فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال هفتم / شماره ۲۰ / تابستان ۱۳۹۱

ارائه یک مدل ریاضی صفر و یک مخلوط برای تعیین چیدمان بهینه واحد مونتاژ کارخانه قالب های پیشرفته ایران خودرو

سعید اسپید
دانشگاه آزاد اسلامی،دانشجوی کارشناسی ارشد واحد علوم و تحقیقات، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران
علیرضا رشیدی کمیجان(نویسنده مسؤول)
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فیروزکوه، گروه مهندسی صنایع، فیروزکوه، ایران
Email: Rashidi@azad.ac.ir
جمشید ناظمی
دانشگاه آزاد اسلامی، عضو هیات علمی واحد علوم و تحقیقات، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۱۱ * تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۲۲

چکیده
مسئله چیدمان تجهیزات جزو مهمترین مسائل در کارخانجات تولیدی می باشد چرا که با چیدمان مناسب تجهیزات می توان هزینه حمل و نقل مواد و قطعات را به میزان قابل ملاحظه ای کاهش داد. این مقاله به ارائه یک مدل ریاضی برای تعیین چیدمان بهینه تسهیلات واحد مونتاژ کارخانه قالبهای پیشرفته ایران خودرو می پردازد. مدل مذکور از نوع صفر و یک مخلوط است که بر گرفته از تامپکینز می باشد. تابع هدف مدل کمینه سازی هزینه های حمل و نقل بین ماشین آلات می‌باشد. مدل مذکور با نرم افزار LINGO حل شده و خروجی آن بهترین مکان قرار گیری ماشین آلات را مشخص می‌کند.

کلمات کلیدی: تجهیزات[1]، جانمایی تجهیزات[2]، مدلسازی صفر و یک.

[1] Facilities
[2] Facilities Layout

۱- مقدمه

یکی از مباحث مهم و تأثیر گذار در پیشرفت کار و کاهش هزینه های تولید، نوع چیدمان و مسایل جانمایی است. مقاله های زیادی در زمینه رفع مشکل استقرار کارخانه وجود دارد. در اکثر این مقاله ها، مجموعه نگرشهایی که توسط مهندسان صنایع در حل مسائل استقرار کارخانه از اوایل سال ۱۹۰۰ میلادی به کار رفته، ارائه شده است. قبل از نگرشهای تحلیلی که اخیراً مطرح شده است، روشهای سنتی و راه حلهای آنها غالبا بر دیدگاههای تجربی تکیه می کرده اند. با وجود این، برخی از این دیدگاهها که از قبل در دسترس هستند حائز اهمیتند که ما نقش این دو دیدگاه را در طراحی جانمایی کارخانه بررسی می نماییم (Seyyed Hoseini, 1999) جانمایی ضعیف تجهیزات یکی از دلایل اصلی عدم کارایی در تولید است. به عنوان نمونه در یکی از کارخانجات تولیدی، مواد اولیه از کامیون عرضه کننده به یک انبار منتقل، سپس از انبار به کارخانه حمل و در نهایت در یک فضای نگهداری کالا، ذخیره و یا حتی در انبار دیگری قرار داده می شود. در یک جانمایی برحسب فرایند، مواد اولیه بایستی در خلال عملیات ساخت بین واحدهای مختلف انتقال داده شوند که در نتیجه هزینه های غیر ضروری به شکل موجودی، جابه جایی، تأخیر تولید و نظایر آن اتفاق خواهد افتاد.

جانمایی مناسب تسهیلات و طراحی محل کار، مقدار محصولات و خدمات یک سازمان را افزایش خواهد داد. تعدادی از اهداف اساسی مطالعه جانمایی تسهیلات شامل کاهش هزینه جابجایی و حمل موجودی کار در جریان، حداقل کردن سرمایه گذاری در تجهیزات، امکان استفاده بهتر از فضا و بهبود روحیه کارکنان می باشد (Seyyed Hoseini, 2005).

