**«مدیریت بهره وری»**
سال هشتم _ شماره ۳۲_ بهار ۱۳۹۴
ص ص ۶۷ – ۳۷
تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۰۲/۰۲
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۹۳/۰۶/۲۲

# ارائه یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه مبتنی بر محاسبه مساحت چند-ضلعی‌ها برای رتبه‌بندی مدلهای مختلف استقرار

دکتر مرتضی هنرمند عظیمی[۱*]
دکتر هوشنگ تقی‌زاده[۲]

**چکیده**

مساله طراحی استقرار تسهیلات، نظیر استقرار ماشین‌آلات، بخش‌ها، ایستگاه‌های کاری و... در کنار هم، به نحوی است که تولیدکنندگان با در نظر گرفتن مجموعه اهداف، قیود و سایر شرایط بتوانند محصولات و خدمات را در حداکثر بهره‌وری و سودآوری عرضه کنند. مساله طراحی استقرار و چیدمان تسهیلات معمولاً یک مسأله چند شاخصه است که علاوه بر شاخص‌های کمی، شاخص‌های کیفی نیز بر آن تأثیرگذار هستند. در این مقاله یک رویکرد تصمیم‌گیری چند شاخصه مبتنی بر محاسبه مساحت چندضلعی‌ها بر روی نمودار رادار، جهت رتبه‌بندی الگوهای طراحی استقرار در حضور هر دو گروه شاخص، پیشنهاد می‌شود. به منظور نشان دادن جنبهء کاربردی این روش و اطمینان از نتایج به دست آمده، همبستگی رتبه‌ایی اسپیرمن بین رتبه‌های حاصل از روش با سایر روشهای پرکاربرد و مطرح تصمیم‌گیری چند شاخصه در یک مثال محاسبه شده است. نتایج به دست آمده از بررسی، نشان می‌دهد که: بین رتبه‌های حاصل از روش مساحت چندضلعی‌ها، جهت انتخاب چیدمان مناسب، با سایر روشهای پرکاربرد تصمیم‌گیری چند شاخصه همبستگی بالایی وجود دارد و می‌توان این روش تصمیم‌گیری چند شاخصه را برای انتخاب استقرار مناسب و سایر مسائل محیط‌های صنعتی پیشنهاد کرد.

**واژه های کلیدی:**استقرار تسهیلات، تصمیم‌گیری چند شاخصه، تصمیم‌گیری با روش مساحت چندضلعی‌ها

---

[۱]– عضو هیأت علمی گروه مدیریت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران (نویسنده مسئول)
honarmand@iaut.ac.ir
[۲]– دانشیار گروه مدیریت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز،ایرانTaghizadeh@iaut.ac.ir

## مقدمه

منظور از چیدمان[1] یا طراحی استقرار تسهیلات[2]، چگونگی کنار هم قرار گرفتن ماشین‌آلات و ایستگاه‌های تولید، دفاتر و بخش‌های مختلف تولیدی و خدماتی در سازمان‌هاست. چیدمان مناسب تأثیر مستقیمی بر کارآیی فعالیت‌های سازمان دارد و همچنین بر سرعت تولید محصول یا ارائه خدمت و سرعت پاسخ به تغییرات در محصول یا خدمت مؤثر است (متقی،۱۳۸۶، ۱۳۹)؛ به عبارت دیگرمسأله استقرار عبارت است از: انتخاب مؤثرترین نحوه چینش و هماهنگی تجهیزات یک واحد تولیدی به طوری که حداکثر کارایی از تلفیق منابع لازم (ماشین‌آلات، مواد و نیروی انسانی) برای عملیات تولیدی ممکن شود.

تعیین مکان تمامی بخش‌ها، تسهیلات مورد نیاز برای تولید یک محصول یا خدمت، به طریقی است که هزینه‌های حمل و نقل بین بخش‌ها و تجهیزات به حداقل برسند. طراحی بهینه استقرار، آثار فراوانی بر بهره‌وری و سودآوری دارد و هزینه‌های حمل و نقل را کاهش می‌دهد؛ هزینه فعالیت‌های مربوط به انتقال مواد به‌طور متوسط،- ۲۰ تا ۵۰ درصد کل بودجه عملیاتی یک شرکت را تشکیل می‌دهد و با یک برنامه‌ریزی استقرار مناسب می‌توان ۱۰ تا۲۰ درصد از این هزینه‌ها را کاهش داد(تام کینز و همکاران، ۱۳۸۵، ۸)؛ لذا اگر تسهیلات به مناسب‌ترین شکل چیده شوند کارخانه ها می‌توانند هزینه‌های تولید محصولات را کاهش دهند و موقعیت رقابتی خود را بهبود بخشند. بسیاری از مشکلات واحدهای تولیدی، مانند زمان طولانی فرآیند تولید، وجود گلوگاه‌ها در واحد تولیدی و نارضایتی کارکنان و... با طراحی مجدد واحدهای تولیدی و چیدمان تجهیزات قابل رفع می‌باشند. مسلما جا به جایی و ایجاد تغییرات در چیدمان فضاها و تجهیزات بر روی کاغذ به مراتب ساده‌تر و کم هزینه‌تر از انتقال و جابه جایی واقعی آنها است. به همین دلیل محققان در جریان این مسائل، به دنبال یافتن الگوریتم‌ها و روش‌های تصمیم‌گیری هستند که در عین حال که به جواب خوبی در مورد نحوه چیدمان تجهیزات و واحدها می‌رسند؛ قابل اجرا در محیط عملیاتی بوده و با شرایط محیط کار سازگار باشند(طلوعی و مجریان، ۱۳۸۹، ۸۲).

---

[1]- Layout
[2]- Facility layout problem

روش و رویکردهای مورد استفاده برای حل مسائل چیدمان را می‌توان به روش‌های بهینه‌سازی، روشهای تقریبی و روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره تقسیم نمود.

مسائل بهینه سازی، شامل تخصیص تسهیلات یا بخش‌ها به فضاهای موجود، با توجه به یک هدف یا چندین هدف و با در نظر گرفتن تعدادی محدودیت است. مدلهای ارائه شده در این نوع مسائل در حالت کلی به صورت کمینه کردن یک تابع هدف به صورت ترکیب چندین هزینه شامل هزینه‌های ثابت و متغیر انتقال مواد می‌باشد و با اضافه کردن محدویتهایی نظیر محدودیت بودجه، زمان در دسترس تسهیلات و تجهیزات انتقال مواد و ... یک برنامه‌ریزی غیر خطی را پیشنهاد کرده و با استفاده از نرم افزارهای موجود در این حوزه، جواب بهینه را به دست می‌آورند( نویدی و مسی بید گلی، ۱۳۸۹، ۳-۱۴).

ساده‌ترین نوع این قبیل مسایل نخستین بار توسط کوپمنز و بکمن[1] در سال ۱۹۵۷ ارائه شد که در آن مسأله طراحی چیدمان تسهیلات شامل تخصیص تسهیلات به مکان‌ها با هدف کمینه‌سازی هزینه کل جابجایی مواد است(ارتای، روان و توزکایا[2]، ۲۰۰۶، ۲۳۷-۲۶۲).

رویکردهای تقریبی را به طور کلی می‌توان به دو گروه ابتکاری و فوق ابتکاری تقسیم‌بندی نمود. رویکردهای ابتکاری خود به دو دسته رویکردهای رویه‌ای و الگوریتمی تقسیم می‌شوند: از رویکردهای رویه‌ای می‌توان به روش میوتر[3] اشاره کرد که مسأله طراحی چیدمان تسهیلات را به صورت یک مسأله برنامه‌ریزی سیستماتیک استقرار[4] در سه مرحله‌ی متوالی تجزیه و تحلیل، تجسس و انتخاب اعمال می‌کند که هر یک از این مراحل خود شامل زیر مراحلی است که توسط طراح در فرایند طراحی مدنظر قرار می‌گیرند. به نظر یانگ و کیو، ذهنی بودن این مراحل توسط طراح و فقدان چارچوب علمی دقیق، این رویکرد را ناکارآمد ساخته است( یانگ و کیو[5]، ۲۰۰۳، ۱۳۶- ۱۲۳).

---

1- Koopmans and Beckman
2- Ertay, Ruan & Tuzkaya(2006)
3- Muther,1973
4- Systematic Layout Planning(SLP)
5- Yang & Kuo

از رویکردهای الگوریتمی می‌توان به روشهای ساخت نمودار روابط برای چیدمان جدید، روش تعویض جفتی برای بهبود چیدمان و روش گراف اشاره نمود (سیدحسینی و صفا کیش، ۱۳۸۶، ۱۴۷).

رویکردهای الگوریتمی کامپیوتری نیز از این دسته رویکردها بوده و به دو گروه سازنده و بهبود دهنده تقسیم می‌شوند؛ رویکردهای الگوریتمی سازنده، مانند الدپ[۱]، کورلپ[۲]و الگوریتمی بهبود دهنده مانندکرافت[۳] ، کوفد[۴] و پلنت[۵] از جمله این رویکردها هستند.

آخرین گروه از رویکردها برای چیدمان تسهیلات شامل استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به تنهایی، یا گاهی ترکیب آنها با سایر رویکردها مانند تحلیل پوششی داده‌ها، الگوریتم ژنتیک است. در این مقاله مسأله چیدمان با استفاده از تصمیم‌گیریهای چند شاخصه که شاخه‌ایی از تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد مورد بررسی قرار گرفته است. تحقیقات زیر نمونه‌ایی از این نوع رویکرد است:

کمبرون و همکاران(۱۹۹۱) برای حل مسأله طراحی چیدمان ابتدا با استفاده ترکیبی از روشهای دستی و الگوریتم‌های کورلپ و الدپ به ایجاد شش طرح چیدمان پرداخته، سپس از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ای اچ پی[۶] جهت انتخاب طرح چیدمان مناسب‌تر استفاده کردند. شاخصه‌های در نظر گرفته شده شامل حرکت کارآمد مواد، حرکت کارآمد پرسنل، سهولت گسترش، بکارگیری و پیکربندی خوب فضا، سازگاری با فرآیند و تغییرات تجهیزات، نظارت مؤثر، امنیت، ضمانت، زیبایی‌گرایی و کنترل مناسب صدا بوده است(کمبرون[۷] و همکاران،۱۹۹۱، ۲۲۹-۲۲۱).

