فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال چهاردهم/ شماره ۵۰ / زمستان ۱۳۹۸

انتخاب طرح جانمایی با استفاده از رویکرد فازی و روش PROMETHEE II

جابر کلاکی‌جویباری(نویسنده مسؤول)
کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی صنایع، موسسه آموزش عالی روزبهان، ساری، ایران.
Email: jaber.kalaki@gmail.com
جعفر کلاکی‌جویباری
کارشناسی‌ارشد مدیریت دولتی، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران.
رضا حسن‌زاده
استادیار گروه مهندسی صنایع، موسسه آموزش عالی روزبهان، ساری، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۰۲ * تاریخ پذیرش ۹۸/۱۱/۰۸

چکیده
جانمایی بخش‌ها مسئله‌ای است که به نحوه‌ی چیدمان دپارتمان‌ها در منطقه کاری، با درنظر گرفتن مساحت مورد نیاز و میزان ارتباط بخش‌ها بایکدیگر، می‌پردازد. مسئله جانمایی بخش‌ها به عنوان یک اصل کلیدی برای بهبود بهره‌وری کارخانه در نظر گرفته‌می‌شود، می دانیم طرح‌های نامناسب چیدمان بخش‌ها، همراه با معضلات متعدد و هزینه‌های عملیاتی سیستم‌های جابجایی مواد می‌باشد. روش‌های گوناگونی برای جانمایی بخش‌های کارخانه وجود دارند که نمی‌توان گفت کدام یک از آن‌ها نسبت به دیگری برتری مطلق دارد، بنابر این بایستی با اتخاذ رویکردی مناسب بهترین چیدمان ممکن را از میان طرح‌های مختلف بدست آورد. در این پژوهش پس از ارائه چیدمان‌های مختلف با روش مارپیچی و روش‌های سیستماتیک جانمایی با کمک نرم‌افزارهایAldep, Micro Craft, Plannet و بررسی معیارهای موثر بر طرح‌های چیدمان با رویکرد فازی برای داده‌های کیفی، و تعیین وزن معیارها، رتبه بندی نهایی با استفاده از روش PROMETHEE II و نرم‌افزار Decision lab دریک نمونه مطالعه موردی انجام شده‌است. پس از بررسی طرح‌های چیدمان، طرح ایجاد شده با کمک نرم‌افزار Plannet که از لحاظ هزینه جابجایی مواد در رتبه دوم قرار داشت؛ در مجموع با در نظر گرفتن معیارهای کیفی ماتریس تصمیم رتبه نخست را در رتبه‌بندی نهایی به خود اختصاص داد.

کلمات کلیدی: جانمایی، Aldep، Micro Craft، Plannet¬، PROMETHEE II..

۱-مقدمه

سابقه مسائل مرتبط با طرح‌ریزی واحدهای صنعتی را باید به قدمت تجارت و تولید دانست، به موازات پیشرفت و توسعه سیستم‌های تولیدی و تجاری، توجه بیشتری به بهره‌گیری از فضاها مطرح شده است. منظور از یک مساله طراحی، چیدمان تسهیلات کارآمد، استقرار منسجم و هماهنگ ماشین‌آلات، تجهیزات، بخش‌ها و ایستگاه‌های کاری در یک واحد تولیدی و در کنار هم به نحوی است که با در نظر گرفتن مجموعه اهداف، قیود و سایر شرایط بتوان بیشترین بهره‌برداری را از ترکیب نیروی انسانی، مواد، تجهیزات و ماشین‌آلات به منظور تولید محصولات با حداکثر بهره‌وری و سودآوری بدست آورد. مسئله طراحی چیدمان را می‌توان به عنوان یک موضوع استراتژیک در نظر گرفت که تأثیر بسزایی در عملکرد سیستم تولیدی خواهد داشت(Yang & Hung, 2007). تصمیم‌گیری در مورد طراحی استقرار بر جریان مواد، هزینه‌های حمل ونقل و نگه‌داری، کارایی تجهیزات، بهره‌وری کارخانه، مؤثر بودن کارکنان و مدیریت تأثیر می‌گذارد. مسلما جابجایی و ایجاد تغییرات در چیدمان فضاها و تجهیزات بر روی کاغذ به مراتب ساده‌تر و کم هزینه‌تر از انتقال و جابجایی 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، پاسخ، قابل اجرا در محیط عملیاتی بوده و با شرایط محیط کار سازگار باشد. بنابراین، با صرف زمان کوتاهی جهت طراحی نحوه چیدمان تجهیزات و فضاها قبل از استقرار آن‌ها، می‌توان از بروز بسیاری از خسارت‌ها و نارضایتی‌ها جلوگیری کرد. تکنیک‌های تعیین استقرار را می‌توان به سه دسته مدل‌های ریاضی، روش‌های دستی و مدل‌های کامپیوتری تقسیم نمود. با توجه به اینکه در رویکرد طراحی چیدمان، مجموعه‌ای از معیارهای کمّی و کیفی تأثیرگذارند اما برخی الگوریتم‌ها تنها داده‌های کمّی را می‌پذیرند و برخی دیگر فقط از داده‌های کیفی استفاده می‌کنند. همچنین الگوریتم‌های طراحی شده در نرم‌افزارها و روش‌های دستی موجود تنها با در نظر گرفتن یک هدف مانند کمینه‌سازی کل هزینه جابه‌جایی یا بیشینه‌سازی نرخ نزدیکی کل، اقدام به تولید طرح می‌کنند که این ضعف‌ها در تأثیر همزمان داده‌های کمّی و کیفی و همچنین تک هدفه بودن الگوریتم‌های طراحی باعث کاهش کیفیت طرح استقرار می‌شود. همچنین مدل های ریاضی موجود اغلب بافت و ساختار انتزاعی و به دور از واقعیت دارند و اکثرا بعنوان ابزاری در مرحله تجزیه و تحلیل استقرارهای مختلف یا ارزیابی آن‌ها به کار گرفته شود. بنابراین با توجه به ماهیت چندمعیاره بودن مسائل طراحی چیدمان و جانمایی و وجود معیارهای کیفی در این نوع مسائل، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می تواند مفید باشد. همچنین در اکثر روش‌های تصمیم‌گیری جهت تعیین وزن معیارها از نظرات خبرگان استفاده می‌شود که در صورت عدم آگاهی خبرگان؛ این قضاوت‌ها به تعیین وزن‌های نامناسب و در نهایت عدم انتخاب طرح مناسب‌تر می‌انجامد. در مطالعه کنونی، با ارائه یک روش تلفیقی مناسب می‌توانیم با در نظر گرفتن همزمان عوامل کمی و کیفی و وزن‌دهی آن‌ها با استفاده از ماتریس تصمیم به رتبه‌بندی گزینه‌ها بپردازیم. در این روش بعد از ایجاد طرح‌های جانمایی به کمک نرم افزار، با استفاده از روش پیشنهادی به تعیین اندازه عملکرد طرح‌ها و وزن معیارها پرداخته و در نهایت به رتبه‌بندی نهایی آن‌ها خواهیم پرداخت. با توجه به توضیحات بالا در ادامه به مبانی نظری و مروری بر مطالعات گذشته می‌پردازیم.