یکی از تعاریفی که برای جانمایی مطرح شده است، بیان می دارد که مقصود از جانمایی، شناسایی، گزینش و مشخص کردن وسایل و تجهیزات لازم و ضروری برای انجام عملیات مختلف، مشخص کردن اندازه، شکل و ابعاد آنها و در نهایت قرار دادن آنها در مکان بهینه در داخل یا اطراف کارگاه در زمان انجام پروژه می باشد (Entezarkheir, 2008). تعریف دیگری از جانمایی وجود دارد که بیان می دارد: جانمایی سایت بیانگر ارتباط میان کارگاه مورد نظر با محیط اطراف خود با توجه به ارتباطات، راه های دسترسی و تجهیزات موجود می باشد (Shen, 2004). در جایی دیگر به این صورت تعریف می شود: تجهیز یا جانمایی کارگاه عبارت است از عملیات، اقدام ها و تدارکاتی که باید به صورت موقت برای دوره اجرا انجام شود تا آغاز و انجام دادن عملیات موضوع پیمان، طبق اسناد و مدارک پیمان میسر شود. (Pour Moghaddam, 2010)

جانمایی تسهیلات نشان دهنده ترتیب خاص تسهیلات فیزیکی می باشد. هدف از مطالعه جانمایی تسهیلات عبارت است از: الف) حداقل کردن تأخیرها در جابه جایی مواد، تامین انعطاف پذیری، استفاده مؤثرتر از فضا و نیروی کار و افزایش روحیه کارکنان. مطالعه جانمایی تسهیلات ضروری است هرگاه:

۱. یک تسهیلات جدید ساخته شود.
۲. یک تغییر کلی در حجم تولید وجود داشته باشد.
۳. محصول جدیدی عرضه شود.
۴. تجهیزات و فرایندهای مختلفی نصب شوند (Seyyed Hoseini, 2005).

ب) انواع جانمایی ها عبارتند از ۶ دسته کلی که در زیر به آن اشاره می کنیم:

۱. جانمایی بر مبنای محل ثابت[۳]
۲. جانمایی بر مبنای محصول[۴]
۳. جانمایی بر مبنای فرایند[۵]
۴. جانمایی سلولی یا گروهی[۶]
۵. جانمایی بر مبنای سیستم های تولید انعطاف پذیر[۷]

[3] Fixed-position Layout
[4] Product Layout
[5] Process Layout
[6] Cellular Layout

۶. جانمایی بر مبنای خطوط مونتاژ چندگانه (Jaafar Nejad, 2006).

در مقالات و تحقیقات انجام گرفته در زمینه جایابی و چیدمان از روشهای مختلف ریاضی از جمله روشهای آماری، روشهای حل بهینه (تحقیق در عملیات)، روشهای شبیه سازی و روشهای ابتکاری مانند الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. در این راستا نتایجی بدست آمد که بشرح ذیل می باشد:

آریافر به اهمیت مسایل جانمایی تسهیلات در سیستم تولید سلولی با هدف ارائه و گسترش مدلی برای مسایل جانمایی تسهیلات پراخته است که میزان حمل ونقل درون سلولی و بین سلولی و به عبارتی میزان کل هزینه حمل و نقل سیستم تولیدی را به حداقل می رساند. پس ابتدا مدل جدیدی از مسأله جانمایی که به طور همزمان مسایل جانمایی بین سلولی و درون سلولی تسهیلات را در سیستم تولید سلولی مورد توجه قرار می دهد، ارائه می دهد و برتری این مدل را نسبت به مدلی که قبلاً وانگ و همکارانش ارائه نموده اند بیان می کند و در ادامه نیز دو الگوریتم جدید SA1 و SA2 را برای حل مدل ارائه می دهد (Ariafar, 2002).

رمضانی جهت تعیین مکان بهینه پست های توزیع از روش بهینه سازی الگوریتم ژنتیک استفاده کرده است و مکان و حوزه سرویس دهی پست ها را بر این مبنا تعیین کرده است. بهینه سازی به منظور یافتن ساختاری است که هزینه احداث آن حداقل باشد و محدودیت های عملی در مناطق شهری منظور شده باشد. برای کد گذاری متغیرهای تصمیم از روش جدیدی استفاده شده است که در آن ساختار کروموزوم ها به صورت صفحه ای می باشد و برای به دست آوردن ظرفیت بهینه پست های انتخاب شده ضریب بارگذاری ترانسفورماتور پست را در زمان های محدود می دهد. به منظور حل مساله بهینه سازی از روش جدیدی مبتنی بر GA استفاده شده است و نتایج حاصل از اجرای الگوریتم پیشنهادی روی یک شبکه توزیع نیز ارائه و بررسی شده است(Ramezani, 2002).