رائوت و راکشیت[۸] یک روش طراحی چیدمان را بر مبنای تئوری مجموعه‌های فازی ارائه کردند. در این تحقیق از متغیر زبانی(کلامی یا کیفی) برای معرفی معیارهای مختلف کیفی استقرار، استفاده شده است سپس این معیارها مبنای تعیین روابط و

---

[1] - Automated Layout Design Program(ALDEP)

[2] - Computerized Relationship Layout Planning(COROLAP

[3]- Computerized Relative Allocation of Facilities Techniques(CRAFT )

[4] - Computerized Facility Aided Design(COFAD)

[5]- Programming Layout Analysis and Evaluation Technique(PLANET)

[6]- Analytical Hierarchy Approach(AHP)

[7]- Cambron et al.

[8]- Raoot and Rakshit(1991)

نزدیکی میان دپارتمانها قرار داده شده است. ماتریس ارتباطات و نزدیکی بین بخشها که با استفاده از این روش به دست آمده؛ به عنوان ماتریس تصمیم ایجاد یک طرح برای چیدمان کارخانه استفاده شده است(رائوت و راکشیت، ۱۹۹۱، ۸۵۷–۸۳۵).

پرتوی و برتون[1] (۱۹۹۲) برای مسأله طراحی چیدمان از روش ای اچ پی استفاده کردند. آنها با استفاده از توسعه یک برنامه کامپیوتری بر پایه ای اچ پی و یک زیر برنامه برای ارائه طرح مکان بخشها، به طراحی چیدمان پرداختند. کررای و همکاران[2] (۲۰۰۰) روش یکپارچه‌ای را با استفاده از تئوری مجموعه فازی و الگوریتم‌های ژنتیکی به منظور بررسی چیدمان تأسیسات موقتی نسبت به سازه‌های طراحی‌شده در یک سایت ساختمانی ارائه نموده‌اند؛ این روش بر اساس امتیاز نزدیکی میان هر زوج از تأسیسات در یک سایت با استفاده از روش فازی بنا شده است. یانگ و کو[3] (۲۰۰۳) نیز یک رویکرد سلسله‌مراتبی از نوع ای اچ پی و تحلیل پوششی داده‌ها [4] را به منظور حل مسأله انتخاب نحوه طراحی چیدمان کارگاه ارائه نموده‌اند.

ارتای، روان و توزکایا[5] (۲۰۰۶) برای ارزیابی طرحهای چیدمان از یک روش تصمیم‌گیری بر اساس روش تحلیل پوششی داده‌ها که معیارهای کمی و کیفی را به صورت همزمان در نظر می‌گیرد؛ استفاده کردند. آنها از یک نرم افزار کامپیوتری برای ایجاد پیشنهادهای طراحی و جمع آوری داده‌های کمی استفاده کردند و روش ای اچ پی را برای جمع آوری داده‌های کیفی به کار گرفتند. معیارهای در نظر گرفته شده توسط آنها، برای ارزیابی چیدمانها، شامل معیارهای کمی مسافت– جریان، هزینه جابجایی، امتیاز مجاورت دیفازی شده، به کارگیری وسایل جابجایی مواد و نسبت شکل و معیارهای کیفی انعطاف‌پذیری و کیفیت بودند.

آیاللو، اینئا و گالانته[6](۲۰۰۶) یک روش چند هدفه برای حل مسأله طراحی چیدمان به کار گرفتند. به این صورت که آنها در گام اول گزینه‌هایی برای استقرار با استفاده از الگوریتم ژنتیک تعیین کردند و در گام بعد جهت انتخاب گزینه بهینه از روش

---

[1]- Partovi & Burton(1992)
[2]- Karray et al (2000)
[3]- Yang and Kuo(2003)
[4]- Data Envelopment Analysis(DEA)
[5]- Ertay, Ruan & Tuzkaya(2006)
[6]- Aiello, Enea & Galante (2006)

تصمیم‌گیری چند شاخصه الکتره[۱] استفاده کردند. شاخصه‌های در نظر گرفته شده توسط آنها، برای ارزیابی چیدمانها، شامل شاخصه‌های کمی هزینه جابجایی و نسبت ابعاد و شاخصه‌های کیفی، مجاورت و فاصله بین بخشها بود.

در مطالعه‌ای که یانگ و هوانگ[۲](۲۰۰۷) انجام داده‌اند از روشهای تصمیم‌گیری چند شاخصه تاپسیس[۳] و تاپسیس فازی[۴] ، جهت انتخاب طرح چیدمان مناسب استفاده نمودند. آنها در یک تحقیق تجربی با استفاده از نرم افزار اسپیرال[۵] هجده طرح چیدمان پیشنهادی ایجاد کرده و شش شاخصه برای شاخصه‌های کیفی و کمی استقرار معرفی کردند. در مطالعه دیگری کیو و همکاران[۶] (۲۰۰۸)، برای حل مسأله انتخاب بین طرحهای چیدمان پیشنهادی، از روش جی آر ای[۷] به عنوان یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه استفاده نمودند. در یک تحقیق تجربی طرحهای چیدمان پیشنهادی به همراه شش معیار عملکرد در نظر گرفته شدند. مقایسه نتایج نشان داد که در حل مسأله انتخاب استقرار مناسب این روش به عنوان یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه مؤثر بوده است. رائو و سینگ[۸](۲۰۱۰) یک رویکرد وزنی مبتنی بر فاصله اقلیدسی را به عنوان روش تصمیم‌گیری بر مبنای معیارهای چندگانه جهت طراحی چیدمان ارائه نموده‌اند.

محققینی به نام‌های مانیا و بات[۹] (۲۰۱۱) از روش پی اس آی[۱۰] به منظور حل مسأله انتخاب نحوه طراحی چیدمان استفاده کردند و مقایسه‌ای میان نتایج این تحقیق با تحقیقات پیشین را ارائه نمودند. البته، وزن ویژگی‌های مورد توجه این محققان به طور کامل با ویژگی‌های مورد استفاده توسط سایر محققان متفاوت بوده است و از این رو مقایسه میان رتبه و رده‌بندی روش‌های مختلف در این تحقیق دارای معنی خاصی نمی‌باشد. به‌علاوه، این روش دارای اعتبار ریاضی کافی نمی‌باشد و هیچ گونه مراحل مجزایی برای تبدیل ویژگی‌های کیفی به ویژگی‌های کمی در آن بیان نشده‌اند.

---

[1]- ELECTRE
[2]- Yang &hung (2007)
[3]-TOPSIS
[4]-FUZZY TOPSIS
[5]- Spiral
[6]- Kuo et al. (2008)
[7] - Gray Relational Analysis(GRA)
[8]- Rao & Singh (2010)
[9]- Maniya and Bhatt (2011)
[10] -Preference Selection Index(PSI)

وینچه و قاسمی (۱۳۸۸) در مقاله‌ایی تحت عنوان یک مدل بهینه سازی وزین غیر خطی جهت رتبه‌بندی مدل‌های مختلف چیدمان در مسأله طراحی چیدمان تسهیلات، از رویکرد ای اچ پی جهت تعیین مقادیر عملکردی معیارهای کیفی استفاده کردند. یک نرم افزار تجاری را جهت ایجاد الگوهای چیدمان و همچنین جهت ایجاد مقادیر عملکردی کمی به کار برده و در نهایت از یک مدل بهینه سازی وزین غیر خطی جهت رتبه‌بندی الگوهای طراحی چیدمان در حضور هر دو گروه معیار کمی و کیفی و با در نظر گرفتن ترتیب رتبه‌بندی معیارها بر اساس دیدگاه کارشناسان طراحی، استفاده کرده‌اند. برای نشان دادن جنبه کاربردی مدل، در یک مطالعه موردی واقعی، آن رااجرا، نتایج به دست آمده از رتبه‌بندی را ارایه نموده‌اند( هادی وینچه و قاسمی، ۱۳۸۸، ۵۱-۶۰).

نویدی و مسی بید گلی(۱۳۸۹) در مقاله ای باعنوان مدل سازی مسأله چیدمان تسهیلات در شرایط تعاملی با استفاده از نظریه بازی‌ها یک مدل بازی پیشنهاد کرده‌اند که طراحی چیدمان در بازارهای چند جانبه با مطالعه اثر تصمیمات اتخاذ شده از سوی طراح سیستم انتقال مواد را ممکن می‌سازد. آنها با حل یک نمونه عددی و مقایسه نتایج حاصل از بازی پیشنهادی با مدلهای موجود، نتیجه گرفته‌اند که استفاده از ترکیب خطی توابع هزینه تصمیم گیرندگان در شرایط تصمیم‌گیری گروهی، لزوما به جواب بهینه شدنی منجر نمی‌شود و در چنین شرایطی نظریه بازی‌ها می تواند ابزار موثری باشد ( نویدی و مسی بید گلی، ۱۳۸۹، ۱۳-۲). حسینی نسب وهمکاران(۱۳۹۰) در تحقیقی با عنوان ارائه یک الگوریتم هوشمند ترکیبی جهت حل مسأله چیدمان پویای تسهیلات با اطلاعات جریان فازی مسأله چیدمان را در شرایط ابهام در جریان اطلاعات مورد مطالعه قرار داده‌اند. در این راستا حجم تقاضای محصولات( به تبع آن حجم جریان مواد) در قالب اعداد فازی، با تابع عضویت متفاوت، تعریف شده‌اند. مدل سازی مسأله در قالب اعداد فازی و سه مدل ارزش انتظاری، برنامه ریزی با قید احتمالی و برنامه‌ریزی بر مبنای شانس صورت گرفته است و برای حل مدل یک الگوریتم هوشمند ترکیبی ارائه کرده‌اند(حسینی نسب وهمکاران ۱۳۹۰، ۳۰۴-۳۰۷). در تحقیقی که توسط پویا، طبری و سیبویه(۱۳۹۱) انجام گرفت با استفاده از روش تصمیم گیری چند شاخصه پرومته[1] به ارزیابی چیدمانهای هشت گانه ارائه شده توسط نرم افزار استقرار پرداختند. آنها با تعیین وزنهای شاخصه‌های هزینه جابجایی، جریان مواد، استفاده مشترک از نیروی انسانی،

[1] -PROMETHEE

ارتباط محیطی و انعطاف‌پذیری و با تشکیل ماتریس تصمیم به دست آمده از قضاوت تصمیم‌گیرنده به انتخاب استقرار مناسب پرادختند ( پویا، طبری و سیبویه، ۱۳۹۱، ۱۳۱–۱۲۰).