توکلی و همکاران، از AHP[1] فازی برای تعیین مقادیر عملکردی طرح‌های چیدمان با توجه به معیارهای کیفی، از آنتروپی شانون برای تعیین وزن معیارها و از تاپسیس برای رتبه‌بندی‌نهایی طرح‌های چیدمان استفاده نمودند(Tavakoli et al., 2013). میری و رضوری، بهینه‌سازی جانمایی ایستگاه‌های تولیدی گسسته با رویکرد گروه‌های کاندید را ارائه دادند. در این رویکرد پس از اتمام فاز طراحی فرآیند عملیات، طراحان از چندین نمودار از–به جریان مواد در قالب گروه‌های کاندید برای ورودی فاز جانمایی ایستگاه‌ها ارائه دادند. و در نهایت با کمک یک مدل برنامه‌ریزی خطی مختلط عددصحیح و درنظرگرفتن ویژگی‌هایی از قبیل وجود ایستگاه های کاندید، قابلیت چرخش ایستگاه‌ها، ابعاد متفاوت و متغییر برای ایستگاه‌ها و رعایت فواصل ایمنی به حل مساله پرداختند (Miri & Razavi, 2018). یانگ و هانگ، در مقاله‌ای برای حل مسئله انتخاب طرح چیدمان بهینه از روش تحلیل

[1] Analytical Hierarchy process

سلسله مراتبی و رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کردند. آن‌ها از یک نرم افزار کامپیوتری برای ایجاد پیشنهادهای طراحی و همچنین مقادیر عملکرد معیارهای کمّی استفاده کردند و از AHP نیز برای تعیین مقادیر عملکرد معیارهای کیفی استفاده شد. در نهایت DEA[2] برای حل مسئله چندهدفه به کار گرفته‌شد(Yang & Hung, 2007). تورفی، و همکاران، در پژوهش خود برای ارزیابی وزن معیارها و رتبه‌بندی پیشنهادهای طراحی، از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی استفاده کردند. روش‌های به کار رفته در این مقاله شامل AHP فازی برای تعیین وزن معیارها و تاپسیس فازی برای رتبه‌بندی طرح های پیشنهادی هستند. همچنین نتایج تحقیق نشان داد زمانی که اندازه‌های عملکرد، اعداد مبهمی هستند، تکنیک فازی روش بهتری است(Torfi et al., 2010). یانگ و کو، برای مساله طراحی چیدمان از یک رویکرد چند هدفه به کمک AHP استفاده نمودند. آن‌ها با استفاده از توسعه یک برنامه کامپیوتری بر پایه AHP و ماژول ساخت مکان بخش‌ها، به طراحی چیدمان پرداختند(Yang & Kuo, 2003). کمبرن و اونس، برای حل مساله طراحی چیدمان ابتدا با استفاده از ترکیبی از روش‌های دستی و سه الگوریتم کرفت[3]، کورلپ[4] و آلدپ[5] به ایجاد شش طرح چیدمان پرداخته و سپس از روش AHP جهت انتخاب طرح چیدمان مناسب‌تر استفاده کردند. معیارهای قضاوت در اینجا شامل حرکت کارآمد مواد، حرکت کارآمد پرسنل، سهولت گسترش، بکارگیری و پیکربندی خوب فضا، سازگاری با فرآیند و تغییرات تجهیزات، نظارت موثر، امنیت، ضمانت، زیبایی‌گرایی و کنترل صدا بوده است(Cambron & Evans, 1991). دابل و استرنیوسکا، کاربرد روش‌های انتخاب برنامه‌ریزی بهینه و ارزیابی طرح جانمایی را در محیط مجازی ارائه دادند. آن‌ها به بررسی طرح‌های چیدمان با استفاده از روشAHP در محیط مجازی پرداختند و بیان نمودند که روش تحلیل سلسله مراتبی و طراحی در محیط مجازی ابزاری است که با استفاده از آن می‌توان یک بخش را با جزئیات برنامه ریزی و ارزیابی نمود و همچنین فرآیند تولید را تسهیل می‌نماید. (Dubel & Stryhunivska, 2019)گنزالز- کروز و همکاران، برای حل مساله طراحی چیدمان از یک الگوریتم مبتنی بر آنتروپی استفاده کردند. این الگوریتم هر ترکیب ممکن از طراحی را بوسیله تابع آنتروپی ارزیابی می‌کند و طرح با کمترین مقدار آنتروپی به عنوان حل بهینه انتخاب می‌شود. در مقایسه با الگوریتم‌هایی مثل کرفت که فقط هدفش بهینه‌سازی هزینه است این روش چند معیار رادر نظر می‌گیرد(Gonzalez-Cruz, 2011). در یک تحقیق که توسط ارتای و همکاران، انجام شد، برای ارزیابی طرح‌های چیدمان از یک روش تصمیم‌گیری بر اساس DEA که معیارهای کمی و کیفی را به صورت همزمان در نظر می‌گیرد استفاده شد. آن‌ها از یک نرم‌افزار کامپیوتری به نام ویس فکتوری برای ایجاد پیشنهادهای طراحی و جمع‌آوری داده‌های کمی استفاده کردند و سپس AHP را برای جمع‌آوری اطلاعات کیفی به کار گرفتند. در نهایت با استفاده از DEA به حل مساله طراحی چیدمان پرداختند. معیارهای در نظر گرفته شده شامل معیارهای کمی مسافت جریان، هزینه جابجایی، امتیاز مجاورت دفازی شده، به کار گیری وسایل جابجایی مواد و نسبت شکل و معیارهای کیفی انعطاف‌پذیری و کیفیت می‌باشند (Ertay, 2006). آرنیانارت و پروکای سونگ، به بررسی انتخاب طرح جانمایی با استفاده از ترکیب روش های چندمعیاره AHP و DEA پرداختند. آن‌ها از AHP برای تعیین وزن معیارها و برای انتخاب نهایی طرح از روش DEA استفاده نمودند و از این روش پیشنهادی برای انتخاب طرح جانمایی یک شرکت تولید قطعات ماشینکاری استفاده نمودند(Arunyanart & Pruekthaisong, 2018). طلوعی و مجریان، یک مدل ریاضی برنامه‌ریزی عددصحیح جهت حداقل سازی مجموع کل جریان و مسافت حرکتی جهت جانمایی تسهیلات ارائه دادند که دو عامل طول و عرض دپارتمان‌ها و فراوانی جریان مواد را در نظر گرفتند(Toloei & Mojriyan, 2010). رضایی نور و همکاران، در پژوهش خود از یک روش ترکیبی فازیAHP و متوسط فازی مبتنی بر امتیازات چپ و راست (FWA) به منظور مکانیابی انبار یک کارخانه لوازم‌خانگی پرداختند(Rezaee et al., 2016). در پژوهش دیگری سلیمانی و خسروآبادی، با استفاده از روش‌های دستی استقرار و با توجه به مساحت در دسترس و درجه اهمیت رابطه دپارتمان یک طرح بهینه با توجه به هزینه‌های حمل‌ونقل برای چیدمان ماشین‌آلات یک کارگاه ارائه دادند(Soleymani & Khosroabadi, 2014). همانطور که در بخش قبلی گفته شد. ضعف‌هایی در

[2] Data Envelopment Analysis
[3] Craft
[4] CORELAP
[5] Aldep

طراحی مناسب چیدمان وجود داردکه باعث کاهش کیفیت طرح استقرار می شوند، از جمله عدم تاثیر همزمان داده های کمی و کیفی و همچنین تک هدفه بودن الگوریتم های جانمایی و ایراداتی که مدل های ریاضی دارند (ساختار انتزاعی و به دور از واقعیت). بنابراین در این پژوهش سعی شده تا با رویکردی مناسب این ضعف‌ها تا حدود زیادی رفع گردد. و با یک روش کارآمد و درنظر گرفتن تمامی معیارهای کمی و کیفی موردنیاز به تعیین یک طرح بهینه جانمایی برسیم.