مجریان با توجه به اهمیت مسایل جانمایی تجهیزات در شرکت پویا خودرو شرق پژوهشی جهت بهینه سازی جانمایی ماشین آلات با عنوان بالا انجام داده است. وی در ابتدا به شناسایی متغیرهای تأثیر گذار بر چیدمان بهینه (خط تولید) پرداخته است و سپس با استفاده از مدلی ریاضی از نوع حداقل سازی که به کاهش تعداد حرکات(جریان مواد) بین خطوط منجر می شود به چیدمانی بهینه که در کاهش مسافت دپارتمان ها مؤثر است می رسد. مدل مورد استفاده وی، نوع بسط یافته مدل نردین و همکاران می باشد (Mojrian, 2010).

قلی زاده به اهمیت طرح تجهیز کارگاه های عمرانی و تأثیر چیدمان بر سرنوشت پروژه و هزینه ها اشاره کرده است و بیان می کند که چیدمان صحیح و بهینه کارگاه های عمرانی مخصوصاً در پروژه های عظیمی همچون برج سازی و سد سازی می تواند باعث صرفه جویی های هنگفتی در هزینه ها گردد و در صورت نامناسب بودن آن هزینه های زیادی بر پروژه متحمل و حتی باعث توقف کار گردد. وی برای نیل به بهینه سازی چیدمان عناصر موقتی کارگاه از الگوریتمی به نام جستجوی هارمونی که روشی نو می باشد، استفاده کرده است. همچنین نشان داد که نمایش چیدمان شکل اولویت بندی می تواند به خوبی مشکلات الگوریتم های فعلی هارمونی را رفع کرده و باعث بهینه تر شدن سرعت این روش نسبت به دیگر روشهای بهینه سازی گردد و می توان با معرفی چندین اپراتور جدید به الگوریتم جستجوی هارمونی سرعت این الگوریتم را افزایش داد و به چیدمانی بهینه رسید (Gholizade, 2006).

یکی دیگر از مدل هایی که برای حل مسأله مکان یابی مراکز توزیع ارائه شده اند عبارت است از روش Bi-level programming که در آن منافع مشتریان و توزیع کنندگان باهم در نظر گرفته شده است. حد بالای مدل به دنبال حداقل کردن هزینه توزیع کنندگان و حد پایین مدل به دنبال ایجاد یک تعادل در تقاضا و حداقل کردن هزینه های مشتریان است. در پژوهشی که در این خصوص توسط هیوجون انجام شده است بعد از ارائه مدل به بیان مثال عددی و حل آن با مدل پرداخته شده که نشان دهنده کارآمد بودن مدل است. ضمنا چون هدف، انتخاب مکان مناسب برای ایجاد مراکز توزیع است، متغیرهای مدل به صورت صفر ویک می باشند (Huijun, 2008).

---

[7] Flexible Manufacturing Systems Layout

در تحقیق دیگری، یورداکول با استفاده از رویکرد AHP و TOPSIS، در زمینه ارزیابی عملکرد در پژوهشی با تلفیق AHP در مقایسات زوجی و وزن دهی و TOPSIS در رتبه بندی، نه تنها رتبه شرکت در میان سایر شرکتهای صنعت مربوطه بدست آمده، بلکه تک تک مشخصه های شرکت با بهترین ها مورد مقایسه قرار گرفته است و اینکه چه قابلیت یا قابلیت هایی به موقعیت شرکت در بلند مدت کمک می کند، مورد شناسایی قرار داده شده است که در نهایت این موارد به ترتیب اهمیت و وزن، رتبه بندی شده اند (Yurdakul, 2005).

همچنین اشمیت به بیان تعریف چیدمان کارخانه می پردازند. در این مقاله چیدمان کارخانه، ترتیب فضایی تجهیزات درون ساختمان کارخانه که به وسائل حمل و نقل توجه دارد، تعریف می شود. سپس بیان می شود که یک چیدمان بهینه باید از نظر اقتصادی و عملیاتی متقاعد کننده باشد. در ادامه آمده که امروزه از سیستمهای سه بعدی CAD در طراحی چیدمان استفاده می شود اما بهینه سازی برنامه ریزی چیدمان را حمایت نمی کند. در دانشگاه دورتموند روشها و نرم افزارهای جدیدی برای طراحی مجازی کارخانه توسعه داده شده است که بر اساس روش های هیوریستیک، داده های آماری و الگوریتم های جدید برای چینش فضایی تجهیزات هستند. (Schmidt, 1998)