هدف از این مقاله ارائه یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه مبتنی بر محاسبه مساحت چندضلعی‌ها برای رتبه‌بندی مدلهای مختلف استقرار می‌باشد.برای تحقق این هدف در بخش ابزار و روش به روشهای چند شاخصه پرکاربرد در مسائل تصمیم‌گیری اشاره و این روش‌ها و روش مساحت چندضلعی‌ها توضیح داده شد؛ سپس یک مثال کاربردی برای رتبه‌بندی گزینه‌های طراحی شده از روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره بررسی گردیدو با استفاده از روش تلفیقی یک رتبه‌بندی نهایی ارائه شد. در بخش یافته‌ها با یافتن میزان همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن بین نتایج حاصل از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه بر روی نتایج حاصل از روش مساحت چندضلعی‌ها بحث وبررسی به عمل آمد.

## ابزار و روش

روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] در حالت کلی به دو گروه عمده تقسیم‌بندی می‌شوند: تصمیم‌گیری چند هدفه[2] و تصمیم‌گیری چند شاخصه[3]. روشهای تصمیم‌گیری چند هدفه به دلیل استفاده از توابع ریاضی چند هدفه، هر چند توانایی ارائه جواب بهینه را تحت شرایطی دارند و اجرای آنها در ابتدا به نظر ساده می‌رسد؛ ولی در برخی موارد به دلیل داشتن فرمولهای متفاوت وگاه محاسبات طولانی و پیچیده، یادگیری آنها مشکل و گاه حتی اجرای برخی از آنها را در عمل غیر ممکن می‌سازد(رائو[4]، ۲۰۰۷، ۲۳).

مسائل دنیای واقعی لزوما همیشه یک راه حل قاطع یا منحصر به فرد ندارند؛ به همین دلیل روشهای مختلفی برای تصمیم‌گیری‌ها ارائه شده است. در عمل سعی محققان، بر آن است که، با استفاده از تکنیکهای مختلف تصمیم‌گیری چند شاخصه، به نتایج مختلف دست پیدا کنند و با فنون تلفیقی نظیر روش میانگین رتبه‌ها، روش بردا، روش کپ لند و... یک پیشنهاد نهایی جهت رتبه‌بندی ارائه نمایند (آذر و رجب زاده،

[1]- Multiple Criteria Decision Making(MCDM)
[2]- Multiple Objective Decision Making(MODM)
[3] -Multiple Attribute Decision Making(MADM)
[4]-Rao (2007)

۱۳۸۹، ۸۰). بدیهی است هرچه تعداد روشهای تصمیم‌گیری برای یک مسأله بیشتر باشد می‌توان با استفاده از آنها به یک تصمیم منطقی و قابل اطمینان‌تری از طریق روشهای تلفیقی دست یافت. بنابراین ارائه روشهای جدید ساده، نظام‌مند و منطقی که با بهره‌گیری از ابزار ریاضی به تصمیم‌گیران کمک کنند از اهمیت زیادی دارد و ضرورتی انکار ناپذیر است. بدین منظور، در این مقاله با استفاده از روشهای تصمیم‌گیری چند شاخصه، به رتبه‌بندی استقرارهای پیشنهادی برای یک کارخانه تولید قطعات مدار مجتمع الکترونیکی پرداخته شده و انتخاب مناسب‌ترین استقرار بررسی گشته است. همچنین روش محاسبه مساحت چندضلعی‌ها(هنرمند عظیمی و پورمحمود، ۱۳۹۱)، به عنوان یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه برای تصمیم‌گیری در مورد استقرار، معرفی شده است.

روش محاسبه مساحت چندضلعی‌ها[1]

یکی از پرکاربردترین نمودارها در مسائل مدیریت و موقعیتهای عملی نمودار رادار ( تار عنکبوتی) است. به هنگام بررسی عملکرد، این نمودار به صورت گرافیکی نقاط قوت و ضعف سازمانها را به خوبی نمایش می‌دهد و به همین جهت کاربرد گسترده‌ای هم دارد. در عمل با نمایش گرافیکی و مشاهده سطح پوشش داده شده توسط هریک از متغیرهای عملکردی در باره آنها تصمیم گرفته می‌شود. در این قسمت با فرض اینکه بتوان هر یک از گزینه‌های ماتریس تصمیم را در روی این نمودار، به صورت یک چند-ضلعی نشان داد؛ یک روش مبتنی بر انتقال مقادیرشاخصهای هرگزینه از ماتریس نرمالیزه وزن دار به روی نمودار رادار و محاسبه مساحت چندضلعی حاصل از شاخصهای این گزینه، به عنوان ملاکی برای رتبه‌بندی یا انتخاب گزینه مطلوب ارائه می‌شود (هنرمند عظیمی و پورمحمود، ۱۳۹۱).

[1] -Polygons Area method(PAM)

فرآیند گام به گام این روش به صورت زیر می باشد:

قدم اول: تشکیل ماتریس تصمیم

فرم عمومی ماتریس تصمیم‌گیری چند شاخصه وقتی m گزینه و n مشخصه وجود داشته باشد؛ به صورت ماتریس D نشان داده می‌شود.

(۱)

$$D=\begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & \dots & x_{mi} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}_{m\times n} \qquad (۱)$$

قدم دوم: تشکیل ماتریس بی مقیاس

روشهای مختلفی برای بی مقیاس سازی یا نرمالیزه کردن وجود دارد. روش بی مقیاس خطی برای این روش ارائه می‌شود؛ بعد از بی‌مقیاس سازی ماتریس تصمیم‌گیری به صورت ماتریس بی‌مقیاس D′ خواهد بود.

(۲)

$$D'=[\,x'_{ij}]'_{m\times n}$$

$$x'_{ij}=\frac{x_{ij}}{\max(x_{ij})} \qquad (۳)$$

$x'_{ij}]'_{m\times n}$ اگر مشخصه مثبت باشد (سود)؛

$$x'_{ij}=\frac{\min(x_{ij})}{x_{ij}} \qquad (۴)$$

$x'_{ij}]'_{m\times n}$ اگر مشخصه منفی باشد(هزینه)؛

قدم سوم: وزن دهی به معیارها

معمولا وزن دهی به معیارها از روی اهمیت نسبی معیارها که بر اساس قضاوت تصمیم گیرنده مشخص می‌شود، به دست می‌آیند. این کار معمولا با مقایسات زوجی معیارها بر اساس صورت می‌گیرد. چهار تکنیک مهم برای تعیین وزن معیارها مطرح می‌باشند که عبارتند از: روش بردار ویژه، روش وزن دهی حداقل مربعات، روش آنتروپی

شانون و لینامپ[1]. در مقالات و تحقیقات محققان روشهای دیگری نیز برای تعیین وزن معیارها مشخص شده است.

قدم چهارم: تشکیل ماتریس تصمیم موزون

با ضرب ماتریس بی‌مقیاس در ماتریس وزن، ماتریس بی‌مقیاس وزن دار به دست می‌آید.

$$V_{ij} = w_j \times x'_{ij} \quad (۵)$$

قدم پنجم: رتبه‌بندی معیارهای گزینه i

اساس روش پیشنهادی تحقیق حاضر، بر چند ضلعی‌هایی استوار است که گوشه‌های آن بر روی محورهای نسبت داده شده به هر مشخصه بر روی نمودار رادار قرار دارد. روش پیشنهادی برای این رتبه‌بندی، از منطقی ساده و هندسی استفاده می‌کند. به عنوان نمونه، برای تصویر هندسی گزینه‌های یک مسأله که دارای سه مشخصه هستند سه محور رسم می‌شود که از هم دارای زاویه $۱۲۰^{\circ}$ هستند؛ این سه مشخصه تشکیل یک مثلث را خواهند داد. در این حالت مساحت مثلث با تغییر محل مشخصه‌ها روی نمودار تغییر نخواهد کرد.

نکته قابل توجه آن است که: برای مسائل دارای ۴ مشخصه و بالاتر، بسته به اینکه محورها با چه ترتیبی به مشخصه‌ها اختصاص یابد؛ تنها یک حالت جواب وجود ندارد و با افزایش مشخصه‌ها، جواب‌های بیشتری را می‌توان یافت. به عبارت دیگر با تغییر محل مشخصه‌ها در ماتریس تصمیم و محل قرارگیری آنها روی نمودار رادار، مقادیر متفاوتی برای مساحت چندضلعی حاصل از یک گزینه ماتریس به دست می‌آید و این به معنی عدم پایداری روش خواهد بود. برای اجتناب از این امر، الگوریتم زیر برای جاگیری ۴ مشخصه یا بیشتر روی نمودار رادار ارائه می‌شود:

الف) مشخصه‌ها، به ترتیب از بزرگترین تا کوچکترین معیار گزینه **i**، رتبه‌بندی شود.

ب) مشخصه با رتبه اول، بر روی محور پایه نمودار وارد شود.

[1]-LINAMAP

ج) مشخصه‌های با رتبه زوج، هر کدام با طول $v_{ij}$ و زاویه $\theta=\frac{2\pi}{n}$ از مشخصه قبلی خود در جهت عقربه‌های ساعت به ترتیب بر روی نمودار قرار گیرد .

د) مشخصه‌های با رتبه فرد نیز به همین ترتیب، درخلاف جهت عقربه‌های ساعت روی نمودار رسم شود.

ه) این کار تا تشکیل یک چندضلعی (n ضلعی) غیر منتظم ادامه یابد.

و) مشخصه‌های گزینه i، با شروع از محور پایه نمودار، به ترتیب در خلاف جهت عقربه‌های ساعت با $v'_{ij}$ نشان داده شود. مساحت پوشش داده شده توسط این مشخصه‌ها، سطح یک چندضلعی غیر منتظم را تشکیل می‌دهد. برای محاسبه مساحت این چندضلعی، آسان‌ترین راه تجزیه آن به مثلث‌های حاصل از شاخصه‌ها و محاسبه مساحت هر یک و تجمیع آنها می‌باشد. مساحت یک مثلث (SΔ) با استفاده از مختصات ضلع، زاویه و ضلع آن از فرمول موری[1] به صورت معادله (۶) به دست می‌آید.