۲- مواد و روش‌ها

در این بخش به منظور حل مساله انتخاب طرح چیدمان، بـه تشـریح رویکرد حل می‌پـردازیم. در ایـن روش طـرح چیدمان مطلوب، به کمک اهمیت نسبی معیارهای طراحی، که از داده‌های ماتریس تصـمیم حاصـل می‌شـود، بدست می‌آید. در اکثر روش‌های تصمیم گیری چندمعیاره، تصمیم‌گیران نیـاز بـه تعیـین اهمیـت نسـبی بـین معیارهای انتخاب یا وزن هر کدام از معیارها دارند و در صـورتی که تصـمیم‌گیرنـده اطلاعـات کـافی در مـورد تعیین اهمیت نسبی بین معیارها نداشته باشد، این امر منجر به انتخاب طرح چیدمان نامناسب خواهدشد. در حالیکه، در روش حاضر اهمیت مربوط به معیارها به کمک داده‌های فازی ماتریس تصمیم محاسبه می‌گردد. و سـپس به وسیله روش پرومته رتبه‌بندی را انجام می‌دهیم. نقطه ضعف پرومته این‌است که رویکردی را برای وزن‌دهـی معیارهـا ارائـه نکـرده و ایـن مسـئله را بـه تصمیم‌گیرنده واگذار می‌کند (Macharis et al, 2007)، بنابراین می‌توان با بکارگیری ماتریس مقایسات زوجی در وزن‌دهـی معیارهـا نسبت به هم و رتبه‌بندی با روش پرومته، باتوجه به داده‌های فازی، به یک رویکرد مناسب‌تری در رتبه‌بندی چیدمان‌های مختلف در یک واحد تولیدی رسید. خلاصه‌ایی از مراحل و گام‌های پژوهش در شکل زیر نشان داده شده است.

شکل شماره (۱): مراحل اجرای پژوهش

گام ۱. شامل تعریف مساله، ایجاد طرح‌های چیدمان پیشنهادی، تعیین معیارهای طراحی چیدمان تسهیلات و در نهایت فرمول سازی ماتریس تصمیم می‌باشد که برای حل مساله MADM[6] با ساخت مـاتریس تصـمیم، هماننـد شـکل ۱ شروع می‌کنیم، کـه در آن $A=\{A_i\}$ نشـان‌دهنـده مجموعـه پیشـنهادهای طراحـی $for\ i=mmmmmmmm$ $\{\{\{\{\{\{\{\{\{C_j\ mmjmm\}\}\}\}\}\}\}\}\}$ نشان‌دهنده مجموعه معیارهای انتخاب طرح چیـدمان و، X_{ij} نشـان‌دهنـده عملکرد گزینه A_i وقتی با معیار C_j بررسی می‌شود،

[6] Multiple Attribute Decision Making

هستند. ماتریس تصمیم شامل تمامی اندازه‌های عملکرد طرح‌های چیدمان وقتی با معیارهای کمی و کیفی بررسی می‌شوند، می‌باشد.

جدول شماره (۱): ماتریس تصمیم.

معیار/گزینه	C_1	C_2	...	C_n
A_1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1n}
A_2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2n}
⋮	⋮	⋮		⋮
A_m	X_{m1}	X_{m2}	...	X_{mn}

در این ماتریس اندازه‌های عملکرد معیارهای کمی که از روش‌های رایج قابل محاسبه‌اند، مقادیر قطعی می‌باشند. اما مقادیر عملکرد معیارهای کیفی با استفاده از نظر خبرگان و با بکارگیری روش فازی به صورت جدول زیر بدست می‌آیند.

جدول شماره (۲): اهمیت مقیاس فازی(Jung, 2011)

عدد فازی	⟶	قضاوت زبانی
(۱و۱و۲)	ترجیحاً یکسان	کمی مهم
(۱و۳و۵)	نسبتا ارجح تر	نسبتا مهم
(۳و۵و۷)	ترجیح داده شده	مهم‌تر
(۵و۷و۹)	بصورت قوی ترجیح داده شده	خیلی مهم
(۷و۹و۹)	بشدت ترجیح داده شده	کاملا مهم‌تر

گام ۲. محاسبه ارزش اولویت معیارهای چیدمان:

یک عدد فازی مثلثی $\tilde{a}$ را می‌توان با بازه بسته $[L,u]$ که شامل میانگین m است، به این صورت تعریف کرد:

$$\mu_a(x)=\begin{cases}\frac{x-1}{n-1} & l \le x \le m \\ \frac{u-x}{u-m} & m \le x \le u \\ 0 & otherwise\end{cases} \quad (۱)$$

همچنین، عدد فازی مثلثی را می‌توان با تعریف سطح بازه اطمینان a به این شکل مشخص می‌کنیم:

$$\tilde{a}^{\alpha} = [l^{\alpha}, u^{\alpha}] = [(m-l)\alpha + l, u-(u-m)\alpha] \; \forall \alpha \in [0,1] \quad (۲)$$

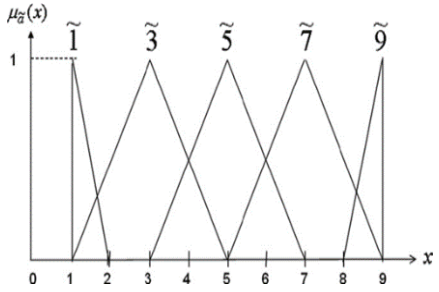
این روش، روشα برش است که در بین تصمیم‌گیرندگان و متخصصان بدان شهرت دارد که می‌تواند اطمینانشان را به تصمیم گیری افزایش بدهد(Güngör et al, 2009). همانطور که در رابطه۲ نشان داده شد، با استفاده از روش α برش ، بازه‌ای از مقادیر یک عدد فازی به دست آمد، حد پایین و حد بالای اعداد فازی با در نظر داشتن برش α در مجموع، مقدار α بین ۰ و ۱ است. اگر $\alpha = 0$ باشد، مشخص می‌شود که میزان خطای تخمینی به بالاترین حد خود رسید و درجه اطمینان پایین‌ترین است. از سوی دیگر، اگر α به ۱ نزدیک و نزدیک‌تر شود، میزان خطای تخمینی کاهش و درجه اطمینان افزایش می‌یابد (Pan, 2008). بر اساس ارزیابی دو به دوی تصمیم‌گیرندگان، یک ماتریس مقایسات فازی $\tilde{A}$ که اهمیت نسبی فازی هر یک از عناصر جفت را نشان می‌دهد، بدین شکل ساخته می‌شود:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12}^{\alpha} & \dots & \tilde{a}_{1n}^{\alpha} \\ \tilde{a}_{21}^{\alpha} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n}^{\alpha} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1}^{\alpha} & \tilde{a}_{n2}^{\alpha} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (۳)$$

$\tilde{a}_{ij}^{x}$ =1, if i=j and $\tilde{a}_{ij}^{x}$ =$\tilde{1},\tilde{3},\tilde{5},\tilde{7},\tilde{9}$ or $\tilde{1}^{-1},\tilde{3}^{-1},\tilde{5}^{-1},\tilde{7}^{-1},\tilde{9}^{-1}$ if i≠j.

پس از ساختن ماتریس مقایسات فازی $\tilde{A}$ باید مقادیر ماتریس‌که به صورت بازه است را به مقادیر قطعی تبدیل کنیم. این کار با به کارگیری شاخص بهینه‌سازی μ امکان‌پذیر است که ویژگی‌های شخصیتی تصمیم‌گیرنده را نمایان می‌سازد (Vahidnia et al, 2009) هر چه مقدار μ افزایش یابد، درجه بهینه‌سازی افزایش می‌یابد(Ayag & Özdemir, 2007).

شاخص بهینه‌سازی یک ترکیب محدب خطی است که به شکل زیر نمایش داده می‌شود:



شکل شماره (۲): توابع عضویت برای ارزش زبانی.