وی ژی، بیان می کند که یافتن چیدمان بهینه تسهیلات، یک مسأله قدیمی در مهندسی سیستم فرایند تحقیقات کاربردی می باشد. از آنجا که مدل های اولیه برای مسائل با اندازه تسهیلات نامساوی مناسب نبودند، مدل های چیدمان تسهیلات (CFL) برای از بین بردن این محدودیت ها معرفی شدند، گرچه حل این مدل های جدید سخت تر می باشد. در این مقاله نتایج تئوریک مهمی ارائه شده است، همچنین یک الگوریتم انشعاب و تحدید برای مسأله حداقل کردن هزینه ها بدون محدودیت، جهت چیدمان تسهیلات مستطیلی و توسعه آن ارائه شده است (Wei Xie, 2008).

۲- مواد و روشها

جانمایی تجهیزات، مطالعه تعیین M ماشین (تسهیلات) برای N موقعیت ماشین آلات در کارخانه های ساخت و تولیدی است، به گونه ای که $N \geq M$ باشد. در طول فرایند ساخت، جریان مواد از یک ماشین به ماشین دیگر هدایت می شود، تا وقتی که همه فرایند کامل گردد. پس هدف از حل مسائل جانمایی، حداقل کردن مجموع جابجایی مواد در سیستم های تولیدی است.

پیش فرضهای مدل:

در این تحقیق، مدل ارائه شده بر مبنای پیش فرض های زیر انجام می شود:

۱. همه تسهیلات دارای شکل هندسی مستطیل شکل و ثابت هستند.
۲. هر یک از تسهیلات به دو صورت افقی و یا عمودی فرض می شوند.
۳. مسافت مابین تسهیلات به طور خطی شکسته و از مراکز تسهیلات اندازه گیری می شود.
۴. کف کارخانه به صورت اندازه ثابت W (عرض) در L (طول) در نظر گرفته می شود به طوری که همه تسهیلات را در بر گیرد و هیچ هم پوشانی بین تسهیلات نباشد.
۵. همه ابعاد باید به صورت عدد صحیح اندازه گیری بشود.
۶. یک نوع از تسهیلات، می تواند در پایین یا بالا و یا راست و چپ هر کدام از دیگر تسهیلات قرار گیرد.
۷. شکل و فضای کارگاه، هیچگونه محدودیتی روی مسأله ایجاد نمی کند.
۸. تابع هدف مبتنی بر مسافت بین بخشهاست.
۹. نحوه ارائه جانمایی، در یک فضای پیوسته است.
۱۰. داده های مربوط به جریان تولید، ایستا و قطعی در نظر گرفته شده است.

اندیس ها:

i = شماره ماشین آلات و تسهیلات

j = شماره ماشین آلات و تسهیلات

پارامترهای مدل:

Bx: طول ساختمان

By: عرض ساختمان

Ai: مساحت ماشین i

Li: طول ماشین i

Wi: عرض ماشین i

M: عدد بزرگ

متغیرهای تصمیم مدل:

αi: مختصه x مرکز ثقل ماشین i

βi: مختصه y مرکز ثقل ماشین i

x'_i: مختصه x سمت چپ ماشین i

x"i: مختصه x سمت راست ماشین i

y'i: مختصه y پایین ماشین i

y"i: مختصه y بالای ماشین i

z^x_{ij}: برابر ۱ است اگر ماشین i کاملا سمت راست ماشین j باشد و در غیر این صورت برابر ۰ است.

z^y_{ij}: برابر ۱ است اگر ماشین i کاملا در بالای ماشین j باشد و در غیر این صورت برابر ۰ است.

تابع هدف و محدودیت ها:

$$\text{Minimize } Z = \sum_i \sum_j fc\,(|\alpha_i - \alpha_j|) + (|\beta_i - \beta_j|)$$