(۶)

$$S_{\Delta}=\frac{1}{2}V'_{i1}V'_{i2}Sin(\theta_2-\theta_1)$$

$$\theta_2-\theta_1=\frac{2\pi}{n}$$

$$S_{\Delta}=\frac{1}{2}V'_{i1}V'_{i2}Sin\frac{2\pi}{n} \qquad (۷)$$

اگر مساحت همه مثلث‌های حاصل از مشخصه‌های یک گزینه، با استفاده از این فرمول محاسبه و جمع زده شود؛ مساحت چندضلعی غیر منتظم به صورت زیر خواهد بود:

$$S_{pi}=\frac{1}{2}Sin\frac{2\pi}{n}(V'_{i1}V'_{i2}+V'_{i2}V'_{i3}+...V'_{i(n-1)}V'_{in}+V'_{in}\times V'_{i1}) \quad (۸) \qquad (۸)$$

[1]- Murray R. S.(1968)

قدم ششم: انتخاب بهترین گزینه یا رتبه‌بندی گزینه‌ها

چون $\frac{1}{2}Sin\frac{2\pi}{n}$ در همه جملات مشترک می‌باشد، میتوان از آنها صرفنظر کرد. در آن صورت ملاک اولویت‌بندی به صورت رابطه (۱۰) خواهد بود.

$$C_i = s_{pi} / \frac{1}{2}Sin\frac{2\pi}{n} \qquad (۹) \qquad (۹)$$

$$C_i = \sum_{j=1}^{n}(V'_{ij}V'_{i(j+1)} + V'_{in} \times V'_1) \qquad i = 1,...,m \qquad (۱۰) \qquad (۱۰)$$

هم چنان که ذکر شد محققان معمولا تصمیم‌گیری در مورد یک مسأله را محدود به یک روش نمی‌کنند و از روشهای مختلف به حل مسأله می‌پردازند و سپس با استفاده از روشهای تلفیقی بهترین گزینه را مشخص می‌کنند. به این منظور در این تحقیق برای نشان دادن روایی روش ارائه شده برای رتبه‌بندی، ماتریس تصمیم‌گیری استقرار، با استفاده از روشهای ساو[۱]، تاپسیس[۲]، دبلیو پی ام[۳]، و ویکور[۴] رتبه‌بندی شده است. این روشها به دلیل ساختار منطقی و ریاضی خود کاربردهای گسترده‌ایی در مسائل مربوط به حوزه صنعت داشته و اغلب مورد توجه محققان مباحث مدیریت و صنعت قرار گرفته است(رائو، ۲۰۰۷؛ ۲۰۱۳) سپس با استفاده از روش همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن، همبستگی نتایج حاصل از روش ارائه شده با نتایج رتبه‌بندی حاصل از روشهای تصمیم‌گیری چند شاخصه پرکاربرد و روشهای تلفیقی به دست آمده است (آذر و رجب زاده، ۱۳۸۹؛ رائو، ۲۰۱۳، ۲۴۷).

روش ساو[۵]

مدل مجموع ساده وزنی، یکی از ساده‌ترین روشهای تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشد. با محاسبه اوزان شاخص‌ها، می‌توان به راحتی از این روش استفاده کرد.

---

[1] -SAW
[2] -TOPSIS
[3] -WPM
[4] -VIKOR
[5] -Simple Additive Weighting Method(SAW)

برای استفاده از این روش، مراحل زیر ضرورت دارد(مومنی، ۱۳۸۹، ۲۱):

- کمّی‌کردن ماتریس تصمیم‌گیری؛
- بی‌مقیاس‌سازی خطی مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری؛
- ضرب ماتریس بی‌مقیاس شده در اوزان شاخص‌ها؛
- انتخاب بهترین گزینه با استفاده ازمعادله شماره (۱۱).

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} w_j x'_{ij} \qquad for \quad i = 1,2,...,m \qquad (۱۱) \qquad (۱۱)$$

در این معادله m تعداد گزینه‌ها، n تعداد شاخص‌های تصمیم، $x'_{ij}$ مقدار نرمالیزه $x_{ij}$، $x_{ij}$ مقدار حقیقی گزینه i ام برای شاخص j ام، $w_j$ وزن شاخص j ام می‌باشد. بهترین گزینه، گزینه‌ایی است که بیشترین مقدار Si را داشته باشد.

روش دبلیو پی ام[1]

مراحل این روش، مشابه روش مجموع ساده وزنی می‌باشد. برای یافتن بهترین گزینه از معادله شماره (۱۲) استفاده می‌شود(رائو، ۲۰۰۷، ۲۹).

$$p_i = \prod_{j=1}^{n} [\ x'_{ij}\ ]^{w_j} \qquad for \quad i = 1,2,...,m \qquad (۱۱) \qquad (۱۲)$$

باز در اینجا بهترین گزینه، گزینه‌ایی است که بیشترین مقدار Pi را داشته باشد.

روش تاپسیس[2]

روش تاپسیس در سال ۱۹۸۱ توسط هوانگ و یون[3] ارایه گردید. این مدل یکی از بهترین و پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است. این روش بر این

[1] - Weighted Product Method (WPM)

[2] -Technique For Order Preference by Similarity(TOPSIS)

[3] -Hwang & Yoon(1981)

مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی(بدترین حالت ممکن) داشته باشد. در این روش m گزینه به وسیله n شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. فرض براین است که مطلوبیت هر شاخص به طور یکنواخت افزایشی یا کاهشی است (مومنی، ۱۳۸۹، ۲۵). در این تحقیق با استفاده از نرم افزار تاپسیس ۲۰۰۵ گزینه های استقرار رتبه بندی شده‌اند.

روش ویکور[1]

این روش یک ابزار موثر در تصمیم‌گیری چند معیاره است. این روش در شرایطی به کار می‌رود که تصمیم‌گیر قادر نیست ترجیحاتش را در شروع طراحی سیستم بیان کند. در این روش تصمیم‌گیرنده نیازمند راه حلی می‌باشد که به راه حل ایده‌آل نزدیکتر باشد (آذر و رجب زاده، ۱۳۸۹، ۸۰).

ویکور مخفف نام صربستانی روش می‌باشد و به معنی بهینه سازی چندمعیاره و راه حل سازشی است. این روش به وسیله یو[2] و زنلی[3] ارائه شده است. آپریکویچ و زنگ[4] این روش را به عنوان یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره توسعه داده‌اند. این روش روی دسته‌بندی و انتخاب از یک مجموعه گزینه‌ها تمرکز داشته و جوابهای سازشی را برای یک مسأله با شاخص‌های متضاد تعیین می‌کند؛ جواب سازشی نزدیکترین جواب به جواب ایده‌آل می‌باشد(آذر و رجب زاده، ۱۳۸۹، ۸۰).

روشهای تلفیقی

همچنانکه ذکر شد در دنیای واقعی، تصمیم گیرندگان جهت تصمیم‌گیری، خود را محدود به یک روش نمی‌کنند و امکان دارد با استفاده از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری به نتایج مختلف دست پیدا کنند در این شرایط فنونی برای تلفیق رتبه تکنیک پیشنهاد شده است(آذر و رجب زاده، ۱۳۸۹، ۸۰).

الف) روش میانگین رتبه‌ها

---

[1] -Vlse Kriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje(VIKOR)

[2] -Yu (1973)

[3] -Zeleny(2002)

[4] -Opricovic and Tzeng(2007)

در این روش میانگین رتبه‌های حاصل از تکنیکها مبنای پیشنهاد نهایی قرار می‌گیرد.

ب) روش بردا[1]

برای اجرای این تکنیک یک ماتریس غیر قطری m×m شکل می‌گیرد. اگر تعداد بردها در تکنیک بیشتر باشد با M کدگذاری می‌شود و در آن سطر به ستون ارجحیت دارد و اگر ستون به سطر ارجحیت داشت یا آرای تعداد بردها مساوی بود با X کد گذاری می‌شود. در نهایت مجموع بردها در هر سطر M ها مبنای رتبه‌بندی قرار می‌گیرد. هرچه تعداد بردها بیشتر باشد رتبه بالاتر خواهد بود.

ج) روش کپ‌لند[2]

روش کپ‌لند نه تنها تعداد بردها، بلکه تعداد باخت‌ها را نیز برای هر گزینه محاسبه می‌کند. مشخص است که M در سطر i یعنی برد و در ستون j یعنی باخت است. در این روش مبنای رتبه‌بندی تفاضل تعداد M ها در سطر i و تعداد Mها در ستون j (i=j) می‌باشد. یعنی تفاضل بردها به باخت‌ها مبنای رتبه‌بندی قرار خواهد گرفت.

د) روش پوسِت[3]

در این روش باتوجه به سه استراتژی رتبه‌بندی، از طریق تشکیل یک مجموعه رتبه‌بندی جزئی یا اجتماعی دست یافته می‌شود. رتبه‌بندی به دست آمده با روشهای قبلی، نشان می‌دهدکه تمایز برخی گزینه‌ها از یکدیگر به گونه‌ای است که نمی‌توان آنها را در مجموعه‌های جداگانه قرار داد. درحالی که برخی از گزینه‌ها به صورت واحد در یک مجموعهء منحصر به فرد قرار می‌گیرند. این تکنیک یک روش خوشه‌بندی است که مجموعه منظم جزئی گزینه‌ها را نشان می‌دهد.

## یافته‌ها

مسأله طراحی استقرار ارائه شده توسط یانگ و هونگ[4] و یانگ و کو[5] برای بررسی و رتبه‌بندی با روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، در این مقاله، انتخاب شده است. این

[1] -Borda Method
[2]-Copeland Method
[3] -Partially ordered set(POSET)
[4] -Yang and Hung(2007)
[5] -Yang and Kuo(2003)

مسئله در مورد یک کارگاه بسته بندی مدار مجتمع[1] که معمولاً از استراتژی استقرار فرآیندی استفاده می‌نماید ده دپارتمان (ایستگاه کاری) در نظر گرفته شده که نام و مساحت آنها به شرح جدول ۱ می‌باشد.

شاخصه‌ها یا معیارهای کمی شامل: مسافت جابجایی مواد (بر حسب متر)، امتیاز مجاورت یا نزدیکی و نسبت شکل بودند که از جمله خروجی‌های مستقیم نرم افزار اسپیرال می‌باشند. مسافت جابجایی با استفاده از مجموع جریان حجمی جابجایی محصولات و فاصله مستقیم بین مرکزهای دو دپارتمان به دست آمده است که با نماد - $C_1$ در ماتریس تصمیم در نظر گرفته شده است. امتیاز مجاورت عبارت از مجموع تمامی ارتباطات مستقیم میان دو دپارتمان مجاور می‌باشد. ارتباط مستقیم بین دو دپارتمان متوالی در طول مسیر فرآیند وجود دارد که با نماد $C_2$ در ماتریس تصمیم در نظر گرفته شده است. نسبت شکل به عنوان بیشینه نسبت‌های عمق به عرض و عرض به عمق کوچکترین مستطیلی که به طور کامل در درون هر دپارتمان یا بخش جای بگیرد، تعریف می‌شود که با نماد $C_3$ در ماتریس تصمیم در نظر گرفته شده است. هدف بررسی مسأله طراحی استقرار، کمینه سازی نسبت شکل($C_3$) و جریان مواد ($C_1$) و بیشینه-سازی امتیاز مجاورت($C_2$) می‌باشد.

**جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های کاری**

| شماره ایستگاه | نام ایستگاه کاری | مساحت(متر مربع) |
|---|---|---|
| ۱ | برش ویفر | ۸۹/۲۱ |
| ۲ | اتصال قالب | ۱۸۱/۵۱ |
| ۳ | اتصال سیم | ۵۷۷/۳۸ |
| ۴ | قالب بندی | ۵۹۹/۵۷ |
| ۵ | حذف زائده‌ها و عمل آوری | ۱۸۳/۷۱ |
| ۶ | الکتروپلیتینگ یا آبکاری | ۵۰۰/۱۳ |
| ۷ | نشان‌گذاری | ۱۹۹/۹۴ |
| ۸ | شکل‌دهی | ۱۸۶/۴۰ |
| ۹ | اسکن و بازرسی | ۱۱۰/۷۸ |
| ۱۰ | بسته بندی | ۵۱/۰۹ |

[1] -Integrated Circuit(IC)

سه ویژگی کیفی نیز در این مطالعه موردی تعریف شدند که عبارتند از: انعطاف-پذیری، قابلیت دسترسی و قابلیت تعمیر و نگهداری. انعطاف‌پذیری مشتمل بر دو جنبه است که عبارتند از: قابلیت انجام وظایف متنوع تحت شرایط کاری مختلف؛ دارابودن قابلیت انعطاف برای توسعه‌های بعدی که با نماد $C_4$ در ماتریس تصمیم در نظرگرفته شده است. دسترسی‌پذیری یا قابلیت دسترسی شامل جریان مواد و مسیرهای عبور و مرور اپراتورها می‌باشد که با نماد $C_5$ در ماتریس تصمیم در نظر گرفته شده است. قابلیت تعمیر و نگهداری نیز شامل وجود فضای مورد نیاز برای مهندسین تعمیر و نگهداری و انتقال ابزار لازم می‌باشد که با نماد $C_6$ در ماتریس تصمیم در نظر گرفته شده است.

یانگ و کو[1](۲۰۰۳) مجموعه‌ای از گزینه‌های طراحی چیدمان مناسب را با استفاده از یک نرم افزار تجاری با نام اسپیرال[2] و بر مبنای معیار جریان مسافت طی شده توسط کالا ایجاد نمودند. ماتریس تصمیم ارائه شده توسط آنها در جدول شماره ۲ خلاصه شده است.

داده‌های ستونهای اول، دوم و سوم ماتریس مستقیما از خروجی نرم افزار اسپیرال به دست آمده‌اند و داده‌های ستونهای چهارم، پنجم و ششم که مربوط به شاخصه‌های کیفی هستند با استفاده از روش ای اچ پی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

[1]- Yang & Kuo(2003)
[2] -Spiral

**جدول ۲ : ماتریس تصمیم‌گیری (D)**

| Li | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| L1 | ۱۸۵/۵۹ | ۸ | ۸/۲۸ | ۰/۰۱۹۹ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۶۹ |
| L2 | ۲۰۷/۳۷ | ۹ | ۳/۷۵ | ۰/۰۵۹۵۹ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۵۷۵ |
| L3 | ۲۰۶/۳۸ | ۸ | ۷/۸۵ | ۰/۰۷۱۴ | ۰/۰۵۱۹ | ۰/۰۳۴۵ |
| L4 | ۱۸۹/۶۶ | ۸ | ۸/۲۸ | ۰/۰۷۱۴ | ۰/۰۷۷۹ | ۰/۰۴۶ |
| L5 | ۲۱۱/۴۶ | ۸ | ۷/۷۱ | ۰/۰۷۱۴ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۴۶ |
| L6 | ۲۶۴/۰۷ | ۵ | ۲/۰۷ | ۰/۰۳۵۷ | ۰/۰۵۱۹ | ۰/۰۶۹ |
| L7 | ۲۲۸ | ۸ | ۱۴ | ۰/۰۴۷۶ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۲۳ |
| L8 | ۱۸۵/۵۹ | ۹ | ۶/۲۵ | ۰/۰۴۷۶ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۵۷۵ |
| L9 | ۱۸۵/۸۵ | ۹ | ۷/۸۵ | ۰/۰۳۵۷ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۵۷۵ |
| L10 | ۲۳۶/۱۵ | ۸ | ۷/۸۵ | ۰/۰۵۹۵ | ۰/۰۷۷۹ | ۰/۰۶۹ |
| L11 | ۱۸۳/۱۸ | ۸ | ۲ | ۰/۰۹۵۲ | ۰/۱۱۶۹ | ۰/۰۹۲ |
| L12 | ۲۰۴/۱۸ | ۸ | ۱۳/۳ | ۰/۰۳۵۷ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۵۷۵ |
| L13 | ۲۲۵/۲۶ | ۸ | ۸/۱۴ | ۰/۰۷۱۴ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۳۴۵ |
| L14 | ۲۰۲/۸۲ | ۸ | ۸ | ۰/۰۳۵۷ | ۰/۰۷۷۹ | ۰/۰۵۷۵ |
| L15 | ۱۷۰/۱۴ | ۹ | ۸/۲۸ | ۰/۰۹۵۲ | ۰/۱۱۶۹ | ۰/۰۹۲ |
| L16 | ۲۱۶/۳۸ | ۹ | ۷/۷۱ | ۰/۰۴۷۶ | ۰/۰۵۱۹ | ۰/۰۶۹ |
| L17 | ۱۷۹/۸ | ۸ | ۱۰/۳ | ۰/۰۴۷۶ | ۰/۰۷۷۹ | ۰/۰۳۴۵ |
| L18 | ۱۸۵/۷۵ | ۱۰ | ۱۰/۱۶ | ۰/۰۵۹۵ | ۰/۰۵۱۹ | ۰/۰۳۴۵ |

ابتدا گزینه‌های این ماتریس با استفاده از روش مساحت چندضلعی‌ها رتبه‌بندی می‌شود؛ سپس همبستگی رتبه‌ایی بین رتبه‌های حاصل از این روش با رتبه‌های حاصل از روشهای پرکاربرد تصمیم‌گیری چند شاخصه، به دست می‌آید تا روایی روش مساحت چندضلعی‌ها برای انتخاب استقرار مناسب مورد بررسی قرار گیرد.

حل مسأله استقرار به روش مساحت چندضلعی‌ها

با در نظر گرفتن ماتریس تصمیم ارائه شده در جدول ۲ و با استفاده از روابط (۳) و (۴) ماتریس تصمیم‌گیری بی مقیاس به صورت جدول ۳ خواهد بود.

یانگ و هونگ در مقاله خود با استفاده از یک روش تقریبی وزنهای شاخصه ها را به صورت زیر محاسبه کرده اند. برای اینکه بتوان نتایج این روش را با نتایج به دست آمده در مقاله آنها و سایر مقالات مقایسه نمود در این مقاله نیز وزنها همانند وزنهای ارائه شده در آن مقاله در نظر گرفته می شود.

WC1۰/۲; WC2=۰/۲; WC3=۰/۱۵; WC4=۰/۱; WC5=۰/۲ و WC6=۰/۱۵

با ضرب ماتریس بی مقیاس در بردار W، ماتریس بی‌مقیاس وزن دار(V) به صورت جدول شماره ۴ به دست می‌آید.

**جدول ۳ : ماتریس تصمیم بی‌مقیاس (D') و ماتریس بی مقیاس وزن دار(V)**

| Li | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$ | $C_5$ | $C_6$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $L_1$ | ۰/۹۱۵۰ | ۰/۸ | ۰/۲۴۱۵ | ۰/۱۲۵۰ | ۰/۲۲۲۴ | ۰/۷۵ |
| $L_2$ | ۰/۸۲۰۵ | ۰/۹ | ۰/۵۳۳۳ | ۰/۵۸۷۲ | ۰/۲۲۲۴ | ۰/۶۲۵۰ |
| $L_3$ | ۰/۸۲۴۴ | ۰/۸ | ۰/۲۵۴۸ | ۰/۷۵ | ۰/۴۴۴ | ۰/۳۷۵۰ |
| $L_4$ | ۰/۸۹۷۱ | ۰/۸ | ۰/۲۴۱۵ | ۰/۷۵ | ۰/۶۶۶۴ | ۰/۵ |
| $L_5$ | ۰/۸۰۴۶ | ۰/۸ | ۰/۲۵۹۴ | ۰/۷۵ | ۰/۳۳۳۶ | ۰/۵ |
| $L_6$ | ۰/۶۴۴۳ | ۰/۵ | ۰/۹۶۶۲ | ۰/۳۷۵۰ | ۰/۴۴۴ | ۰/۷۵ |
| $L_7$ | ۰/۷۴۶۲ | ۰/۸ | ۰/۱۴۲۹ | ۰/۵ | ۰/۳۳۳۶ | ۰/۲۵ |
| $L_8$ | ۰/۹۱۶۸ | ۰/۹ | ۰/۳۲ | ۰/۵ | ۰/۱۱۱۲ | ۰/۶۲۵۰ |
| $L_9$ | ۰/۹۱۵۵ | ۰/۹ | ۰/۲۵۴۸ | ۰/۳۷۵۰ | ۰/۲۲۲۴ | ۰/۶۲۵۰ |
| $L_{10}$ | ۰/۷۲۰۵ | ۰/۸ | ۰/۲۵۴۸ | ۰/۶۲۵۰ | ۰/۶۶۶۴ | ۰/۷۵ |
| $L_{11}$ | ۰/۹۲۸۸ | ۰/۸ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| $L_{12}$ | ۰/۸۳۳۳ | ۰/۸ | ۰/۱۵۰۴ | ۰/۳۷۵۰ | ۰/۳۳۳۶ | ۰/۶۲۵۰ |
| $L_{13}$ | ۰/۷۵۵۳ | ۰/۸ | ۰/۲۴۵۷ | ۰/۷۵ | ۰/۳۳۳۶ | ۰/۳۷۵۰ |
| $L_{14}$ | ۰/۸۳۸۹ | ۰/۸ | ۰/۲۵ | ۰/۳۷۵۰ | ۰/۶۶۶۴ | ۰/۶۲۵۰ |
| $L_{15}$ | ۱ | ۰/۹ | ۰/۲۴۱۵ | ۱ | ۱ | ۱ |
| $L_{16}$ | ۰/۷۸۶۳ | ۰/۹ | ۰/۲۵۹۴ | ۰/۵ | ۰/۴۴۴ | ۰/۷۵ |
| $L_{17}$ | ۰/۹۴۶۳ | ۰/۸ | ۰/۱۹۴۲ | ۰/۵ | ۰/۶۶۶۴ | ۰/۳۷۵۰ |
| $L_{18}$ | ۰/۹۱۶۰ | ۱ | ۰/۱۹۶۹ | ۰/۶۲۵۰ | ۰/۴۴۴ | ۰/۳۷۵۰ |

**جدول ٤ : ماتریس تصمیم بی‌مقیاس ('D) و ماتریس بی مقیاس وزن دار(V)**

| Li | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$ | $C_5$ | $C_6$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $L_1$ | ۰/۱۸۳۰ | ۰/۱۶ | ۰/۰۳۶۲ | ۰/۰۱۲۵ | ۰/۰۴۴۵ | ۰/۱۱۲۵ |
| $L_2$ | ۰/۱۶۴۱ | ۰/۱۸ | ۰/۰۸ | ۰/۰۵۸۷ | ۰/۰۴۴۵ | ۰/۰۹۳۸ |
| $L_3$ | ۰/۱۶۴۹ | ۰/۱۶ | ۰/۰۳۸۲ | ۰/۰۷۵ | ۰/۰۸۸۸ | ۰/۰۵۶۳ |
| $L_4$ | ۰/۱۷۹۴ | ۰/۱۶ | ۰/۰۳۶۲ | ۰/۰۷۵ | ۰/۱۳۳۳ | ۰/۰۷۵ |
| $L_5$ | ۰/۱۶۰۹ | ۰/۱۶ | ۰/۰۳۸۹ | ۰/۰۷۵ | ۰/۰۶۶۷ | ۰/۰۷۵ |
| $L_6$ | ۰/۱۲۸۹ | ۰/۱ | ۰/۱۴۴۹ | ۰/۰۳۷۵ | ۰/۰۸۸۸ | ۰/۱۱۲۵ |
| $L_7$ | ۰/۱۴۹۲ | ۰/۱۶ | ۰/۰۲۱۴ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶۶۷ | ۰/۰۳۷۵ |
| $L_8$ | ۰/۱۸۳۴ | ۰/۱۸ | ۰/۰۴۸ | ۰/۰۵ | ۰/۰۲۲۲ | ۰/۰۹۳۸ |
| $L_9$ | ۰/۱۸۳۱ | ۰/۱۸ | ۰/۰۳۸۲ | ۰/۰۳۷۵ | ۰/۰۴۴۵ | ۰/۰۹۳۸ |
| $L_{10}$ | ۰/۱۴۴۱ | ۰/۱۶ | ۰/۰۳۸۲ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۱۳۳۳ | ۰/۱۱۲۵ |
| $L_{11}$ | ۰/۱۸۵۸ | ۰/۱۶ | ۰/۱۵ | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۱۵ |
| $L_{12}$ | ۰/۱۶۶۷ | ۰/۱۶ | ۰/۰۲۲۶ | ۰/۰۳۷۵ | ۰/۰۶۶۷ | ۰/۰۹۳۸ |
| $L_{13}$ | ۰/۱۵۱۱ | ۰/۱۶ | ۰/۰۳۶۹ | ۰/۰۷۵ | ۰/۰۶۶۷ | ۰/۰۵۶۳ |
| $L_{14}$ | ۰/۱۶۷۸ | ۰/۱۶ | ۰/۰۳۷۵ | ۰/۰۳۷۵ | ۰/۱۳۳۳ | ۰/۰۹۳۸ |
| $L_{15}$ | ۰/۲ | ۰/۱۸ | ۰/۰۳۶۲ | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۱۵ |
| $L_{16}$ | ۰/۱۵۷۳ | ۰/۱۸ | ۰/۰۳۸۹ | ۰/۰۵ | ۰/۰۸۸۸ | ۰/۱۱۲۵ |
| $L_{17}$ | ۰/۱۸۹۳ | ۰/۱۶ | ۰/۰۲۹۱ | ۰/۰۵ | ۰/۱۳۳۳ | ۰/۰۵۶۳ |
| $L_{18}$ | ۰/۱۸۳۲ | ۰/۲ | ۰/۰۲۹۵ | ۰/۰۶۲۵ | ۰/۰۸۸۸ | ۰/۰۵۶۳ |

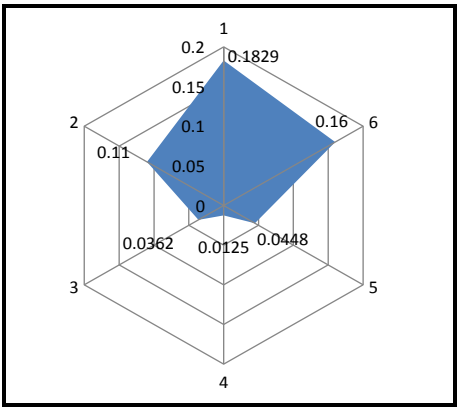
مقدار$V'ij$ با استفاده از الگوریتم ارائه شده در گام پنجم روش محاسبه می‌شود. به عنوان مثال $C_1$ برای استقرار $L_1$ به صورت زیر محاسبه شده است. شکل شماره ۱ مساحت چندضلعی روی نمودار رادار برای استقرار $L_1$ را نشان می‌دهد.

**V'11=۰/۱۸۲۹; V'12=۰/۱۱; V'13=۰/۰۳۶۲; V'14=۰/۰۱۲۵ V'15=۰/۰۴۴۸; V'16=۰/۱۶**

**C1= V'11× V'12+V'12×V'13+V'13× V'14+V'14× V'15+V'15×V'16+ V'16×V'11**

**C1=۰/۱۸۲۹×۰/۱۱+۰/۱۱×۰/۰۳۶۲+۰/۰۳۶۲×۰/۰۱۲۵+۰/۰۱۲۵×۰/۰۴۴۸+ ۰/۰۴۴۸×۰/۱۶+۰/۱۶×۰/۱۸۲۹**

**C1=۰/۰۶۱۵**




**شکل ۱: مساحت چندضلعی روی نمودار رادار برای استقرار $L_1$**

بعد از محاسبه کلیه Ci ها، گزینه های استقرار ماتریس تصمیم به صورت نزولی بر حسب مقادیر Ci مرتب می‌شوند. نتایج در جدول شماره ۵ ارائه شده است.

– حل مسأله استقرار با روش های پرکاربرد تصمیم گیری چند شاخصه

این مسأله با روش های پرکاربرد تصمیم گیری چند شاخص و با استفاده از روابط ذکرشده نیز رتبه‌بندی شد. نتایج در جدول شماره ۵ ارائه شده است.در حل مسأله استقرار به روش ویکور مقادیر $S_i$ ، $R_i$ و $Q_i$ با در نظر گرفتن v=۰/۵ بدست می‌آیند؛ گزینه‌ها بر اساس مقادیر $S_i$ ، $R_i$ و $Q_i$ به ترتیب نزولی مرتب می‌شوند. گزینه‌ایی که کمترین مقدار $Q_i$ را داشته باشد؛ بهترین بوده و در رتبه اول قرار خواهد داشت.

شرط اول: امتیاز قابل قبول بودن:

$Q(a_2)-Q(a1)\geq DQ$

$Q(a_2)=$ ۰/۰۰۹

$Q(a_1)=$۰/۰۰۶۲ $DQ=1/(j-1)$ $j=18$ $DQ=$۰/۰۵۹

۰/۰۰۹-۰/۰۰۶۲=۰/۰۰۲۸≤۰/۰۵۹

با توجه به مقدار حاصل شرط اول برقرار نمی‌باشد؛ لذا برای بررسی انتخاب بهترین گزینه از رابطه مقابل استفاده می‌شود.

$$Q(am)-Q(a1)< DQ \quad Q(a2)-Q(a1)< ۰/۰۵۹$$

تنها گزینه‌ایی که در رابطه صدق می‌کند مربوط به $L_{11}$ است پس گزینه $L_{15}$ به عنوان گزینه اول و $L_{11}$ به عنوان گزینه دوم در رتبه‌بندی انتخاب می‌شود. نتایج حاصل از رتبه‌بندی گزینه‌های استقرار با استفاده از این روش در جدول شماره ۵ ارائه شده است.