در اینجا یک معیار کمی (هزینه جابجایی) در ماتریس تصمیم در نظر گرفتیم و اولویت دقیق معیارهای کیفی را با روش فازی محاسبه نمودیم. پس از غیرفازی کردن هر یک از ماتریس‌های دوبه دو، لازم است که نسبت پایداری *(CR)* هر یک از ماتریس‌ها را اندازه بگیریم. انحراف از پایداری را با شاخص پایداری *(CI)* زیر عنوان می‌کنند:

$$CI=\frac{(\lambda_{max}\ -n)}{(n-1)} \quad (۴)$$

که در آن λ_{max} بیشترین مقدار $\tilde{A}$ است و n اندازه ماتریس است. با استفاده از CI، CR برای پایداری مستقیم مقایسات دوبه دو به کار می‌رود. با تقسیم CI به مقدار عددی به دست‌آمده از جدول مخصوص شاخص پایداری تصادفی می‌توان CR را محاسبه کرد. باید گفت که شاخص پایداری تصادفی، شاخص میانگین برای وزن‌هایی است که به صورت تصادفی تولید شده‌است (Saaty, 1980).

$$CR=\frac{CI}{RI} \quad (۵)$$

در کل، اگر CR کمتراز ۰/۱ باشد، مقایسه قابل قبول است. در غیر این‌صورت، این مقایسه قابل پذیرش نخواهدبود. (Saaty, 1980).

گام۳. رتبه‌بندی نهایی:رتبه‌بندی با کمک روش پرومته صورت می‌پذیرد. روش پرومته[۷] در دهه ۱۹۸۰ میلادی به وسیله دو پروفسور بلژیکی به نام ژان پیربرنر[۸] و برتراند مارسکال[۹] برای انجام رتبه‌بندی ارائه شده‌است. در این روش که به ساختار یافته‌ی رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها معروف است، رتبه‌بندی گزینه‌ها با مقایسه زوجی گزینه‌ها در هر شاخص، انجام می‌شود که گام‌های آن در زیر آمده‌است:

الف) تشکیل جدول ارزیابی: جدول ارزیابی، نقطه شروع روش پرومته است که در این جدول گزینه‌ها بر اساس معیارهای مختلف ارزیابی می‌گردند(Macharis et al, 2007). در این جدول معیارها و گزینه‌های مربوط به آن آورده می‌شوند.

ب) محاسبه تابع ارجحیت: هنگامی که دو معیار $A_1, A_2 \in A$ را مقایسه می‌کنیم باید نتایج این مقایسات را بر اساس یک ارجحیت بیان کنیم(Macharis et al, 2007). در روش پرومته، تابع ارجحیت هر معیار غالبا از طریق ماهیت هر معیار و دیدگاه تصمیم گیرنده تعیین می‌شود(Albadavi, 2007).

تابع ارجحیت تفاوت بین مقادیر دو گزینه A_1, A_2 را در یک معیار ویژه به درجه ارجحیتی تبدیل می‌کند که از ۰ تا ۱ تغییر می‌کند(Safari, 2012).

$$p_j\ (A_1, A_2) =\ F_j\ [d_j(A_1, A_2)]\ \forall\ A_1, A_2 \in A \quad (۶)$$

که در آن:

$$d_j(A_1, A_2\ ) = f_j(A_1) - f_j(A_2) \quad (۷)$$

$$0 \le p_j\ (A_1, A_2)\ \le 1 \quad (۸)$$

شش نوع تابع از پیش تعریف شده برای تابع $F_j\ [d_j(A_1, A_2)]$ وجود دارد که اکثر کاربردها را پوشش می‌دهند و عبارتنداز:

[7] PROMETHEE
[8] Jean Pierre Brans
[9] Bertland Mareschal

معیار عادی، معیار بخشی، معیارVشکل ، معیار هم‌سطح، معیار Vشکل با ناحیه بی‌تفاوتی و معیار گاوسی (Albadavi, 2007).

ج) محاسبه تابع ارجحیت کل: در مرحله بعدی شاخص ارجحیت کل به صورت زیر محاسبه می‌گردد :

$$\pi'(A_1, A_2) = \sum_{j=1}^{n} p_j(A_1, A_2)\ w_j \quad (۹)$$

که در آن $\pi'(A_1, A_2)$ عبارت‌است از جمع موزون $p(A_1, A_2)$ برای هر معیار و w_j وزن مرتبط با j امین معیار می‌باشد (Bogdanovic, 2012).

د) محاسبه جریان‌های مثبت و منفی: در گام بعدی جریان مثبت (خروجی) ارجحیت به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Phi^{+}(A_1) = \frac{1}{m-1} \sum_{x \in A} \pi'(A_1, x) \quad (۱۰)$$

جریان منفی (ورودی) ارجحیت نیز از رابطه زیر حاصل می شود(Bogdanovic, 2012).

$$\Phi^{-}(A_1) = \frac{1}{m-1} \sum_{x \in A} \pi'(x, A_1) \quad (۱۱)$$

و) محاسبه جریان خالص: روش پرومته ۲رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها را با محاسبه جریان خالص بیان می‌کند برای محاسبه جریان خالص از رابطه زیر استفاده می‌شود(Bogdanovic, 2012).

$$\Phi(A_1) = \Phi^{+}(A_1) - \Phi^{-}(A_1) \quad (۱۲)$$

مطالعه موردی: جهت نشان‌دادن صحت مدل پیشنهادی به حل مساله‌ی طراحی و انتخاب طرح چیدمان مناسب برای یک شرکت تولیدی یخچال فریزرو اجاق‌گاز، می‌پردازیم. مراحل حل مدل تلفیقی بیان شده در ادامه به صورت جز به جز توضیح داده شده‌است. شرکت تولیدی مورد نظر می‌بایست دارای هفت واحد تولیدی انبار، ورق‌کاری، مونتاژ، خط رنگ، تزریق فوم، شارژ گاز و بسته‌بندی باشد که مساحت واحدها و همچنین جدول از ـ به آن در جدول زیر آورده شده‌است. همانطور که قبلا اشاره نمودیم، با استفاده از چهار روش ایجاد طراح جانمایی شامل روش مارپیچی و روش‌های سیستماتیک جانمایی با کمک نرم-افزارهایAldep, Micro Craft, Plannet طرح‌های مورد نظر را پیاده‌سازی نمودیم. که در ادامه به جزییات پیاده‌سازی طرح‌های جانمایی مورد نظر می‌پردازیم.

جدول شماره (۳): مساحت واحدهای تولیدی.

شماره	نام واحد	مساحت m^2
۱	(A) انبار	۱۸۰
۲	(B)ورق کاری	۲۰۰
۳	(C)مونتاژ	۷۰
۴	(D)خط رنگ	۱۳۰
۵	(E)تزریق فوم	۱۶
۶	(F)شارژ گاز	۱۲
۷	(G)بسته بندی	۱۲

جدول شماره (۴): جدول از– به جریان.

به / از	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
(A)	-	۷۳	۰	۰	۰	۰	۰
(B)	۰	-	۵۸	۱۲	۰	۰	۰
(C)	۰	۱۲	-	۱۶	۲۷	۲۷	۰
(D)	۰	۰	۴۳	-	۰	۰	۰
(E)	۰	۰	۲۷	۰	-	۰	۰
(F)	۰	۰	۰	۰	۰	-	۲۷
(G)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-

الف) ایجاد طرح‌های چیدمان: در این مطالعه با استفاده ازروش حلزونی و طرح‌های منتخب توسط نرم‌افزار Aldep, Micro Craft, Plannet. نیز ۴، طرح چیدمان مناسب جهت ارزیابی، ایجاد شد.

طرح۱ (روش مارپیچی): هدف کلی این روش حداقل کردن جریان بین بخش‌های غیر همجوار یا به عبارتی حداکثرسازی بین دپارتمان‌های همسایه است(Entezari, 2003).