Subject to :

$$x_i'' - x_i' = L_i \qquad \text{for all } i \qquad (۱)$$

$$y_i'' - y_i' = W_i \qquad \text{for all } i \qquad (۲)$$

$$0 \le x_i' \le x_i'' \le B_X \qquad \text{for all } i \qquad (۳)$$

$$0 \le y_i' \le y_i'' \le B_y \qquad \text{for all } i \qquad (۴)$$

$$.5x_i' + .5x_i'' = \alpha_i \qquad \text{for all } i \qquad (۵)$$

$$.5y_i' + .5y_i'' = \beta_i \qquad \text{for all } i \qquad (۶)$$

$$x_j'' \le x_i' + M\,(1 - z^x_{ij}) \qquad \text{for all } i \,\&\, j,\ i \neq j \qquad (۷)$$

$$y_j'' \le y_i' + M\,(1 - z^y_{ij}) \qquad \text{for all } i \,\&\, j,\ i \neq j \qquad (۸)$$

$$z^x_{ij} + z^x_{ji} + z^y_{ij} + z^y_{ji} \ge 1 \qquad \text{for all } i \,\&\, j,\ i < j \qquad (۹)$$

$$\alpha_i\ ,\ \beta_i \ge 0 \qquad \text{for all } i \qquad (۱۰)$$

$$x_i',\ x_i'',\ y_i',\ y_i'' \ge 0 \qquad \text{for all } i \qquad (۱۱)$$

$$z^x_{ij}\ ,\ z^y_{ij}\ 0/1 \text{ binery} \qquad \text{for all } i \,\&\, j,\ i \neq j \qquad (۱۲)$$

۳- نتایج و بحث

واحد مونتاژ کارخانه مذکور به علت اهمیت و مشکلاتش، در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است. ابعاد این سالن به صورت زیر می باشد:

طول سالن= ۱۸ متر = ۱۸۰۰ سانتی متر (البته ۳.۵ متر آن به علت وجود دستگاه گان[8]، ممنوع الاستفاده و ثابت می باشد).
عرض سالن= ۶.۵ متر = ۶۵۰ سانتی متر
این سالن دارای ۱۴ عدد تسهیلات می باشد که شامل ۸ ماشین اصلی(۱ ماشین DRILL، ۲ ماشین F1، ۱ ماشین F2، ۱ ماشین F3، ۲ ماشین F4 و ۱ ماشین F5) و ۶ عدد پالت[9] (قفسه انبار مواد نیمه ساخته) می باشد که در مدلسازی مورد تحقیق قرار گرفته اند.
برای حل مدل باید اعداد ثابت و پارامترها مشخص شوند تا بتوان متغیرها را معلوم کرد. این داده ها از کارخانه قالبهای پیشرفته ایران خورو جمع آوری شده است. در این قسمت به حل مدل، با استفاده از نرم افزار LINGO 8.0 پرداخته شده، داده ها وارد نرم افزار شده و در نهایت جواب آن بیان می شود.
نتایج حاصل از حل مدل:
نتایج حاصل از ورود داده ها به نرم افزار LINGO 8.0 به صورت زیر بدست آمده است که به صورت مختصات در قالب زوج مرتب، جهت تسهیلات مختلف بیان شده است:

۱ = (۵۲/۵ و ۷۷/۵)	۲ = (۱۰۶/۵ و ۵۷/۵)	۳ = (۲۹۸ و ۶۵)
۴ = (۲۹۸ و ۱۹۵)	۵ = (۴۳۷ و ۵۷/۵)	۶ = (۵۵۶ و ۹۸/۵)
۷ = (۶۷۵ و ۵۷/۵)	۸ = (۸۲۴ و ۹۵)	۹ = (۸۱۵ و ۴۱۹/۵)
۱۰ = (۶۷۶ و ۲۶۷)	۱۱ = (۶۷۶ و ۴۰۷)	۱۲ = (۵۳۷ و ۴۱۹/۵)
۱۳= (۴۱۵/۵ و ۳۸۹)	۱۴ = (۲۷۳و ۴۰۲)	

جواب بهینه نیز به صورت زیر می باشد:

Min z= ۱۷۴۹۶۰

بررسی اعتبار مدل:
برای بررسی اعتبار مدل، جواب بدست آمده از حل مدل را با حالت واقعی مسأله مقایسه می کنیم. هزینه جابه جایی مواد در چیدمان فعلی سالن مونتاژ کارخانه GPI، به صورت زیر می باشد:

Min z=
۸۰ (|α1-α2|+|β1-β2|) + ۴۰ (|α2-α3|+|β2-β3|) + ۴۰ (|α2-α4|+|β2-β4|) + ۴۰ (|α3-α5|+|β3-β5|) + ۴۰ (|α4-α5|+|β4-β5|) + ۸۰ (|α5-α6|+|β5-β6|) + ۵۶ (|α6-α7|+|β6-β7|) + ۵۶ (|α7-α8|+|β7-β8|) + ۵۶ (|α8-α9|+|β8-β9|) + ۳۲ (|α9-α10|+|β9-β10|) + ۳۲ (|α9-α11|+|β9-β11|) + ۳۲ (|α10-α12|+|β10-β12|) + ۳۲ (|α11-α12|+|β11-β12|) + ۵۶ (|α12-α13|+|β12-β13|) + ۵۶ (|α13-α14|+|β13-β14|)