**جدول ۵: نتایج رتبه بندی گزینه های استقرار با روشهای مختلف**

| Li | PAM | | SAW | | WPM | | TOPSIS | | VIKOR | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (Ci) | رتبه | مقدار(Si) | رتبه | مقدار(Pi) | رتبه | مقدار(Ci) | رتبه | مقدار(Si) | مقدار(Ri) | مقدار(Qi) | رتبه |
| L1 | ۰/۰۶۱۵ | ۱۴ | ۰/۰۵۴۸۷ | ۱۵ | ۰/۰۷۴۹ | ۱۷ | ۰/۳۵۴۴ | ۱۶ | ۰/۵۱۷۱ | ۰/۱۷۴۹ | ۰/۷۳۶۸ | ۱۵ |
| L2 | ۰/۰۷۱۱ | ۹ | /۶۲۷۴ | ۷ | ۰/۰۹۵۹ | ۸ | ۰/۴۳۸۵ | ۹ | ۰/۴۳۸۳ | ۰/۱۷۴۹ | ۰/۶۷۱۳ | ۱۱ |
| L3 | ۰/۰۶۲۹ | ۱۳ | ۰/۰۵۸۳۱ | ۱۱ | ۰/۰۹۱۵ | ۱۱ | ۰/۴۳۲۲ | ۱۰ | ۰/۵۰۸۹ | ۰/۱۲۵۱ | ۰/۵۲۴۸ | ۸ |
| L4 | ۰/۰۸۰۴ | ۳ | ۰/۶۵۸۹ | ۳ | ۰/۱۰۴۵ | ۴ | ۰/۵۶۴۳ | ۴ | ۰/۴۰۳۷ | ۰/۱ | ۰/۳۳۴۱ | ۴ |
| L5 | ۰/۰۶۰۳ | ۱۵ | ۰/۰۵۷۶۵ | ۱۴ | ۰/۰۹ | ۱۲ | ۰/۴۰۰۴ | ۱۲ | ۰/۵۱۷۸ | ۰/۱۴۴۹ | ۰/۶۳۴۴ | ۱۰ |
| L6 | ۰/۰۶۴۹ | ۱۱ | ۰/۶۱۲۵ | ۱۰ | ۰/۱۰۰۲ | ۵ | ۰/۴۹۳۸ | ۶ | ۰/۶۴۷۴ | ۰/۲ | ۰/۹۴۷۹ | ۱۸ |
| L7 | ۰/۰۴۶۳۸ | ۱۸ | ۰/۴۸۴۸ | ۱۸ | ۰/۰۷۰۲ | ۱۸ | ۰/۲۵۱۷ | ۱۸ | ۰/۷۱۰۳ | ۰/۱۵ | ۰/۷۹۴۳ | ۱۷ |
| L8 | ۰/۰۶۵۶ | ۱۰ | ۰/۰۵۷۷۳ | ۱۲ | ۰/۰۷۷۸ | ۱۶ | ۰/۳۷۱۱ | ۱۳ | ۰/۴۵۸۲ | ۰/۲ | ۰/۷۹۰۸ | ۱۶ |
| L9 | ۰/۰۶۴۵ | ۱۲ | ۰/۰۵۷۷۰ | ۱۳ | ۰/۰۸۳۹ | ۱۴ | ۰/۳۶۶۹ | ۱۵ | ۰/۴۶۷۹ | ۰/۱۷۴۹ | ۰/۶۹۶۰ | ۱۴ |
| L10 | ۰/۰۷۵۶ | ۴ | ۰/۶۵۰۵ | ۴ | ۰/۱۰۵۲ | ۳ | ۰/۵۸۷۸ | ۳ | ۰/۴۶۱۶ | ۰/۱۰۵۵ | ۰/۵۴۹۰ | ۹ |
| L11 | ۰/۱۵۰۹ | ۱ | ۰/۹۴۵۷ | ۱ | ۰/۱۶۱۳ | ۱ | ۰/۹۰۳۳ | ۱ | ۰/۱۰۷۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۰۶۲ | ۲ |
| L12 | ۰/۰۵۸۹ | ۱۶ | ۰/۰۵۴۷۱ | ۱۶ | ۰/۰۸۰۶ | ۱۵ | ۰/۳۱۰۷ | ۱۷ | ۰/۵۹۰۱ | ۰/۱۴۹۹ | ۰/۶۹۴۳ | ۱۳ |
| L13 | ۰/۰۵۵۱ | ۱۷ | ۰/۰۵۴۵۸ | ۱۷ | ۰/۰۸۴۴ | ۱۳ | ۰/۳۷۰۴ | ۱۴ | ۰/۵۷۷۶ | ۰/۱۴۹۹ | ۰/۶۸۴۰ | ۱۲ |
| L14 | ۰/۰۷۴۱ | ۷ | ۰/۶۲۹۸ | ۵ | ۰/۱ | ۶ | ۰/۵۵۱۱ | ۵ | ۰/۴۴۶۱ | ۰/۰۸ | ۰/۲۸۶۹ | ۳ |
| L15 | ۰/۱۳۳۰ | ۲ | ۰/۸۶۶۲ | ۲ | ۰/۱۳۵۴ | ۲ | ۰/۷۹۲۰ | ۲ | ۰/۱۱۸۵ | ۰/۰۷۸۵ | ۰/۰۰۹ | ۱ |
| L16 | ۰/۰۷۳۶ | ۸ | ۰/۶۲۷۴ | ۶ | ۰/۰۹۹۱ | ۷ | ۰/۴۸۱۵ | ۸ | ۰/۴۴۲۱ | ۰/۱۲۵۱ | ۰/۴۶۹۴ | ۶ |
| L17 | ۰/۰۷۴۴ | ۵ | ۰/۶۱۷۹ | ۹ | ۰/۰۹۴۱ | ۹ | ۰/۴۹۲۴ | ۷ | ۰/۴۶۱۵ | ۰/۱۲۵ | ۰/۱۲۵۱ | ۷ |
| L18 | ۰/۰۷۴۳ | ۶ | ۰/۶۲۰۲ | ۸ | ۰/۰۹۲۳ | ۱۰ | ۰/۴۲۲۷ | ۱۱ | ۰/۴۲۸۲ | ۰/۱۲۵۱ | ۰/۴۵۷۸ | ۵ |

در نهایت با استفاده از روش‌های تلفیقی میانگین رتبه‌ها، بردا، کپ لند و پو سِت تلفیق رتبه‌های حاصل از پنج روش ارائه شده، مبنای رتبه‌بندی نهایی قرار می‌گیرد. تلفیق رتبه‌های حاصل از این روشها بدست آمده و در جدول شماره ۶ ارائه شده است.

**جدول ٦ : نتایج حاصل از رتبه بندی با روشهای تلفیقی**

| Li | PAM | SAW | WPM | TOPSIS | VIKOR | AVERAGE | BORDA | COPELAND | POSET |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L1 | ۱۴ | ۱۵ | ۱۷ | ۱۶ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ |
| L2 | ۹ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۱ | ۹ | ۸ | ۸ | ۸ |
| L3 | ۱۳ | ۱۱ | ۱۱ | ۱۰ | ۸ | ۱۱ | ۱۱ | ۱۱ | ۱۱ |
| L4 | ۳ | ۳ | ۴ | ۴ | ۴ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ |
| L5 | ۱۵ | ۱۴ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۰ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ |
| L6 | ۱۱ | ۱۰ | ۵ | ۶ | ۱۸ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ |
| L7 | ۱۸ | ۱۸ | ۱۸ | ۱۸ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۸ | ۱۸ | ۱۸ |
| L8 | ۱۰ | ۱۲ | ۱۶ | ۱۳ | ۱۶ | ۱۳ | ۱۳ | ۱۳ | ۱۳ |
| L9 | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۴ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ |
| L10 | ۴ | ۴ | ۳ | ۳ | ۹ | ۴ | ۴ | ۴ | ۴ |
| L11 | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۲ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |
| L12 | ۱۶ | ۱۶ | ۱۵ | ۱۷ | ۱۳ | ۱۷ | ۱۷ | ۱۷ | ۱۷ |
| L13 | ۱۷ | ۱۷ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۲ | ۱۵ | ۱۴ | ۱۴ | ۱۴ |
| L14 | ۷ | ۵ | ۶ | ۵ | ۳ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ |
| L15 | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۱ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| L16 | ۸ | ۶ | ۷ | ۸ | ۶ | ۶ | ۶ | ۶ | ۶ |
| L17 | ۵ | ۹ | ۹ | ۷ | ۷ | ۷ | ۷ | ۷ | ۷ |
| L18 | ۶ | ۸ | ۱۰ | ۱۱ | ۵ | ۸ | ۹ | ۹ | ۹ |

## بحث و نتیجه‌گیری

برای اطمینان از روایی رتبه‌بندی یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه، می‌توان همبستگی رتبه‌ای بین رتبه‌های حاصل از آن روش با روش‌های مختلف و پرکاربرد را پیدا کرد(رائو، ۲۰۱۳، ۲۴۶)؛ در صورتی که تعداد داده‌ها کم و فرض نرمال بودن آن‌ها معقول نباشد از ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن[1] (rs) برای یافتن میزان همبستگی بین رتبه‌ها استفاده می‌شود. این همبستگی با استفاده از رابطه (۱۳) حساب می‌شود (مومنی و قیومی، ۱۳۹۱،۹۸).

[1] -Spearman Correlation Coefficient

$$r_s = 1 - \frac{6(\sum {d_i}^2)}{n(n^2-1)} \qquad (۱۳)$$

در این رابطه n تعداد داده‌ها و $(\sum {d_i}^2)$ مجموع توان دوم تفاوت رتبه‌های دو متغیر است. با استفاده از نرم‌افزار اس پی اس اس[1] همبستگی رتبه‌ایی بین رتبه‌های حاصل از روش‌های مختلف به صورت جدول شماره ۷ می‌باشد.

نتایج حاصل، همبستگی رتبه‌ایی بالایی بین روشهای پرکاربرد تصمیم‌گیری چند شاخصه با روش مساحت چندضلعی‌ها را نشان می‌دهد. کمترین مقدار همبستگی رتبه‌ای بین این روش با روش ویکور است و با توجه به داده‌های جدول ۷، همبستگی روش ویکور با سایر روشهای پر کاربرد تصمیم‌گیری نیز تقریبا به همان میزان می‌باشد. محققان دیگری نیز، این مسأله استقرار را مورد بررسی قرار داده و رتبه‌بندی کرده‌اند. یانگ و کیو[2] با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها این مسأله را رتبه‌بندی کرده‌اندکه در جدول ۸ نتایج رتبه‌بندی آن ارائه شده است. در این رتبه‌بندی $L_{11}$-$L_{15}$-$L_{18}$ هر سه در رتبه اول و $L_7$ نیز در رتبه آخر قرار می‌گیرند. این نتایج مشابه نتایج به دست آمده از روش ارائه شده که $L_{11}$ را بهترین گزینه و $L_7$ را در رتبه هجدهم تعیین کرده بود، می‌باشد. همبستگی رتبه‌ای این روش با روش تلفیقی، در جدول شماره ۹، ارائه شده است.

**جدول ۷ : همبستگی رتبه‌ایی نتایج حاصل از رتبه‌بندی با روشهای چندشاخصه**

| | PAM | SAW | WPM | TOP | VIK | AVE | BOR | COP | POSET |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PAM | - | ۰/۹۵۵** | ۰/۸۴۳** | ۰/۸۸۶** | ۰/۷۶۱** | ۰/۹۴۶** | ۰/۹۳۰** | ۰/۹۳۰** | ۰/۹۳۰** |
| SAW | | – | ۰/۹۲۲** | ۰/۹۳۸** | ۰/۷۹۲** | ۰/۹۷۹** | ۰/۹۷۳** | ۰/۹۷۳** | ۰/۹۷۳** |
| WPM | | | – | ۰/۹۷۳** | ۰/۷۱۳** | ۰/۹۴۲** | ۰/۹۴۸** | ۰/۹۴۸** | ۰/۹۴۸** |
| TOP | | | | – | ۰/۷۲۱** | ۰/۹۶۵** | ۰/۹۷۱** | ۰/۹۷۱** | ۰/۹۷۱** |
| VIK | | | | | – | ۰/۸۳۷** | ۰/۸۲۹** | ۰/۸۲۹** | ۰/۸۲۹** |
| AVE | | | | | | – | ۰/۹۹۶** | ۰/۹۹۶** | ۰/۹۹۶** |
| BOR | | | | | | | – | ۱** | ۱** |
| COP | | | | | | | | – | ۱** |
| POSET | | | | | | | | | – |
| sig.(2- tailed) | | | | | | | | | ۰,۰ |

* Sig(2-tailed)=0.00
** Correlation is significant at the 0.01 level (2 tailed)
TOP=TOPSIS; VIK=VIKOR; AVE=AVERAGE; BOR=BORDA; COP=COPELAND

[1]- SPSS
[2] -Yang & Kuo (2003)

در تحقیق یانگ و هوانگ، این مسأله با روش تاپسیس فازی رتبه‌بندی شده که در جدول ۸ نتایج رتبه‌بندی ارائه شده است. همچنانکه مشاهده می‌شود باز در این روش نیز $L_{11}$ و$L_{15}$ در رتبه اول و دوم، $L_{13}$ در رتبه هجدهم قرار دارد که در روش مساحت چندضلعی‌ها در رتبه هفدهم قرار داشت و $L_7$ نیز در رتبه هفدهم قرار گرفته که در روش مساحت چندضلعی‌ها در رتبه هجدهم بود؛ همبستگی رتبه‌ای این روش با روش مساحت چندضلعی‌ها و با رتبه‌بندی تلفیقی، در جدول ۹، ارائه شده است.