قدم اول، مشخص نمودن جریان‌های ورودی و خروجی هر بخش.

قدم دوم، مرتب نمودن نزولی بخش‌های مربوط به هم به صورت دو به دو برحسب میزان جریان.

قدم سوم، قرار دادن دپارتمان‌ها در کنار هم بدون درنظر گرفتن مساحت، به طوری که مقدار جریان مواد بین دپارتمان‌های همسایه ماکزیمم گردد.

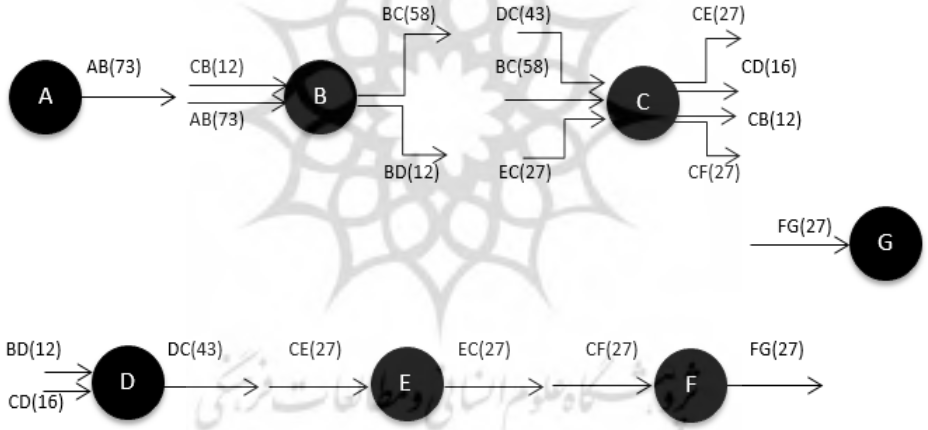
قدم چهارم، تعیین موقعیت بخش‌های دریافت و ارسال روی نقشه.

قدم پنجم، قرار دادن دپارتمان‌ها با توجه به مساحت آن‌ها و با در نظر گرفتن همسایگی تعیین شده در قدم سوم.

قدم ششم، تکرار قدم ۳ تا ۵ جهت استقرارهای مختلف و مقایسه آن‌ها با توجه به معیار ارزیابی زیر:

$$w = \frac{\text{مجموع ارتباطات بین بخش های همسایه}}{\text{جمع کل ارتباطات}} \quad (۱۳)$$

قدم آخر، طرح استقراری انتخاب می‌شود که معیار ارزیابی کمتری داشته باشد. بنابراین با توجه به جدول از–به داریم:

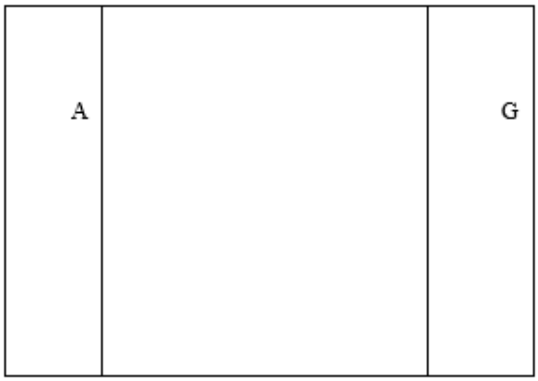


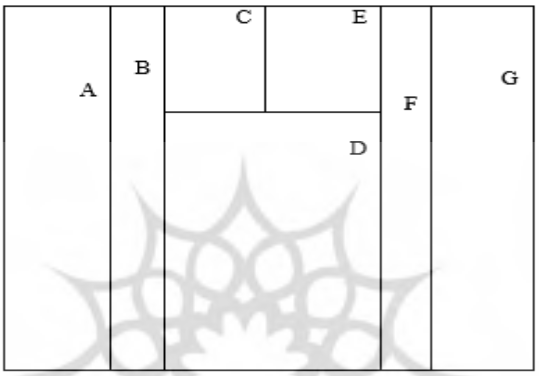
شکل شماره (۳): فرآیند روش مارپیچی

جدول شماره(۵): رابطه فعالیت‌ها به صورت نزولی.

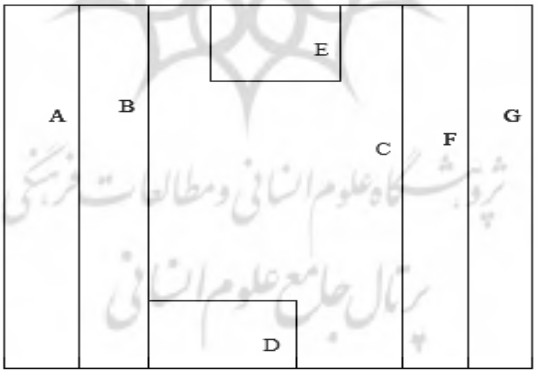
شماره	رابطه فعالیت ها
۱	AB(73)
۲	BC(58)
۳	DC(43)
۴	EC(27)
۵	CE(27)
۶	CF(27)
۷	FG(27)
۸	CD(16)
۹	BD(12)

CB(12)	۱۰
جمع	۳۲۲





$$W=\frac{(۲۷+۱۶+۱۲+۵۸+۷۳)}{۳۲۲}=۰/۵۷$$



کارایی این طرح بیشتر بوده، بنابراین طرح بهبود یافته‌است و پذیرفته می‌شود. همانطور که می‌دانیم روش مارپیچی یک روش سیستماتیک برای بهبود ارائه نمی‌دهد. بنابراین مواقعی که تعداد بخش‌ها زیاد نباشند کاربرد دارد. لذا زمانی که تعداد بخش‌ها زیاد شود این روش کارایی نخواهد داشت.

طرح۲ (Aldep): این الگوریتم براساس رابطه فعالیت‌ها کار می کند، یک الگوریتم سازنده است یعنی طرح استقرار اولیه را تهیه می‌کند اما آن را بهبود نمی‌دهد. از مزایای این روش درنظر گرفتن فضا برای راهرو آسانسور و پله می‌باشد(Entezari, 2003).

قدم اول، انتخاب یک بخش به صورت تصادفی.

قدم دوم، انتخاب بخش بعدی با درنظر گرفتن جدول رابطه فعالیت‌ها که بیشترین رابطه را با بخش قبلی داشته‌باشد.*(A, E, I, O, U, X)*.

قدم سوم، انتخاب دپارتمان بعدی از بین دپارتمان‌ها.

قدم جهارم، چیدن دپارتمان‌ها به ترتیبی که انتخاب شده‌اند به صورت موازی.

قدم پنجم، محاسبه امتیاز هر طرح.

(A=64,E=16,I=4,O=1,U=0,X=-1024).

قدم ششم، m بار تکرار مراحل ۱تا۵.

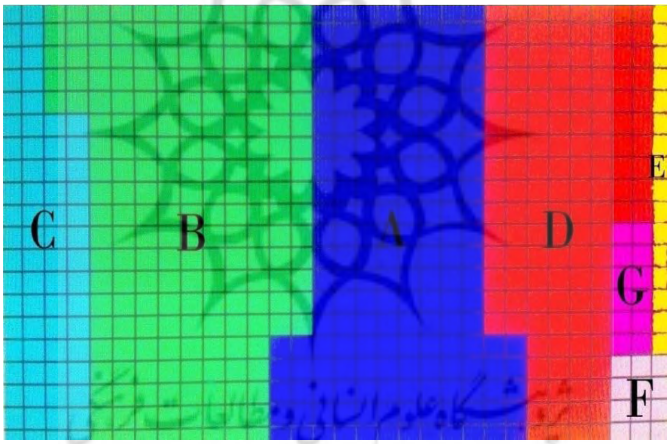
قدم هفتم، محاسبه امتیاز طرح‌ها و قبول طرح‌هایی که امتیازشان بیشتر از حداقل امتیاز است.

