experiments for Engineers and Scientists, Elsevier Science & Technology Books.

Azadi, SH. And Taherkhani, Z. (2012). Autonomous Parallel Parking of a Car Based on Parking Space Detection and Fuzzy Controller, International Journal of Automotive Engineering, vol. 2, No 1: 30-37.

Baharudin, B.T.H.T., Ibrahim, M.R., Ismail, N., Leman, Z., Ariffin, M.K.A. and Majid, D.L. (2012). Experimental Investigation of HSS Face Milling to AL6061 using Taguchi Method", Procedia Engineering, Vol. 50: 933-941.

Bekker, J. and Viviers, L. (2008). Using computer simulation to determine operations policies for

برجی نسبت به پارکینگ‌های چرخ و فلک و آسانسوری دوتایی، هزینه سرمایه‌گذاری بیشتری را می‌طلبد و توجیه اقتصادی بیشتری برای سازمان دارند. البته پارکینگ آسانسوری دوتایی نسبت به پارکینگ‌های چرخ و فلک از توجیه اقتصادی بیشتری نیز برخوردار است. همچنین انواع پارکینگ‌های برجی نسبت به آسانسوری دوتایی و چرخ و فلک‌ها از تقاضای بیشتری برخوردار هستند. نتایج نهایی نشان می‌دهد (جدول ۸) که انواع پارکینگ‌های چرخ و فلک برای شرکت از اولویت‌های پایین‌تری برخوردار است که مهمترین دلیل این امر را می‌توان مربوط به تقاضای کمتر این نوع پارکینگ‌ها نسبت به سایر انواع پارکینگ‌های دیگر عنوان کرد. از بین پارکینگ‌های چرخ و فلکی، چرخ و فلک ۱۲ تایی تقاضای کمتری نسبت به چرخ و فلک ۱۶ تایی دارد. در انتها پیشنهاد می‌شود، در صورتی که شرکت سفارش‌های مختلفی از انواع پارکینگ‌ها دارد و برای تحویل به موقع پارکینگ‌های سفارشی با کمبود منابع روبه‌روست، می‌تواند ابتدا سفارش مربوط به پارکینگ‌هایی با اولویت بالاتر را انجام دهد.

در پژوهش‌های آتی می‌توان با استفاده از تحلیل واریانس (ANOVA) روش تاگوچی علاوه بر محاسبه سهم مشارکت معیارها، تأثیرات معیارها را نیز بررسی کرد. همچنین می‌توان از ترکیب روش تاگوچی فازی با سایر شیوه‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای اولویت‌بندی محصولات استفاده کرد. پیشنهاد می‌شود به منظور تعیین بهترین رویه کنترل عملیات طی دوره زمانی مشخص در پاسخ به تقاضای مشتریان برای استفاده از پارکینگ‌های مکانیزه و افزایش کارایی آنها از شیوه شبکه‌های عصبی مصنوعی