با توجه به داده‌های ماتریس تصمیم و داده‌های گزینه‌های$L_{11}$ و$L_{15}$ مشاهده می‌شود که از نظر شاخصه‌های $C_4, C_5, C_6$ گزینه‌ها در وضعیت مشابه و یکسانی قرار دارند ولی از نظر شاخصه‌های $C_1, C_2$ در وضعیت تقریبا یکسانی هستند و تفاوت آنچنانی و تاثیرگذار بین دو گزینه وجود ندارد ولی از نظر شاخصه $C_3$ گزینه $L_{11}$ بهتر از گزینه $L_{15}$ است(گزینه با مقدار کمتر مطلوبتر است)؛ پس انتخاب $L_{11}$ به عنوان گزینه برتر معقول‌تر است و در روش مساحت چندضلعی‌ها نیز این گزینه ترجیح داده شده است.

کیو و همکاران[1] با روش جی آر ای[2] این مسأله را رتبه‌بندی کرده‌اند که در جدول ۸، نتایج رتبه‌بندی ارائه شده است. همبستگی رتبه‌ایی این روش مساحت چندضلعی‌ها و با رتبه‌بندی تلفیقی ، در جدول ۹، ارائه شده است. این مقایسه‌ها نشان می‌دهد که می‌توان به نتایج رتبه‌بندی حاصل از روش مساحت چندضلعی‌ها اطمینان کرده و آن را در یافتن استقرار بهینه و یا رتبه‌بندی استقرارها به کار برد. نتایج حاصل شده در این تحقیق و نتایج تحقیقات ارائه شده توسط هنرمندعظیمی و همکاران(۲۰۱۴) و تقی‌زاده و همکاران(۲۰۱۴) روایی بکارگیری روش مساحت چندضلعی‌ها برای مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه را تأیید می‌کند و می‌توان با اطمینان این روش را برای سایر مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه در محیط‌های صنعتی نیز به کار گرفت.

[1] -Kuo et al. (2008)
[2] -GRA

**جدول ۸ : مقایسه نتایج روش PAM با نتایج روشهای GRA ,DEA ,FUZZY TOPSIS**

| Li | PAM | GRA | DEA | FUZZY TOPSIS | POSET |
|---|---|---|---|---|---|
| $L_1$ | ۱۴ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۳ | ۱۶ |
| $L_2$ | ۹ | ۸ | ۴ | ۹ | ۸ |
| $L_3$ | ۱۳ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۴ | ۱۱ |
| $L_4$ | ۳ | ۱۱ | ۱۱ | ۴ | ۳ |
| $L_5$ | ۱۵ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۲ | ۱۲ |
| $L_6$ | ۱۱ | ۱۶ | ۶ | ۱۶ | ۱۰ |
| $L_7$ | ۱۸ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۷ | ۱۸ |
| $L_8$ | ۱۰ | ۷ | ۷ | ۶ | ۱۳ |
| $L_9$ | ۱۲ | ۵ | ۸ | ۱۱ | ۱۵ |
| $L_{10}$ | ۴ | ۹ | ۱۲ | ۷ | ۴ |
| $L_{11}$ | ۱ | ۳ | ۱ | ۱ | ۱ |
| $L_{12}$ | ۱۶ | ۱۸ | ۱۷ | ۱۵ | ۱۷ |
| $L_{13}$ | ۱۷ | ۱۴ | ۱۶ | ۱۸ | ۱۴ |
| $L_{14}$ | ۷ | ۱۲ | ۱۳ | ۸ | ۵ |
| $L_{15}$ | ۲ | ۱ | ۱ | ۲ | ۲ |
| $L_{16}$ | ۸ | ۶ | ۵ | ۱۰ | ۶ |
| $L_{17}$ | ۵ | ۲ | ۹ | ۵ | ۷ |
| $L_{18}$ | ۶ | ۴ | ۱ | ۳ | ۹ |

**جدول ۹: همبستگی رتبه ایی روش PAM با نتایج روشهای GRA ,DEA ,FUZZY TOPSIS**

| روش | GRA | DEA | FTOPSIS |
|---|---|---|---|
| PAM | ۰/۷۳۴ | ۰/۶۸۶ | ۰/۹۱۷ |
| sig. (2 tailed) | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰ |
| level (2 tailed) | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ |
| POSET | ۰/۵۶۷ | ۰/۵۶۲ | ۰/۷۷۷ |
| sig. (2 tailed) | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰ |
| level (2 tailed) | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۰۱۲ |

برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود که:

- با توجه به جدید بودن روش محاسبه مساحت چندضلعی‌ها و نتایج خوبی که از رتبه‌بندی گزینه‌های استقرار با این روش حاصل شد؛ محققان از این روش برای سایر مسائل رتبه‌بندی در محیط‌های صنعتی، علمی و پژوهشی استفاده کرده و نتایج حاصل را با روشهای دیگر مقایسه نمایند.
- تکمیل روش و ارائه آن به صورت یک روش فازی می‌تواند بر دقت تحقیقاتی که با واژه‌های زبانی به ارزیابی می‌پردازند، بیفزاید و موجب ارتقای سطح تحقیق فعلی گردد.

## منابع:


- Azar, A And Rajab zadeh, A. (2002), "Applied decision making", Tehran, Knowledge look Publication.
- Puya, A; Alavi, J and Tabari, A. (2012), "Selection of layout design using a hybrid approach PSI-PROMETHEE., Third Conference on Production Management and Operations, University of Tehran Faculty of Management, 12- 132.
- Keynes, T. J; White, J. E; Borz, B. E; Freezel, Etanchoko, G.M.E and Troviniyo, J. (2006), "Planning of Industrial Units, Zanjiri Farahani, Reza", Terme Publication, V 3.
- Heseyni Nasab, H, Shah mohamadi, A and Ghasemi, G. (2011), "Providing a hybrid intelligent algorithm to solve the dynamic layout of the facility with fuzzy flow information", International Journal of Industrial Engineering and Production Management, N 22, 304- 317.
- Hoseyni, M and Safakish, M. (2007), "Comprehensive and Advanced Foundations of Production Management and Operations in Production and Service Organizations", Industrial Management Organization Publication, Tehran, N 3.
- Touloe, A and Mojriyan, M. (2010), "Presentation of Optimal Machine Layout Method Using Mathematical Modeling", Management Researches, Research Branch, N 77, 81- 94.
- Motaghi, H. (2007), "Production and Operations Management", Patrice voice, Tehran, N 4.
- Momeni, M. (2010), "New Operational Research Topics, Moalef Publication. N 5.
- Momeni, M. (2011), "Multi-index decision-making models and software", Moalefin Publication, N1.
- Momeni, M. (2012), "Statistical analysis was performed using SPSS", Ganj Shayeghan Publication, N 7.

- Navidi, H and Bidgholi, M. (2010), "Modeling the problem of arranging facilities in interactive conditions using game theory", Industrial Management Quarterly, Islamic Azad University, Sanandaj Branch, N 13, 2- 13.
- Vinche, A and Ghesemi, A. (2009), "A Nonlinear Weight Optimization Model for Ranking Different Layout Models in the Facility Design Scheme", Applied Mathematics Journal of Lahijan Unit, N 6, V 23, 51-60.
- Azimi Honarmand, M and Pur mohamad, J. (2012), "New Method in Multi-Criterion Decision Making", Fifth International Operational Research Conference, Tabriz, Iran, 65- 67.
- - Aiello, G, Enea, M & Galante, G(2006), A multi-objective approach to facility layout problem by genetic search algorithm and Electre method, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 22, 5-6, 447-455.
- Azimi, M., Taghizadeh, H., Farahmand, N. & Pourmahmoud, J. (2014), Selection of industrial robots using the Polygons area method.International Journal of Industrial Engineering Computations, 5, 4, 631-646.
- Cambron, Kenneth E, Evans & Gerald W (1991), Layout design using the analytic hierarchy process, Computers and Industrial Engineering, 20, 2, 211-229.
- Ertay, Tijen, Ruan, Da, Tuzkaya & Umut Rifat (2006), Integrated data envelopment analysis and analytic hierarchy for the facility layout design in manufacturing systems, Information science, 176, 3, 237-262.
- Karray, F., Zaneldin, E., Hegazy, T., Shabeeb, AHM & Elbeltagi, E. (2000), Tools of soft computing as applied to the problem of facilities layout planning, IEEE Trans Fuzzy System 8, 367–379.

- Kuo, Yiyo, Yang, Taho, Huang & Guan-wei (2008), The use of grey relational analysis in solving multiple attribute decision-making problems, Computer & Industrial Engineering, 55,1,80-93.
- Maniya, K.D & Bhatt, M.G(2011), An alternative multiple attribute decision making methodology for solving optimal facility layout design selection problems, Computer & Industrial Engineering, 61, 3, 542-549.
- Opricovic, S., & Tzeng, G.H. (2007), Extended VIKOR Method in Comparison with Outranking Methods. European Journal of Operational Research, 178, 514-529.
- Partovi, Fariborz Y & Burton, Jonathan (1992), An analytical hierarchy approach to facility layout, Computers & Industrial Engineering, 22, 4, 447-457.
- Rao, R.V. (2007), Decision making in the manufacturing environment using graph theory and fuzzy multiple attribute decision making methods, London: Springer-Verlag.
- Rao, R.V. & Singh, D.(2010), An improved gray relational analysis as a decision making method for manufacturing situations, International Journal of Decision Science,Risk Management,2,1-23
- Rao R.V. (2013), Decision making in the manufacturing environment using graph theory and fuzzy multiple attribute decision making methods, 2, London: Springer-Verlag.
- Raoot AD., Rakshit A. (1991), A fuzzy approach to facilities layout planning, International Journal of Production Research, 29, 835–857.
- Taghizadeh, H.; Fegh-hi Farahmand, N.; Pourmahmoud, J. & Honarmande Azimi, M.(2014), Selection of Environmentally Conscious Manufacturing Programs using the MADM Methods, Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, 4, 8, 135-145.

- Yang, T & Kuo, C (2003), A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem, European Journal of Operation Research, 147, 128–136.
- Yang, Taho & Hung, Chih-Ching(2007), Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem, Robotic and Computer-Integrated Manufacturing, 23, 1, 126-137.