قدم هشتم، انتخاب طرحی که دارای بیشترین امتیاز است به عنوان حداقل امتیاز برای run مرحله بعدی و بازگشت به قدم اول.

شرط توقف: اگر دریک run هیچ یک از طرح‌های ایجاد شده بزرگتر یا برابر حداقل امتیاز نشود.

جدول شماره (۶): رابطه فعالیت‌ها.

بسته بندی	شارژگاز	تزریق فوم	مونتاژ	خط رنگ	ورق کاری	-----
I	O	O	A	O	A	انبار
U	U	U	O	I	ورق کاری	
U	X	U	O	خط رنگ		
U	O	I	مونتاژ			
U	U	تزریق فوم				
O	شارژگاز					



(A_2) Total Closeness Rating: 276.

شکل شماره(۵): طرح ایجاد شده توسط نرم‌افزار آلدپ

A: انبار، B: ورق‌کاری، C: مونتاژ، D: خط رنگ، E: بسته بندی، F: تزریق فوم، G: شارژگاز.

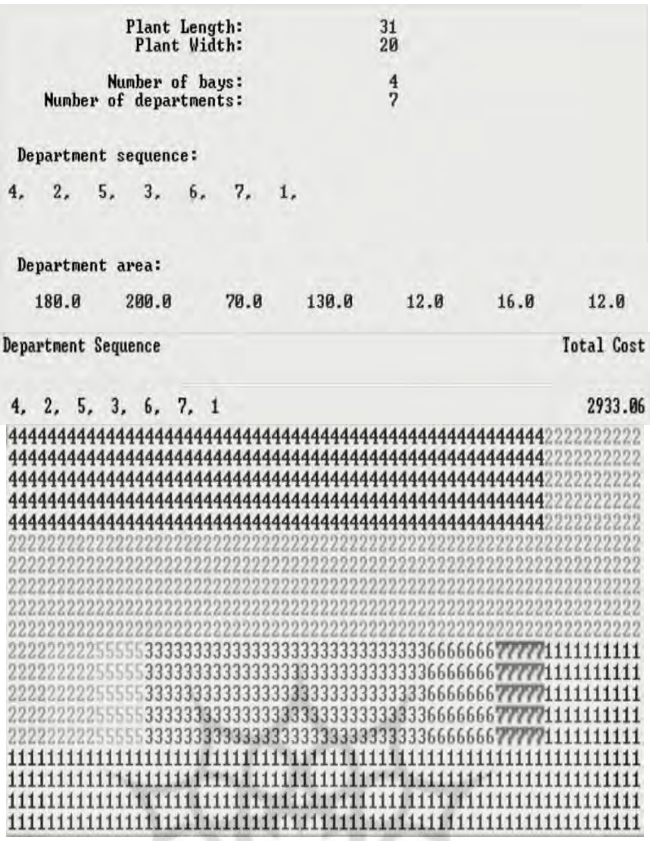
طرح۳ (Micro Craft): هدف این روش حداقل سازی هزینه کل حمل می‌باشد. این الگوریتم دقیقا مبتنی بر روش جدول‌بندی سفر می باشد. و یک الگوریتم بهبوددهنده است(Entezari, 2003).

قدم اول، تعیین مرکز ثقل هریک از دپارتمان‌ها با توجه به طرح اولیه.

قدم دوم،تعیین فاصله مختصاتی مرکز دپارتمان‌ها و تشکیل ماتریس فاصله.

قدم سوم، تشکیل ماتریس هزینه کل از ضرب جزء به جزء سه ماتریس جریان، مسافت و هزینه.

قدم چهارم، جابجایی محل بخش‌ها به منظور بهبود. تکرار این مراحل تا جایی که بهبود حاصل نشود.



شکل شماره (۶): طرح ایجاد شده توسط نرم‌افزار کرفت(A_3).

۱:انبار، ۲:ورق‌کاری، ۳:مونتاژ،۴: خط رنگ، ۵: بسته‌بندی، ۶:تزریق فوم، ۷:شارژگاز.

طرح۴ (Plannet): از قوی‌ترین و کاراترین الگوریتم استقرار به شمار می‌آید. یک الگوریتم سازنده می‌باشد، هدف آن حداکثر کردن درجات نزدیکی بین بخش‌ها یا حداقل کردن هزینه حمل و نقل می‌باشد(Entezari, 2003).

قدم اول، تبدیل اطلاعات جریان مواد به فرم مورد نیاز الگوریتم.

قدم دوم، انتخاب دپارتمان‌ها برای استقرار.

قدم سوم،استقرار بخش‌های انتخاب شده.

شکل شماره (۷): طرح ایجاد شده توسط نرم افزار پلنت(A_4).

A ب) تعیین معیارهای طراحی چیدمان: معیارهای در نظر گرفته شده در این تحقیق شامل پنج معیار می‌باشند که چهارمورد آن-ها کیفی و یک مورد آن کمی است. معیارهای کیفی عبارتند از۱- انعطاف پذیری *(C_1)*، این معیار دربر گیرنده دو جنبه می باشد الف: توانایی بـرای انجـام وظـایف گونـاگون تحـت شـرایط عملیـاتی مختلف. ب: انعطاف‌پذیری برای گسترش در آینده، که اگر

یک طرح چیدمان به طـور مناسـبی طرّاحـی شـده باشد می‌تواند با اخلال کم در عملیات و بهره‌وری گسترش یابد(Yang & Hung, 2007). ۲- ارتباط محیطی *(C_2)*، در صورتی که ارتباط محیطی بین دو بخش پر مخاطره باشد، بهتر است آن دو بخش از هم دور باشند که این ممکن است به دلایلی چون سرو صدا، ارتعاش و لرزش، آلودگی یا جنبه های مربوط به امنیت کارگران و یا خطرات ناشـی از آتش سوزی و انفجار باشد(Momeni, 2005). ۳- استفاده مشترک از نیروی انسانی *(C_3)*، نشان‌دهنده بخش‌هایی مـی‌باشـد که جهت انجام وظایف از نیروهای انسانی مشترکی استفاده می‌کنند(Yang & Hung, 2007). ۴- جریان مواد *(C_4)*، بیـان کننـده ارتباط جریان مواد بین بخش‌ها می‌باشد(Karray et al, 2005) ۵- هزینه جابجایی *(C_5)*، این معیار نشان دهنده هزینه جریان مواد بین بخش‌ها می‌باشد که برابر مجموع حاصل ضرب تعداد جریان مواد در هزینه جریان (هر واحد بار در واحد مسافت) در واحد مسافت جریان برای هر جفت تسهیل می‌باشد.

ج) فرمول‌سازی ماتریس تصمیم: در این گام به محاسبه مقادیر عملکردی هر یک از طرح‌های پیشنهادی با توجه به معیارها می‌پردازیم که از تصمیم گیرنده خواسته می‌شود با توجه بـه جـدول ۲ مقایسات فازی هر معیار امتیاز مناسب را تخصیص دهـد. جدول زیر نشان‌دهنده قضاوت‌های تصمیم گیرنده یا DM می‌باشد. در جدول زیر مقادیر مربوط به معیار هزینه موجوداست.

جدول(۷): ماتریس تصمیم بدست‌آمده از قضاوتDM.