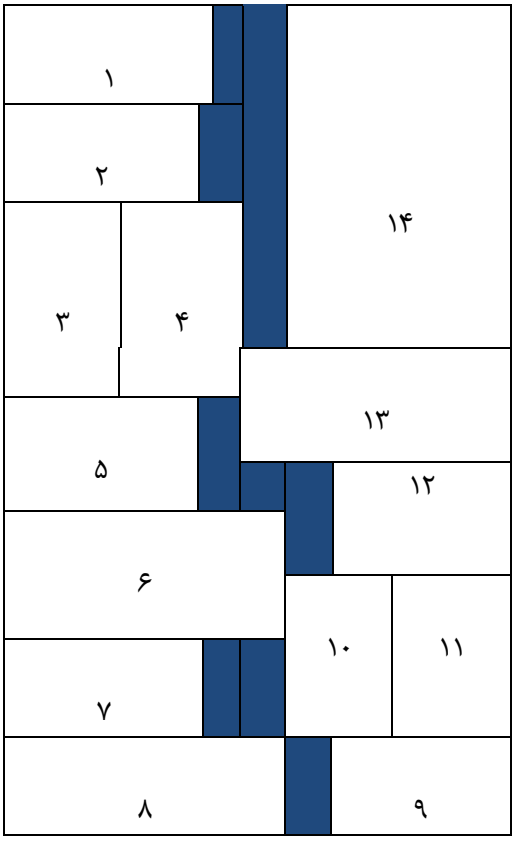
Z=
۸۰(|۳۸۵|+|۰|) + ۴۰ (|۱۵۵|+|۲۳۰|) + ۴۰ (|۱۷۰|+|۲۳۰|) + ۴۰ (|۱۵۵|+|۲۰۰|) + ۴۰ (|۱۷۰|+|۲۰۰|) + ۸۰ (|۲۰۰|+|۲۱۰|) + ۵۶ (|۱۱۵|+|۱۷۰|) + ۵۶ (|۱۹۰|+|۱۸۵|) + ۵۶ (|۱۵۰|+|۲۰۰|) + ۳۲ (|۲۰۰|+|۱۵۵|) + ۳۲ (|۱۹۰|+|۱۷۰|) + ۳۲ (|۱۷۵|+|۱۳۰|) + ۳۲ (|۲۰۰|+|۱۱۵|) + ۵۶ (|۱۰۰|+|۱۷۵|) + ۵۶ (|۳۰۵|+|۳۰۰|)

Z= ۲۷۲۵۶۰ ⟹ Z= ۲۷۲۵۶۰ ≥ ۱۷۴۹۶۰

با توجه به این که جواب حاصل از حل مدل بدست آمده بود کمتر از جواب حالت واقعی در مسأله min می باشد، پس اعتبار مدل تأیید می شود.

[8] Gun
[9] Pollet

جانمایی حاصل از حل مدل: پس از حل مدل و کسب نتایج بدست آمده، جانمایی حاصل از حل مدل به شکل زیر ترسیم شده است:



شکل شماره (۱): جانمایی حاصل از حل مدل توسط LINGO

اهمیتی که مسأله جانمایی در کاهش هزینه ها و بالا رفتن توان رقابتی سازمان ها و نقشی که در تولید محصولات دارد بر هیچکس پوشیده نیست و در نهایت منجر به بهره وری تجاری سازمانها، بهینه سازی ارتباطات، گردش اطلاعات و افزایش کارایی کارکنان می شود. هر واحد صنعتی نیازمند اجرای بهترین جانمایی ممکن با در نظر گرفتن تمامی شرایط و محدودیتهاست. شرکت مزبور هم مستثنی نیست و در جهت بهبود مسایل درون شرکت اقدام به حل مشکل جانمایی تجهیزات نموده است. در این راستا پاسخ بدست آمده از حل مدل صفر و یک منجر به ارائه جانمایی بهینه با روشهای برنامه ریزی ریاضی گردید.