- (2010). Application of Taguchi Method in the Optimization of Injection Moulding Parameters for Manufacturing Products from Plastic Blend, IACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol. 2, No. 6: 574-580.
- Kesteren, I.V. (2010). A user-centred materials selection approach, By Ilse VAN KESTEREN, Vol. 27, No. 2: 321-338.
- Kok, A.G., Fisher, M.L., and Vaidyanathan, R. (2006). Assortment Planning: Review of Literature and Industry Practice, Retail Supply Chain Management International Series in Operations Research & Management Science, Vol. 122: 99-153.
- Kumar, S., Deepa, V., and Masillamani, R. (2012). Automated car parking system, IEEE 16th International Symposium: 1-4.
- Kuo, Y., Yang, T., Cho, C., and Tseng, Y-C. (2008). Using simulation and multi-criteria methods to provide robust solutions to dispatching problems in a flow shop with multiple processors, Mathematics and Computers in Simulation, Vol. 78: 40° 56.
- Langerak, F., Hultink, E., and Robben, H. (2004). The Impact of Market Orientation, Product Advantage, and Launch Proficiency on New Product Performance and Organizational Performance, Journal of Product Innovation Management, Vol. 21: 79-94.
- Leung, K., and Leung, H. (2002). On the efficiency of domain-based COTS product selection method, Information and Software Technology, Vol. 44: 703° 715.
- Liao, C-N., and Kao, H-P. (2010). Supplier selection model using Taguchi loss function, analytical hierarchy process and multi-choice goal programming, Computers & Industrial Engineering, Vol. 58: 571° 577.
- Lyu, S-R., Wu, W.T., Hou, C.C., and Hsieh, W-H. (2010). Study of cryopreservation of particular chondrocytes using the Taguchi method, Cryobiology, Vol. 60: 165° 176.
- Magdalena, R. (2012). Supplier Selection for Food Industry: A Combination of Taguchi Loss Function and Fuzzy Analytical Hierarchy Process, The Asian Journal of Technology Management, Vol. 5, No. 1: 13-22.
- Mikhailov, L. (2003). Deriving Priorities from fuzzy pair wise comparison judgments, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 134: 365-385.
- Mustofa, K. (2011). Effect of after sale services on a mechanized car park, Simulation Modelling Practice and Theory, Vol. 16: 613° 625.
- Bhattacharya, A., Geraghty, J. and Young, P. (2010). Supplier selection paradigm: An integrated hierarchical QFD methodology under multiple-criteria environment, Applied Soft Computing, Vol. 10: 1013° 1027.
- Carpinetti, L.C.R. and Martins, R.A. (2001). Continuous Improvement Strategies and Production Competitive Criteria: some Findings in Brazilian Industries, Vol. 12, NO. 3: 281-291.
- Cengiz, E. (2010). Measuring Customer Satisfaction: Must or Not?, Journal of Naval Science and Engineering, Vol. 6, No. 2: 76-88.
- Chai, K-H. and Ding, Y. (2009). Quality and Customer Satisfaction Spillovers in the Mobile Phone Industry, Quality and Customer Satisfaction Spillovers in the Mobile Phone Industry Service Science, Vol. 1, No. 2: 93-106.
- Chang, D.Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, European Journal of Operational Research, Vol. 95: 649-655.
- Clerides, S. (1999). Product Selection as Price Discrimination in the Market for Books, University of Cyprus.
- Conklin, M., Poeaga, K. and Lipovetsky, S. (2004). Customer Satisfaction Analysis: Identification of Key Drivers, European Journal of Operational Research, Vol. 154/3: 819-827.
- Creusen, M., and Schoormans, J. (2005). The Different Roles of Product Appearance in Consumer Choice, Journal of Product Innovation Management, Vol. 22: 63° 81.
- Eraslan, E. (2011). the Estimation of Product Standard Time by Artificial Neural Networks in the Molding Industry, Mathematical Problems in Engineering, Vol. 2009: 1-12.
- Hassan, K., Rahman, M., Zohra, F., Saib Hossain, M. and Hassan, R.M.M. (2012). Multi-Level Automatic Car Parking With IR Card Security System, International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol. 3: 1-5.
- Jonke, R. (2012). Managing After-Sales Services: Strategies and Interfirm Relationships, A dissertation submitted to ETH ZURICH for the degree of Doctor of Sciences, Germany.
- Kamaruddin, S., Zahid A.K., and Fong, S.H.

customer satisfaction and loyalty in automotive industry of Ethiopia, Addis Ababa University, college of management, information and economics science master of business administration program.

Nilsson, L., Johnson, M., and Gustafsson, A. (2001). The impact of quality practices on customer satisfaction and business results: product versus service organizations, *Journal of Quality Management*, Vol. 6: 5° 27.

Richard, B. (2001). Automated parking: status in the United States advantages and criteria, *World Parking Symposium III ST. ANDREWS*, Scotland.

Rostamzadeh, R. and S., Sofian (2011). Prioritizing effective 7Ms to improve production systems performance using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS (case study), *Expert Systems with Applications*, Vol. 38: 5166-5177.

Sadeghi, S.H., Moosavi, V., Karami, A., and Behnia, N. (2012). Soil erosion assessment and prioritization of affecting factors at plot scale using the Taguchi method, *Journal of Hydrology*, Vol. 448° 449: 174° 180.

Su, R.H. and Pearn, W.L. (2011). Product selection for newsboy-type products with normal demands and unequal costs, *International Journal Production Economics*, Vol. 132: 214° 222.

Tang, C. and Yin, R. (2010). The implications of costs, capacity, and competition on product line selection, *European Journal of Operational Research*, Vol. 200: 439° 450.

Tseng, M-L. (2011). Green supply chain management with linguistic preferences and incomplete information, *Applied Soft Computing*, Vol. 11: 4894° 4903.

Utkin, L.V. (2009). Multi-Criteria decision making with a special type of information about importance of groups of criteria, *6th International Symposium on Imprecise Probability: Theories and Applications*.

Wang, Y.M. and T.M.S., Elhang (2006). On the normalization of internal and fuzzy weights, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 157: 2456-2471.

Zheng, G., Zhu, N., Tian, Z., Chen, Y., and Sun, B. (2012). Application of a trapezoidal fuzzy AHP method for work safety evaluation and early warning rating of hot and humid environments, *Safety Science*, Vol. 50: 228° 239.