	دقیق					مقادیر فازی				
	C_5	C_4	C_3	C_2	C_1	C_4	C_3	C_2	C_1	معیار/گزینه
A_1	۴۹۰۴	۵	۱	۵	۳	[۵/۴ و ۴/۶]	[۱/۲و ۰/۸]	[۵/۴ و ۴/۶]	[۳/۴ و ۲/۶]	A_1
A_2	۴۲۷۲	۵	۳	۵	۳	[۵/۴ و ۴/۶]	[۳/۴ و ۲/۶]	[۵/۴ و ۴/۶]	[۳/۴ و ۲/۶]	A_2
A_3	۳۳۴۳	۵	۱	۳	۳	[۵/۴ و ۴/۶]	[۱/۲و ۰/۸]	[۳/۴ و ۲/۶]	[۳/۴ و ۲/۶]	A_3
A_4	۴۰۲۲	۷	۱	۳	۵	[۷/۴ و ۶/۶]	[۱/۲و ۰/۸]	[۳/۴ و ۲/۶]	[۵/۴ و ۴/۶]	A_4

د) اولویت‌بندی معیارها: با تبدیل مقادیر فازی به اعداد دقیق طبق رابطه (۲) و با کمک روش تحلیل سلسله مراتبی وزن هر معیار را محاسبه می‌نماییم. (با تقسیم عناصر هر ستون به مجموع آن ستون و در نهایت محاسبه میانگین هر سطر).

جدول شماره (۸): تعیین وزن معیارها نسبت به هم.

	دقیق					مقادیر فازی					
w	C_5	C_4	C_3	C_2	C_1	C_5	C_4	C_3	C_2	C_1	معیار
۰.۱۳	۰.۳۹۹	۰.۳۹۹	۱	۱.۰۴۲	۱	[$\frac{۱}{۳/۴}$ و $\frac{۱}{۲/۶}$]	[$\frac{۱}{۲/۶}$ و $\frac{۱}{۳/۴}$]	[۱/۲و ۰/۸]	[$\frac{۱}{۰/۸}$ و $\frac{۱}{۱/۲}$]	۱	C_1
۰.۲۱	۱.۰۴۲	۱.۰۴۲	۳	۱	۱	[$\frac{۱}{۰/۸}$ و $\frac{۱}{۱/۲}$]	[$\frac{۱}{۰/۸}$ و $\frac{۱}{۱/۲}$]	[۳/۴ و ۲/۶]	۱	[۱/۲و ۰/۸]	C_2
۰.۱	۰.۲۰۱	۰.۳۹۹	۱	۰.۳۹۹	۱.۰۴۲	[$\frac{۱}{۵/۴}$ و $\frac{۱}{۴/۶}$]	[$\frac{۱}{۳/۴}$ و $\frac{۱}{۲/۶}$]	۱	[$\frac{۱}{۳/۴}$ و $\frac{۱}{۲/۶}$]	[$\frac{۱}{۱/۲}$ و $\frac{۱}{۰/۸}$]	C_3
۰.۲۱	۰.۳۹۹	۱	۳	۱	۳	[$\frac{۱}{۳/۴}$ و $\frac{۱}{۲/۶}$]	۱	[۳/۴ و ۲/۶]	[۱/۲و ۰/۸]	[۳/۴ و ۲/۶]	C_4
۰.۳۵	۱	۳/۴ و ۲/۶]	۵/۴ و ۴/۶]	۱/۲و ۰/۸]	۳	۱	[۳/۴ و ۲/۶]	[۴/۶ و ۵/۴]	[۰/۸ و ۱/۲]	[۲/۶ و ۳/۴]	C_5

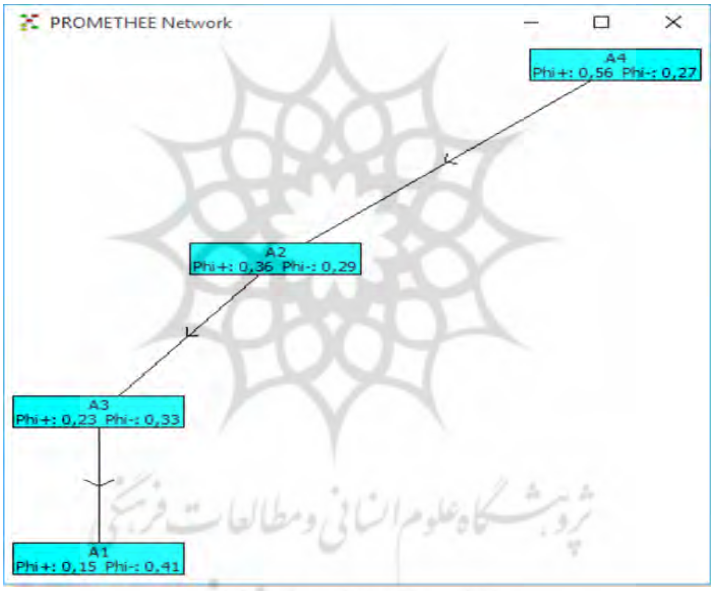
و) محاسبه تابع ارجحیت: برای چهار معیار کیفی تابع معمولی و برای معیار کمی تابع خطیV (شـکل) در نظر گرفته‌شد.

ه) محاسبه تابع ارجحیت کل: با توجه به مراحل گام۳؛ با نرمالایز نمودن ماتریس تصمیم بدست‌آمده از قضاوتDM. و جایگذاری آن به همراه وزن های بدست آمده (جدول۸) در نرم‌افزار Decision Lab، رتبه‌بندی نهایی مطابق شکل زیر تعیین شد.

PROMETHEE Flow Table

	action	Phi	Phi+	Phi-
1	A4	0,2933	0,5633	0,2700
2	A2	0,0733	0,3633	0,2900
3	A3	-0,1000	0,2300	0,3300
4	A1	-0,2667	0,1467	0,4133

شکل شماره (۸): رتبه طرح‌های چیدمان در نرم‌افزارDecision Lab



شکل شماره (۹): رتبه طرح‌های چیدمان در نرم‌افزارDecision Lab.

همانطور که مشاهده می‌شود طرح شماره ۴ با توجه به اینکه از لحاظ هزینه جابجایی مواد در رتبه دوم قرار داشت با توجه به معیارهای کیفی ماتریس تصمیم رتبه نخست را در رتبه‌بندی نهایی از میان ۴ طرح به خود اختصاص داده پس از آن به ترتیب طرح‌های ۳،۲و۱ قرار می‌گیرند.

۳- نتایج و بحث

در این پژوهش مساله رتبه بندی جانمایی بخش‌ها را درنظر گرفتیم. از آنجا که برای انتخاب طرح جانمایی علاوه بر درنظرگرفتن هزینه‌های جابجایی، بایستی برخی معیارهای کیفی را هم بررسی‌کرد. معیارهایی همچون؛ انعطاف‌پذیری، ارتباط محیطی،استفاده مشترک از نیروی‌انسانی و جریان مواد با رویکرد فازی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این راستا از روش PROMETHEE II که قابلیت ارزیابی همزمان معیارهای کمی و کیفی را دارد و یکی از روش‌های متداول و مناسب در این امر و رتبه‌بندی با معیارهای چندگانه می‌باشد، استفاده‌شد. در نتیجه پس از ارائه چیدمان‌های مختلف با روش مارپیچی و روش‌های سیستماتیک جانمایی با کمک نرم‌افزارهای Aldep, Micro craft, Plannet و استفاده از روشPROMETHEE II، توسط نرم‌افزارlab Decision جهت رتبه‌بندی نهایی طرح‌های ایجادشده، طرح چیدمان شماره ۴ با توجه به تمام معیارهای مورد نظر، انتخاب‌گردید،