کارخانه مذکور می تواند با توجه به شرایط فعلی و پاسخ بدست آمده از مدل، چیدمان تسهیلات را جابه جا نموده و تعداد حرکات مواد بین تسهیلات را کاهش دهد. این تغییرات در شکل ۲ به عنوان چیدمان بهینه کارخانه نشان داده شده است.

۴- منابع

1- Ariafar, Sh. (2002). Planning a model for facility layout problems in cellular layout. M.Sc. Thesis. Modarres Univ. Unpublished.
2- Entezarkheir, A. (2009). Analyzing layout problems in constructive projects. M.Sc. Thesis. Modarres Univ. Unpublished.

3- Pourmoghaddam, M. (2011). Determining and measuring decision making criteria in to determine spatial relation of facilities. M.Sc. Thesis. Science and Research Branch, Islamic Azad Univ. Unpublished.
4- Ramezani, M. (2002). Optimum location for distribution posts. M.Sc. Thesis. Modarres Univ. Unpublished.
5- Gholizadeh, R. (2009). Optimizing location of temporary facilities in workshops using harmonic search. Science and Research Branch, Islamic Azad Univ. Unpublished.
6- Mojrian, M. (2010). Developing a Facility Layout optimization method using Mathematical Modeling. Science and Research Branch, Islamic Azad University. Unpublished.
7- Alvani, M, & Mir Shafi, N. (2006). Manufacture management. Beh Nashr.
8- Jafar Nazhad, A. (2006). Modern operation management. Tehran Univ.
9- Seyyed hoseini, S, Safakish, M. (2005). Operation and production management. Industrial management organization.
10- Seyyed hoseini, S. (1999). Factory management. Samt Publication.
11- Bland, J. A, & Dawson, G. P. (1994). Large-scale layout of facilities using a heuristic hybrid algorithm, R--u tterworth-Heinemann,18.
12- Dhamodharan, R., Nagalingam, S, & Grier, C. (2009). Towards measuring the effectiveness of a facilities layout, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 25 (2009) 191–203.
13- Djassemi, M. (2007). Improving factory layout under a mixed floor and overhead material handling condition, Journal of Manufacturing Technology Management, 18(3), 281-291.
14- Drira, A, Pierreval, H, & Hajri-Gabouj, S. (2007). Facility layout problems: A survey, Annual Reviews in Control 31 (2007) 255–267.
15- Heragu, S.S, & Kusiak, A. (1991). Efficient models for facility layout problem, European journal of operational research, 53(1), 1-13.
16- Huijun, S. Ziyou, G, & Jianjun, W. (2008). A Bi-level Programming Model and Solution Algorithm for the Location of Logistics Distribution Centers, Applied Mathematical Modeling, 32, 610-616.
17- Jankovits, I, Luo, C, Anjos, M, & Vanilla, A. (2011). A convex optimization framework for the unequal-areas facility layout problem, European Journal of Operational Research, doi:10.1016/j.ejor.04.013.
18- Konak, A, Konak, S, Norman, B, Smith, A (2006). A new mixed integer programming formulation for facility layout design using flexible bays, Operations Research Letters, 34,660 – 672.
19- Solimanpur, M, & Jafari, A. (2008). Optimal solution for the two-dimensional facility layout problem using a branch-and-bound algorithm, Computers & Industrial Engineering, 55, 606–619.
20- Robin S. Liggett. (2002). Automated facilities layout: past, present and future, Automation in Construction, 9(2000), 197–215.
21- Schmidt-Traub, H, Kijster, M, Holtkiitter, T., & Nipper, N. (1998). Conceptual Plant Layout, Computers them. Engng, 22(Suppl.), S499-S504.
22- Shen, Qiping, Zhang, J.P,Wang,H.J.(2004). Tradeoff between safety and cost in planning construction site layout.
23- Tompkins, White, Bozer, Frazelle, & Tanchoco, Trevino. (2003). Facilities planning (Second Edition)" chapter 8,Wiley.
24- Wei Xie, Nikolaos, & V, Sahinidis. (2008). A branch-and-bound algorithm for the continuous facility layout problem, Computers and Chemical Engineering, 32(2008), 1016–1028.

25- Yurdakul, M. & Y.T.IC. (2005). Development of a Performance Measurement Model for Manufacturing Companies Using The AHP and TOPSIS Approach, International of Production Research, 43, 21.
26- Zijlstra, E, & Mobach, M. (2011). The influence of facility layout on operations explored, Journal of Facilities Management, 9(2), 127-144.