طرح‌های اولیه این پژوهش ابتدا با نظر خبرگان از میان چیدمان‌های مختلف برگزیده شده که هر کدام در روش خود جزو بهینه-ترین بوده و انتخاب یک طرح از میان آن‌ها مسلما تاثیر بسزایی در کارایی بخش تولید و کاهش هزینه‌های آتی خواهدداشت.
از تفاوت‌های این روش نسبت به سایر مطالعات مشابه در این زمینه این است که در روش حاضر، تعیین طرح جانمایی بهینه، بدون درنظر گرفتن اهمیت نسبی بین معیارها (وزن معیارها) که معمولا از طریق نظر مستقیم خبرگان تعیین می‌شود. به دست می‌آید. زیرا نا آشنایی خبرگان با تمام جزییات مساله ممکن است موجب ایجاد ارزش‌های معیار نامناسب و درنتیجه انتخاب طرح نا کارآمد شود. علاوه بر این استفاده از رویکرد فازی و دفازی سازی مقادیر با روش α برش مثلثی و تعیین وزن معیارها نسبت به هم با روش AHP و در نهایت رتبه‌بندی نهایی با کمک روش PROMETHEE II ، یک رویکرد متمایز نسبت به سایر پژوهش‌های انجام شده در این زمینه داده است. در پایان با توجه به ماهیت متغیر معیارها که با توجه به نوع نیاز هر کارخانه ممکن است متفاوت باشد، پیشنهاد می‌کنیم از این رویکرد و یا ترکیب این رویکرد با سایر روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه در انتخاب طرح جانمایی برای سایر مسائل نیز استفاده شود.

۴- منابع

1- Albadavi, A., Chaharsooghi, S.K. & Esfahanipour, A. (2007). Decision making in stock trading: An application of PROMETHEE. *European Journal of Operational Research*, 177, 673–683.
2- Arunyanart, S. & Pruekthaisong, S. (2018). Selection of multi-criteria plant layout design by combining AHP and DEA methodologies, *The 4th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology*, 192, 5.
3- Ayag˘, Z. & Özdemir, R.G. (2007). An intelligent approach to ERP software selection through fuzzy ANP. *International Journal of Production Research*, 45(10), 2169–2194.
4- Bogdanovic, D., Nikolic, D. & Ilic, I. (2012). Mining method selection by integrated AHP and PROMETHEE method. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 84(1), 219-233.
5- Cambron, K.E. & Evans, G.W. (1991). Layout design using the analytic hierarchy process. *Computers and Industrial Engineering*, 202, 211-229.
6- Dubel, A. & Stryhunivska, O. (2019). Application of selection techniques of optimal planning and evaluation of a system layout in virtual environment, *Central and Eastern European Journalof Management and Economics*, 7, 2, 47-62.
7- Entezari, A. (2004). Planning industrial units (Plant Layout) , *Jahan jame jam publishing*, Tehran, First edition, (In Persian).
8- Ertay, T., Ruan, Da, & Tuzkaya, U. R. (2006). Integrated data envelopment analysis and analytic hierarchy for the facility layout design in manufacturing systems, *Information science*, 176, 3, 237-262.
9- Gonzalez-Cruz, M. C. & Martinez, E.G. (2011). An entropy-based algorithm to solve the facility layout design problem, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 27, 1, 88-100.
10- Güngör, Z., Serhadlıog ˘lu, G. & Kesen, S. E. (2009). A fuzzy AHP approach to personnel selection problem. *Applied Soft Computing*, 9, 641–646.
11- Jung, H. (2011). A fuzzy AHP–GP approach for integrated production-planning considering manufacturing partners. *Expert Systems with Applications*.38. 5833-5840.
12- Karray, F., Zaneldin, E., Hegazy, T., Shabeeb, A.H.M. & Elbeltagi, E. (2000). Tools of softcomputing as applied to the problem of facilities layout planning. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 8(4), 367-379.
13- Macharis, C., Springael, J., Brucker, K.D. & Verbeke, A. (2007). PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis, Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. *European Journal of Operational Research*, 153, 307–

317.
14- Miri, A. & Razavi, H. (2018). Optimization of Discrete Facility Layout with a Candidate Grouping Approach, *Production and Operations Management*, Vol 9, 55-78. (In Persian).
15- Momeni, M. (2006). New issues in operations research, *Publishing Faculty of Management University of Tehran*, First edition. (In Persian).
16- Pan, N.F. (2008). Fuzzy AHP approach for selecting the suitable bridge construction method. *Automation in Construction*, 17, 958–965.
17- Rezaeenour, J., Torabi, M. & Babaie, N. (2016). Development of Compound Model for Warehouse Location Using Fuzzy Weighted Average based on the Left and Right Scores and Fuzzy Case Series, *Journal of Industrial Management, Sanandaj Branch*, Volume 11, Issue 35, Page 45-56, (In Persian).
18- Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation. *New York: McGraw-Hill*.
19- Safari, H., Fagheyi, M.S., Ahangari, S.S. & Fathi, M.R. (2012). Applying PROMETHEE Method based on Entropy Weight for Supplier Selection. *Business management and strategy*, 3(1), 97-106.
20- Soleymani, M. & Khosroabadi, A. (2014). Optimal layout of manufacturing sections In an industrial unit using manual deployment, *Conference on value engineering and cost Management*, Tehran, Pars Designers Research Institute, (In Persian).
21- Tavakoli, A., Poya, A. & Tabari, J. (2013). Compilation design Fuzzy Multi-criteria decision making to select the layout of the facility, *Industrial Management Perspective*, No. 10, pp. 57-84, (In Persian).
22- Toloei Ashlaghi, A. & Mojrian, M. (2011). Developing a facility layout optimization method using mathematical modeling (Case study: Pooya khodro shargh), *journal of management research*, volume 21, number 87; page81 to 94, (In Persian).
23- Torfi, F., zanjirani Farahani, R. & Rezapour, SH. (2010). Fuzzy AHP to determine the relative weights of evaluation criteria and Fuzzy TOPSIS to rank the alternatives. *Applied Soft Computing*, 102, 520-528.
24- Vahidnia, M., Alesheikh, A. A., & Alimohammadi, A. (2009). Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal of Environmental Management*, 90, 3048–3056.
25- Yang, T. & Hung, C. (2007). Multiple-attribute decision-making methods for plant layout design problem, *Robotic and Computer-Integrated Manufacturing*, 23, 1, 126-137.
26- Yang, T. & Kuo, Ch. (2003). A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem. *Europen Journal of Operational research*, 147.1, 128-13.

Selection of Layout planning Using Fuzzy Approach and PROMETHEE II Method

Jaber Kalaki Juybari (Corresponding author)
Department of Industrial Engineering Rouzbahan Institute of Higher Education, Sari, Iran.
Email: jaber.kalaki@gmail.com
Jafar Kalaki Juybari
Department of Public Administration, Islamic Azad University, Ghaeemshahr Branch, Ghaeemshahr, Iran.
Reza Hasanzadeh
Department of Industrial Engineering Rouzbahan Institute of Higher Education, Sari, Iran.

Abstract
Layout Sections problem, processed how to departmental layout in the work area, considering the required area and the relationship between sectors. The problem of Layout sections as Considered being a key principle to improve factory productivity. We know, inappropriate designs layout of sections, Along with numerous dilemmas and Operating costs of material Displacement systems. There are different ways to Factory Layout Sections, each of the methods has its own features, One cannot say which of them has an absolute superiority to another, Therefore, should by adopting an appropriate approach Obtained the best possible layout from different designs. In this paper, after presenting various layouts with spiral technique and systematic layout planning using software's Aldep, Micro Craft, Plannet And reviewing Effective Criteria on plan of layouts with a fuzzy approach for qualitative data, And determining the weight of the criteria, the final ranking was done using the PROMETHEE II method and the lab Decision software in a case study. After reviewing the layout plans, Design created with Plannet software, which was in second place in terms of transportation costs, Overall, Taking into account the qualitative criteria of the decision matrix, Ranked first in the final rankings.

Keywords: Aldep, Layout, Micro Craft, Plannet, PROMETHEE II.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی