دوازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

بالانس خطوط مونتاژ موازی نوع (E) با رویکرد بهینه سازی الگوریتم ژنتیک در شرایط عدم قطعیت

مریم حاتمی صدر[1]

چکیده

یکی از مهمترین مسائل در میان وظایف مدیریت سیستم های تولیدی توجه به مسئله متعادل سازی خطوط مونتاژ است. از آنجا که بسیاری از مشکلات موجود در خطوط تولید از جمله کارایی و بهره وری پایین، وجود گلوگاه، تخصیص نادرست کار و ..... همه موارد ناشی از عدم بالانس خطوط مونتاژ است، که نهایتاً منجر به تحمیل هزینه ها ی گزاف و حدر رفتن ظرفیت های موجود در سیستم تولید است. در این مقاله سعی بر آن شد تا با توضیح جامعی در مورد خطوط مونتاژ دوطرفه موازی و در نظر گرفتن هدف اصلی که به حداقل رساندن همزمان تعداد ایستگاه های کاری و زمان سیکل و در مقابل افزایش کارایی و بهره وری است به مطالعه و بهینه سازی خطوط مونتاژ موازی نوع E، با رویکرد الگوریتم ژنتیک پرداخته شود.لذا می توان اینطور بیان کرد که این الگوریتم با اولویت بندی و تخصیص کارها سعی در به حداقل رساندن زمان بیکاری ایستگاه و حداکثرسازی بهره وری ایستگاه و در نتیجه کاهش تعدد ایستگاهها دارد. مدل و الگوریتم پیشنهادی در دو صورت (قطعی و عدم قطعیت) اجرا شد، لذا نتایجی که از الگوریتم حاصل شده است، چه در حالت قطعی و چه در حالت عدم قطعیت در مقایسه با روش های دیگر از کارایی نسبتا خوبی برخوردار است که نتایجی همچون کاهش تعداد ایستگاه های کاری و زمان سیکل کاری مشترک خطوط و در نتیجه افزایش کارایی سیستم را در بر داشت. که با توجه به اهداف ذکر شده می توان شاهد بهبود جواب بهینه و همچنین دستیابی به اهداف مورد نظر بود.

واژگان کلیدی : بالانس خطوط مونتاژ، خطوط مونتاژ دوطرفه موازی، رویکردهای فرا ابتکاری، الگوریتم ژنتیک

[1] کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی – گرایش تولید دانشکده مدیریت و حسابداری ، گروه مدیریت صنعتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین

1-1 مقدمه:

در میان مسائل تصمیم گیری که در مدیریت سیستم های تولیدی وجود دارد، مسائل بالانس خطوط مونتاژ جزء وظایف مهم برنامه ریزی تولید است که باید به طور گسترده به آن پرداخته شود. مسأله موازنه خطوط مونتاژ ابتدا توسط سالوسن(1955) فرموله شد و از آن زمان مورد توجه بیشتری قرار گرفت (همزادایی،آلپر،بیلدیز،گوکالپ،2012).

این نوع مسائل در حالت ساده با تخصیص عملیات به گروه های ایستگاهی تنها با توجه به زمان سیکل و محدودیت های پیش نیازی می پردازد، ولی در شرایط نزدیک به و اقعیت، با افزودن شرایطی همچون روابط همنیازی و منطقه ای، نیروی انسانی، تجهیزات، تولید چند محصولی و مسائل جانمایی با انواع زمانهای سیکل به بالاترین سطح خود خواهند رسید. اهمیت این دسته از مسائل از این جهت است که چنانچه درخط تولید عواملی همچون تعداد ایستگاه ها، زمان سیکل،کارایی خط،بیکاری کارگر و چیدمان ایستگا ه ها،مورد بررسی وبهبود قرار داده شود، موجبات کاهش زمان و هزینه در مراحل طراحی و اجرا فراهم شده و در نهایت تأثیر مطلوب بر مدیریت خط تولید خواهد گذاشت (تقوی فرد،محمدتقی1390).

این مسائل موجب شد که مقالهگران و شاغلین در زمینه تولید و عملیات توجه ویژه ای به مسأله متعادل سازی خطوط مونتاژ داشته باشند.

1-2 *بیان مسئله*

امروزه با توجه به رقابتی شدن شرایط بازارها ، سازمانها برای حفظ و بقا باید بدنبال افزایش کارایی و بهینه سازی عملیات تولیدی خود باشند . به همین دلیل باید عوامل متفاوتی را در راستای بهینه سازی برنامه زمانبندی خود و برای پاسخگویی بهنگام به تقاضاهای مشتریان خود مد نظر قرار دهند (فخرزاده و علی نژاد،1392).

طراحی سیستم های تولیدی از دیر باز تاکنون به عنوان یک مسئله مهم در مهندسی صنایع مطرح بوده است و به دلیل افزایش رقابت جهانی و گسترش سریع تکنولوژی، این مسئله اهمیت بیشتریافته است. خطوط مونتاژ یکی از گسترده ترین سیستم های تولیدی می باشند که در اکثر سیستم های تولیدی مورد استفاده قرار می گیرند. یک سیستم مونتاژ مجموعه ای از اجزای کاری را برای مونتاژ محصول اجرا می کند و شامل تعدادی ایستگاه کاری مرتبط با یکدیگر،یک سیستم حمل و نقل و یک دستورالعمل چگونگی مونتاژ محصول است. یکی از روش های افزایش کارایی و بهره وری یک خط مونتاژ، بالانس خط است،آفنداک (1392).

خطوط مونتاژ دوطرفه یکی از انواع سیستمهای مدرن مونتاژی می باشند که معمولا به منظور مونتاژ محصولاتی با اندازه های بزرگ مانند خودرو مورد استفاده قرار میگیرند. دراین نوع از خطوط مونتاژدر هر وضعیت از خط دو ایستگاه در طرفین راست و چپ آن طوری راه اندازی می شوند که اپراتورهای اختصاص شده به آنها بتوانند مجموعه ای از عملیات های مختلف را برروی واحدهای کاری یکسان به صورت موازی با یکدیگر انجام دهند. در هر فرآیند تولید تعدادی ماشین آلات و تجهیزات و همچنین میزان نسبتاً ثابتی از نیروی انسانی

موجود است که جهت انجام عملیات تولید از آنها استفاده می شود. در بسیاری از موارد با مشاهده نحوه کار یک فرایند می توان دید که تعدادی از ماشین آلات ، مشغول کارنیستند ولی تعداد دیگری از تجهیزات ، یکسره مشغول بکار بوده و در جلوی آنها مقدار زیادی از قطعات ، آماده بسته شدن روی ماشین جهت انجام عملیات ساخت هستند و در مقابل تعدادی از کارگران به شدت مشغول کار می باشند و حجم قابل توجهی از کار انجام نشده است . وجود زمانهای بیکاری و یا وجود کار بیش از حد ، یعنی نبود توازن و تعادل در فرآیند تولید ، از جمله عواملی هستند که مشکلاتی را برای مدیریت سیستم ایجاد میکند . برای رفع این معضلات مدیر ناچار به ارائه راهکارهایی جهت بهبود وضع موجود است . یکی از راهکارهایی که مدیر می تواند برای رفع مشکل عدم توازن و تعادل در فرایند تولید از آن استفاده کند بحث موازنه و یا متعادل سازی خط تولید است ،فقیه و منتظری(1378).

متعادل سازی خط مونتاژ گرایشی است در وصول به مناسب ترین تعادل مابین نیروی انسانی، ماشین آلات و تجهیزات به نحوی که دسترسی به حجم مشخصی از تولید امکان پذیر گردد(بیگدلی،1373) . از آنجا که بسیاری از مشکلات موجود در خطوط تولید و مونتاژ از جمله کارایی و تولید پایین ، وجود گلوگاه در سیستم، بیکاری اپراتورها ، تخصیص نادرست کار ، ناشی از بالانس نبودن خطوط مونتاژ است که نتایجی همچون افزایش هزینه های تولید وعدم استفاده کامل از ظرفیت های سیستم تولیدی را در بر دارد ، بنابراین هدف از این تحقیق متعادل سازی و بهینه سازی خطوط مونتاژ است تا سیستم های تولیدیبتوانند به اهدافی همچون افزایش بهره وری تولید ، استفاده بهینه از ظرفیت اپراتورهای یک خط و تخصیص اپراتور به تعداد مورد نیاز به هر خط مونتاژ ، حداقل کردن زمان سیکل ، ایجاد بهترین ترکیب نیروی انسانی و تجهیزات در یک خط تولید ، بهبود بهره وری بمنظور افزایش حجم تولید و نهایتا هدف کلی که در اینجا حداقل کردن زمان سیکل وتعداد ایستگاه ها بطور همزمان است ، دست یابند .در اینجا سعی بر این است تا با بکارگیری روش فراابتکاری الگوریتم ژنتیک به این سوال پاسخ داده شود که چگونه میتوان به بهینه سازی و بالانس خطوط مونتاژ موازی با توجه به شرایط عدم قطعیت پرداخت ؟

ریشه بسیاری از مشکلات موجود درخطوط تولید و مونتاژ از جمله کارائی و تولید پائین ، وجود گلوگاه در سیستم ، بیکاری اپراتورها ، تخصیص نادرست کار و افزایش هزینه های تولید و غیره عمدتاً ناشی از بالانس نبودن خطوط مونتاژ می باشد .از آنجا که توجه و انجام تحقیقات بیشتر بر روی مسائل خطوط مونتاژ دوطرفه، موجب افزایش تنوع پذیری و قابلیت انعطاف بالا ،کاهش هزینه و زمان و.... در خط تولید خواهد شد،لذا به منظور به حداقل رساندن این گونه مشکلات ، بهره گیری از تکنیک بالانس خطوط مونتاژ مفید واقع میگردد.

- ✓ **خطوط مونتاژ** : خط تولید یک مجموعه پیوسته از ایستگا ههای کاری متصل توسط یک سیستم دسترسی به مواد است. در هر ایستگاه مجموعه ای از عملیات با استفاده از فرآیند مونتاژ از پیش تعریف شده مشغول به کار است. در یک خط یکنواخت به ازای هر سیکل زمانی یک محصول از ایستگاه جاری به ایستگاه بعدی منتقل شده و محصول دیگری از ایستگاه قبلی وارد ایستگاه فعلی می شود(تقوی فرد،محمد تقی1390).

- ✓ **بالانس :** تخصیص فعالیت ها به ایستگاه ها به گونه ای که یک یا تعدادی از اهداف با توجه به تعداد مشخص از محدودیت ها بهینه شوند، بالانس خط مونتاژ نامیده می شود (اردکانی و همکاران،1390،ص1).
- ✓ **متعادل سازی خطوط مونتاژ :** متعادل سازی خط مونتاژ گرایشی است در وصول به مناسب ترین تعادل ما بین نیروی انسانی، ماشین آلات و تجهیزات به نحوی که دسترسی به حجم مشخصی از تولید امکان پذیر گردد (سلیمان پور،مقصود ، زینال زاده،امین 1388).
- ✓ **خطوط مونتاژ دوطرفه موازی :** نوعی از خطوط مونتاژ که قابلیت پردازش فعالیت ها در هر دوطرف خط به طور موازی را دارند(اردکانی و همکاران،1390،ص2).
- ✓ **مسأله متعادل سازی خطوط مونتاژ :** عبارت از پیدا کردن یک بالانس امکان پذیر می باشد به طوریکه عناصر طوری به ایستگاههای کاری تخصیص یابند که روابط پیشنیازی و سایر محدودیت ها برآورده شوند(سلیمان پور،مقصود ، زینال زاده،امین 1388).
- ✓ **تحلیل سلسله مراتبی فازی :** یکی از روش های تصمیم گیری چند معیاره می باشد که به منظور تصمیم گیری و انتخاب یک گزینه از میان گزینه های متعدد تصمیم و با توجه به معیارهایی که توسط تصمیم گیرنده تعیین میگردد، به کار گرفته می شود (فلفلانی،عطیه1392).
- ✓ **الگوریتم ژنتیک :** الگوریتم ژنتیک یکی از مهمترین الگوریتمهای ابتکاری می باشد که از آن برای بهینه سازی توابع مختلف استفاده می شود. در این الگوریتم، اطلاعات گذشته با توجه به موروثی بودن الگوریتم استخراج شده و در روند جستجو استفاده شود. یکی از مزیتهای این روش نسبت به سایر روشهای جستجو، عدم توقف در نقاط بهینه محلی می باشد(صادقی مقدم و همکاران ،1384). از جمله راه کارهایی که متخصصین در زمینه بالانس خطوط مونتاژ به آن اشاره دارند، ارائه یک تقسیم بندی کلی از مسائل بالانس خطوط مونتاژ است. در این فصل در بخش اول به ارائه مبانی نظری بالانس خطوط مونتاژ ، از جمله تعاریفی از خطوط مونتاژ، و همچنین به دلیل اهمیت و کاربرد بالانس خط مونتاژ، به رویکردهایی که به دسته بندی مسائل خطوط مونتاژ پرداخته اند و همچنین روش هایی که برای حل اینگونه مسائل به کار برده می شود، پرداخته شده است . در بخش دوم نیز، به بررسی سوابق تحقیقات پیشین (داخلی و خارجی)، که مرتبط با موضوع مقاله است، پرداخته شده است.

2-2 بخش اول :

2-2-1 تعاریف خطوط مونتاژ

- ✓ یک خط مونتاژ عبارت است از یک فرایند تولید جهت متصل کردن متوالی اجزاء و قطعات با هدف دستیابی به محصول نهایی . خطوط مونتاژ به صورت یک سیستم تولیدی متشکل از یک جریان خطی می باشد به گونه ای که در طول آن مجموعه ای از ایستگاه ها کنار یکدیگر قرار گرفته و توسط یک تسمه نقاله و با تجهیزات مکانیکی جابجایی مواد با یکدیگر مرتبط می شوند (اوگار ازجان،2009).
- ✓ یک سیستم مونتاژ شامل مجموع عناصر کاری غیر قابل تقسیم و مجزا (فعالیت) برای مونتاژ یک یا چند محصول می باشد و دارای تعدادی ایستگاه کاری مرتبط با یکدیگر، یک سیستم اتصال مواد بین ایستگاه ها و یک دستورالعمل برای چگونگی مونتاژ محصول از یک ایستگاه به ایستگاه دیگر است (فقیه و منتظری،1387،ص109).

2-2-2 اصول اولیه خطوط مونتاژ

با توجه به تعاریفی که از خطوط مونتاژ بیان شد، قبل از هر چیز لازم است با اصول پایه ای و مشترک میان خطوط مونتاژ، آشنا شویم. در ادامه به طور مختصر به شرح آنها می پردازیم.

1- وظایف : در فرایند تولید یک محصول در خط مونتاژ اولین گام تقسیم کلیه فعالیت های تولیدی به عناصر عملیاتی می باشد که از این عناصر به نام وظایف (Task) یاد می شود .

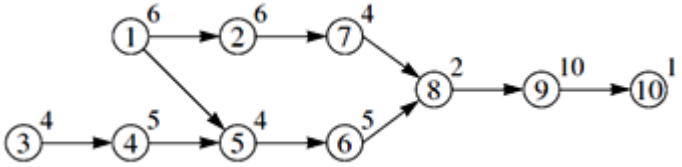
2-فعالیت (عملیات) : فعلیت، یک قسمت از کل کار مورد نیاز فرایند مونتاژ است که غیر قابل تقسیم است. زمان مورد نیاز برای تکمیل فعالیت، زمان فعالیت (عملیات) نامیده می شود.

3- ایستگاه کاری : هر خط مونتاژ به تعدادی ایستگاه کاری تقسیم می شود و هر ایستگاه کاری به نوبه خود به مجموعه ای از عناصر کاری تقسیم می شود. یک ایستگاه کاری شامل یک محوطه کاری در مسیر خط تولید است که می تواند شامل انسان، تجهیزات، ماشین آلات و غیره باشد .

4- نرخ خروجی خط یا سیکل تولید یا زمان چرخه : زمانی است که طی آن یک قطعه از خط خارج می شود. ماکزیمم یا میانگین زمان در دسترس برای هر چرخه کاری بوده و از تقسیم حجم تولید به زمان کاری در روز به دست می آید. زمان سیکل نمی تواند از بزرگترین زمان فعالیت کمتر باشد . مقدار تفاوت بین زمان سیکل و زمان ایستگاه ه ، زمان بیکاری و مجموع زمان بیکاری تمام ایستگاه ها، زمان تأخیر نامیده می شود .

5-محدودیت های پیش نیازی : هر وظیفه (j) در طول یک زمان مشخص (tj) انجام می پذیرد. به گونه ای که به تجهیزات خاصی از ماشین آلات و مهارت اپراتورها احتیاج دارد . بر طبق شرایط و وضعیت ساختاری و تکنولوژی محصولات می توان یکسری از محدودیت های تقدمی را میان وظایف مشاهده کرد . به گونه ای که عناصر کاری می توانند به صورت خلاصه و شماتیک در یک گراف تقدمی قرار

بگیرند. در این گراف هر گره نشان دهنده یک وظیفه می باشد. و زمان انجام هر وظیفه، نشان دهنده وزن آن گراف است . پیکان های میان گره ها بیانگر محدودیت های تقدمی میان وظایف می باشند. شکل نشان2-1 نشان دهنده یک گراف تقدمی می باشد که دارای n=10 وظیفه می باشد.



شکل2-1 نمونه ای از یک گراف تقدمی (اردکانی و همکاران،1390)

6-مسائل خطوط مونتاژ : در فرایند متعادل سازی یک خط مونتاژ (تخصیص عملیات به ایستگاه ها) معمولا برخی از اهداف مورد توجه قرار می گیرند که از آنها به عنوان مسائل خطوط مونتاژ یاد می شود (ALBP) .

2-2-3 اصول خط مونتاژ

1- اصل حداقل مسافت : ایستگاه های کاری باید در حداقل فاصله نسبت به هم باشند .

2- اصل جریان ثابت : مواد باید به صورت پیوسته و نرخ ثابت جریان داشته باشند .

3-اصل تقسیم کار بین پرسنل خط : گردش و تقسیم کار بین افراد .

4-اصل هم زمانی عملیات : در یک خط مونتاژ، در ابتدا، انتها و تمام نقاط خط همه باید مشغول کار باشند .

5- اصل عملیات واحد : کل مجموعه باید به صورت واحد با یک هدف کلی در نظر گرفته شود .

6-اصل حداقل زمان : پیدا کردن کمترین زمان بین آنها .

7-اصل قابلیت تبادل داخلی : جا به جا کردن افراد (مرعشی، 1381) .

2-2-4 متعادل سازی خطوط مونتاژ

در منابع، تعاریف مختلفی از متعادل سازی ارائه شده است. تعدادی از این تعاریف عبارتند از:

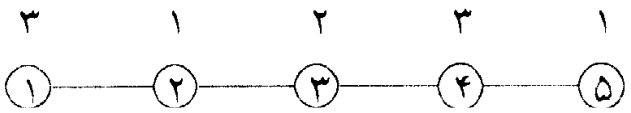
کوشش برای تقلیل اختلاف زمانی بین نقاط مختلف کاری را متوازن ساختن خط تولید می نامند. متعادل سازی خط مونتاژ گرایشی است در وصول به مناسب ترین تعادل مابین نیروی انسانی، ماشین آلات و تجهیزات به نحوی که دسترسی به حجم مشخصی از تولید امکان پذیر گردد (سلیمانپور و زینال زاده ،1388).

البته تعریف قابل قبول از موازنه خط مونتاژ در وهله اول به سالوسون منسوب است که بیان می کند موازنه خط مونتاژ یعنی کاهش وقت تلف شده و یا کاهش تعداد کارگرهایی که وقت زیادی برای کار می گیرند ، این در حقیقت کاهش تأخیر موازنه است (فقیه و منتظری ،1387،ص109).

2-2-5 مسأله بالانس خط مونتاژ

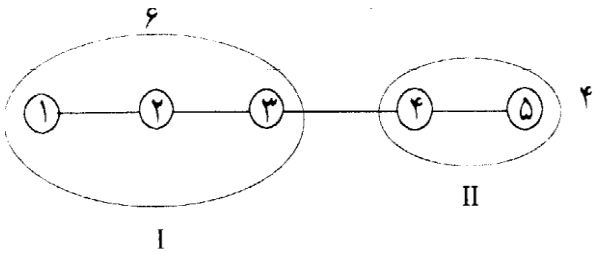
در مسأله بالانس خط هدف اصلی تخصیص تعدادی فعالیت به ایستگاه های مختلف است، به نحوی که این ترتیب، اولاً روابط پیش نیازی را تأمین کند، ثانیاً خط مونتاژ بتواند خروجی لازم را که براساس سیاست ها و تصمیم مدیران ارشد سازمان اتخاذ می شود، تأمین کند. مسأله بالانس خط در سیستم های تولیدی مشتمل بر خط مونتاژ از اهمیت ویژه ای برخوردار است که در ادامه با مثالی ساده مفهوم بالانس خط و اهمیت آن بیان می شود.

فرض کنید شکل(2-2-5-1)، بیانگر خطی با پنج عنصر کاری و اعداد نوشته شده بر روی آنها بیانگر زمان انجام کارها به دقیقه باشد. نرخ خروجی در این مثال، تولید یک محصول در سه دقیقه است. بنابراین با این اطلاع می توانیم مقدار تولید روزانه، ماهانه و سالیانه را برآورد کنیم.



شکل(2-2-5-1)

در شکل(2-2-5-2)، فعالیت های شکل اول به صورتی ساده با هم ترکیب شده اند و تشکیل دو ایستگاه کاری را داده اند که در این حالت نرخ خروجی خط تولید یک محصول در هر شش دقیقه می باشد. علاوه براین مسائل، نرخ بیکاری در دو شکل مختلف خواهد بود. بنابراین به راحتی می توان پی برد که اولاً برای تولید محصول در یک سطح خاص بایستی ترکیب مناسب از فعالیت ها و عناصر کاری را در نظر گرفت.



شکل(2-2-5-2)

- ✓ این ترکیب بایستی از توازن و یا به اصطلاح بالانس مناسبی برخوردار باشد، تا زمان بیکاری و هزینه آن زیاد نشود.
- ✓ رابطه پیش نیازی موجود بین فعالیت ها و عناصر کاری خط رعایت شود.

در یک مسأله بالانس خط در حالت قطعی سه عامل نقش اساسی ایفا می کنند : یکی زمان تشکیل، که مدت زمانی است که در آن، یک محصول از خط خارج می شود، و دومی زمان عناصر کاری و سومی هم روابط پیش نیازی فعالیت ها و عناصر خط مونتاژ است.

2-2-6 الگوریتم عمومی موازنه خط مونتاژ (درحالت تقاضای مشخص) :

اگر E_i را محتوای کاری عنصر i ، S_j زمان سرویس ایستگاه کاری j ، N تعداد ایستگاه های کاری، C زمان سیکل مورد نیاز، Q نرخ تولید برحسب قطعه(واحد) در واحد زمان، در نظر بگیرید. آنگاه :

$$C=\frac{1}{Q} \qquad C\geq Sj \tag{۱-۲}$$

کل محتوای کار در این مدل به صورت $\sum_i Ei$ بوده و $E_i \leq c$ می باشد. حداقل ایستگاه های کاری مورد نیاز N_{min} ، عبارت است از : $N_{min} = Q \sum_i Ei$ ، اما از سوی دیگر N_{min} باید یک عدد صحیح باشد، بنابر این :

$$Q \sum E_i \leq N_{min} \leq Q \sum E_i + 1 \tag{۲-۲}$$

تأخیر تعادل در ایستگاه j عبارت است از :

$$D_j = C - S_j \tag{۳-۲}$$

بنابراین تأخیر تعادل برای کل خط عبارت است از :

$$D = \sum_j D_j = NC - \sum_j S_j \tag{۴-۲}$$

نقصان تعادل در ایستگاه j عبارت است از :

$$L_j = (D_j / C) \times ۱۰۰ = \frac{(C-Sj)}{C} \times ۱۰۰ \tag{5-2}$$

بنابراین نقصان تعادل کل خط عبارت است از :

$$L = \frac{D}{NC} = \frac{(NC-\sum j Sj)}{NC} = \frac{C-S}{C} = (NC - \sum_i E_i)/ NC \tag{6-2}$$

که در آن S متوسط زمان سرویس است :

$$\sum_I Ei = \sum j\ S_j \quad , \quad S = \sum_I S_j \ / \ N \qquad (7\text{-}2)$$

حال مسئله این است که عناصر کاری را به هر ایستگاه به طوری تخصیص دهیم که L حداقل شود.

7-2-2 تحلیل ایستگاه گلوگاه

خروجی یک خط تولید وابستگی کاملی با ایستگاه گلوگاه دارد. ایستگاه گلوگاه ایستگاهی است که دارای بیشترین زمان در خط تولید است و در واقع کندترین ایستگاه است. یعنی ایستگاهی که مجموع زمان عناصر کاری تخصیص یافته به آن بیشتر از سایر ایستگاه ها است. در کل ایستگاه هایی که دارای زمانی بیشتر از نرخ خروجی مورد نیاز خط هستند ایستگاه های گلوگاه به حساب می آیند(ایزدی،ح،1390).

«نرخ خروجی خط» زمانی است که در طی آن یک قطعه از خط خارج می شود(مثلاً هر 2 دقیقه 1 یخچال).

حالت اول: نرخ خروجی مورد نیاز خط کمتر از زمان ایستگاه گلوگاه است.

در این موارد باید زمان ایستگاه گلوگاه را به طرق مختلف مانند: تخصیص عناصر کاری آن ایستگاه به سایر ایستگاه ها، قرار دادن ایستگاه موازی، کاهش زمان با مطالعه روش ها و رعایت اصول ارگونومی کار، اضافه کردن نیروی انسانی و تقیسم کار بین آنها به صورت همزمان، قرار دادن اضافه کاری یا شیفت اضافه، خرید از بیرون، ارتقای سطح اتوماسیون، بهبود ابزار و قالب ها و یا سایر روش ها، به قدری کاهش داد تا به سطح نرخ خروجی مورد نیاز برسد. این روال را برای سایر ایستگاه هایی که دارای زمان بیشتر از نرخ خروجی مورد نیاز خط هستند، نیز باید انجام داد.

حالت دوم: نرخ خروجی مورد نیاز خط بیشتر از زمان کلیه ایستگاه ها است.

در این صورت می توان از عکس موارد ذکر شده در حالت اول استفاده نمود و تا سطح نرخ خروجی خط زمان ایستگاه ها را افزایش داد.

توجه: در بالانس خط تولید باید سعی نمود که زمان ایستگاه های کاری به هم بسیار نزدیک و سقف آنها نرخ خروجی مورد نیاز خط باشد تا انباشته بین ایستگاهی و بیکاری ایجاد نگردد و بدین ترتیب حداقل ایستگاه های کاری و عناصر وابسته به هر ایستگاه به دست آید. پس از استفاده از الگوریتم وزنی که در ذیل بیان می شود، حتماً باید این دو نکته مورد توجه قرار گیرد.

مثال: فرض کنید برای ساخت قطعه ای 5 ایستگاه زیر موجود است :

حالت اول: اگر نرخ خروجی خط 0/52 دقیقه باشد، ایستگاه های شماره 3و5 به ترتیب ایستگاه گلوگاه می باشند، که باید مطابق آنچه که گفته شد تا سطح حدود 0/52 دقیقه کاهش یابند.

ایستگاه	زمان استاندارد
1	0/52
2	0/48
3	0/65
4	0/41
5	0/55

حالت دوم: اگر نرخ خروجی خط 1/5 دقیقه باشد، می توان ایستگاه ها را تا حد سقف 1/5 دقیقه کلاً یا بخشی از آنها را ادغام نمود.

2-2-8 دیدگاه های مختلف طبقه بندی مسائل بالانس خطوط مونتاژ

مساله بالانس خط مونتاژ، تخصیص فعالیت ها به ایستگاههای کاری با در نظر گرفتن محدودیت ها و فرضیات موجود و تلاش برای رسیدن به یک یا چند معیار بهینگی می باشد(سلیمانپور،زینال زاده،1388). با توجه به معیار بهینگی، دیدگاه های مختلفی از مسائل بالانس خط مونتاژ وجود دارد، که در اینجا به چند مورد اشاره می شود :

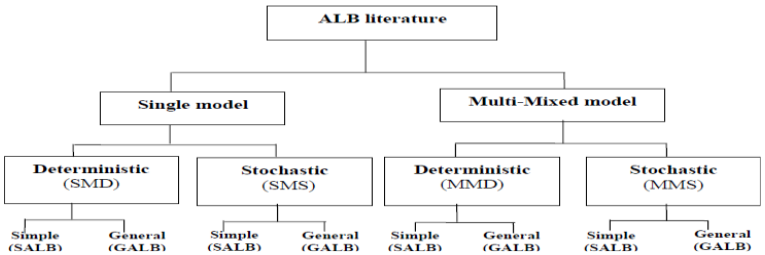
1-تقسیم بندی نوع اول(قوش و گاگنون) :

الف : SMD (تک مدلی و قطعی).

ب : SMS (تک مدلی تصادفی).

ج : MMD (مدل مخلوط قطعی).

د : MMS (مدل مخلوط تصادفی).



شکل2-2-8-1طبقه بندی مسائل بالانس خط مونتاژ(قوش و گاگنون،1989)

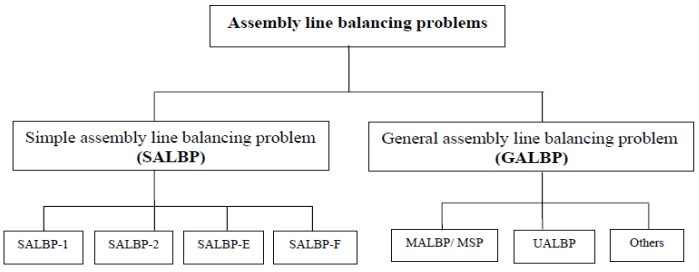
- ✓ نوع SMD از مسائل ALB فرض بر این است که در خطوط مونتاژ تک مدلی زمان انجام کارها قطعی است ، که یک معیار بهره وری است. این نوع اصلی و ساده از مسائل خطوط مونتاژ (SALB) است .محدودیت و یا عواملی دیگر ، به عنوان مثال (ایستگاه های موازی ، محدودیت مناطق و...) که مدل مسائل بالانس خط مونتاژ عمومی (GALB) نامیده می شود.
- ✓ نوع SMS ، این نوع از طبقه بندی مسائل به مفاهیم تغییر و تنوع زمان-کار تعبیر می شود. این مورد بیشتر برای خطوط مونتاژ دستی واقع بینانه تر است. که در آن زمان انجام عملیات توسط کارگران به ندرت ثابت است. با تعریف زمان های تصادفی کار، بسیاری دیگر از مسائل مربوط به آن نیز از جمله : زمان های ایستگاه بیش از زمان چرخه(سیکل) ، تولید قطعات معیوب یا قسمت های ناتمام ، زمان عملیات کارگران، طول ایستگاه، اندازه و محل موجودی بافرها، هزینه راه اندازی و ... تعریف شد.

- ✓ نوع MMD ، در این نوع از طبقه بندی فرض بر این است که زمان انجام کار قطعی است ،اما به معرفی مفاهیمی از تولیدات چند محصولی خطوط مونتاژ می پردازد. در این نوع از خطوط مونتاژ دو یا چند محصول به طور جداگانه در دسته ها جمع آوری می شوند. در خطوط مونتاژ مدل مخلوط تنها واحدهایی از مدل های مختلف می توانند در هر بار سفارش یا در ترکیب خط معرفی شوند.

- ✓ نوع MMS ، دیدگاه ها در مورد مسائل MMS متمایز از مسائل MMD است که در آنها زمانهای تصادفی مجاز است. با این حال برای نوع MMS ، مسائل پیچیده تر است، به دلیل اینکه عواملی مانند اثرات یادگیری، سطح مهارت کارگران، طراحی شغل و تغییر و تنوع زمان انجام عملیات کارگران، که به تجزیه و تحلیل بیشتری نیاز دارند(کرینگوراکوت،فیانسونگ،2007).

2- تقسیم بندی نوع دوم (شول و بکر) :

نوع دیگری از تقسیم بندی مسائل بالانس خط، تقسیم بندی شول و بکر(2006)، است به گونه ای که در شکل (2-2-5-2) قابل مشاهده است.



شکل2-2-8-2 طبقه بندی شول مسائل بالانس خطوط مونتاژ(شول و بکر،2006).

1) مسائل بالانس خط مونتاژ ساده(SALBP) :

الف) با توجه به زمان سیکل داده شده، هدف حداقل کردن تعداد ایستگاه های کاری موجود است. مساله با این تابع هدف، مساله بالانس خط مونتاژ نوع یک (SALBP-۱) نامیده می شود.

ب) با توجه به تعداد ایستگاههای ثابت داده شده، هدف حداقل کردن زمان سیکل تولید است. مساله با این تابع هدف، مساله بالانس خط مونتاژ نوع دوم (SALBP-۲) نامیده می شود.

ج) اگر زمان سیکل و تعداد ایستگاهها هر دو با هم قابل تغییر باشند در آن صورت کارایی خط معیار کیفیت بالانس می باشد. مساله با این تابع هدف، مساله بالانس خط مونتاژ با معیار کارایی (SALBP-E) نامیده می شود.

د) اگر زمان سیکل و تعداد ایستگاهها هر دو ثابت باشند، هدف جستجوی یک جواب امکان پذیر برای مساله است. مساله با این معیار، مساله بالانس امکان پذیر (SALBP-F) نامیده می شود.

2) مسائل بالانس خط مونتاژعمومی (GALBP) :

الف) خطوط مونتاژ مدل مختلط(MALBP/MSP) ، که در آن چندین مدل محصول از یک محصول پایه و اساسی ایجاد می شود. که وظایف ایستگاه ها و زمان های مختلف انجام هر وظیفه برای مدل های مختلف در نظر گرفته می شود که براین اساس یک تعداد از ایستگاه ها و زمان سیکل(چرخه) لازم برای انجام هر وظیفه، برای حفظ تعادل خط، به طوری که اهداف ظرفیت و هزینه بهینه سازی شود، در نظر گرفته می شود(شول،1999).

ب) مسائل بالانس خط U شکل(UALBP) ، که در این خطوط اپراتور مجاز است بر روی هر دو طرف از خط مونتاژ فعالیت کند. و همچنین باید محدودیت های تقدمی و تأخری نیز رعایت شود(فیلتنبورگ، ویجنگار،1996، شول،کلین 2001).

3- تقسیم بندی نوع سوم :

سومین نوع از تقسیم بندی هایی که می توان در حیطه خطوط و سیستم های مونتاژ به آن اشاره کرد به شرح زیر می باشد:

1- خط مونتاژ دستی تک ایستگاهی (Single – Station).

2- خط مونتاژ دستی (Manual Assembly Line).

3- خط مونتاژ اتوماتیک (Automatic Assembly).

❖ **مونتاژ دستی تک ایستگاهی (Single – Station).**

- در یک ایستگاه یا محل کار،مونتاژ یا چند زیر مونتاژ اصلی روی قطعه یا محصول انجام می شود.
- برای محصولات پیچیده و یا محصولاتی که در تعداد کم و حتی یک نمونه ساخته می شوند.

- یک یا چند کارگر در محل کار که بستگی به اندازه محصول و نرخ تولید دارد.
- محصولات سفارش از قبیل ماشین ابزارها، تجهیزات صنعتی، هواپیما، کشتی، مدل های نمونه از محصولات پیچیده و بزرگ(اتومبیل).

❖ **خط مونتاژ دستی(Manual Assembly Line).**

- شامل چندین ایستگاه کاری است که کار مونتاژ یا زیر مونتاژ روی قطعات یا محصول در طی چند ایستگاه در خط انجام می گیرد. در هر ایستگاه یک یا چند کارگر قسمتی از مونتاژ کل را انجام می دهند.
- فرایند موجود عبارت است از اضافه کردن یا مونتاژ یک یا چند قطعه در ایستگاه به قطعه یا محصول حاصل از ایستگاه قبل.

❖ **خط مونتاژ اتوماتیک(Automatic Assembly).**

یک خط جریان اتوماتیک شامل چندین ماشین یا ایستگاه کاری است که به وسیله تجهیزات حمل ونقل به هم مرتبط هستند. مونتاژ اتوماتیکی عبارت است از کاربرد تجهیزات اتوماتیکی و مکانیزه برای انجام توابع مختلف در یک سلول یا خط مونتاژ.

4-تقسیم بندی نوع چهارم :

این نوع تقسیم بندی متداول ترین تقسیم بندی خطوط مونتاژ است که براساس یکی از معیارهای زیر صورت می گیرد (Sanayevpnu.lxb.ir).

1. افق برنامه ریزی
2. تعداد محصولات
3. سیستم انتقال مواد بکار گرفته شده
4. تغییر پذیری زمانهای عملیاتی
5. محدودیتهای تخصیص
6. جانمایی سیستم تولید

5- بر اساس افق برنامه ریزی

مسئله مورد نظر بر اساس افق برنامه ریزی به دوسته تقسیم می شوند.

الف)کوتاه مدت

تعیین توالی محصولات در خط مونتاژ، در جهت کمینه کردن معیارهای هزینه ای با تصمیماتی که از سوی مدیران اتخاذ می شود، در افق های زمانی کوتاه مدت دارای اهمیت می باشند.

ب) بلندمدت

بالانس خط مونتاژ از تصمیماتی است که می بایست با توجه به هزینه بسیار زیاد آن در افق های زمانی بلند مدت صورت گیرد و بایستی خط مونتاژ با حداکثر کارائی طراحی و بالانس شود.

6- بر اساس تعداد محصولات:

مسئله مورد نظر بر اساس تعداد محصولات به سه دسته تقسیم می شوند.

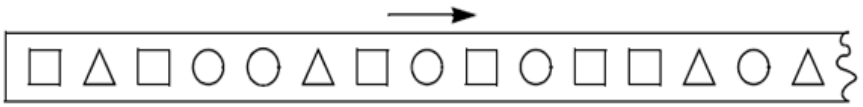
الف) خطوط محصول ساده (تک مدلی):

در این خط یک محصول دائماً در تعداد زیاد تولید می شود و در هر ایستگاه فعالیت های یکسانی بر روی قطعه انجام می گیرد. یک ساختار کلاسیک است که در آن یک یک مدل از یک نوع محصول واحد تولید می شود.

شکل 2-2-8-6-1 خط تک مدلی (ایزدی ح،1390)

ب) خطوط مدل ترکیبی

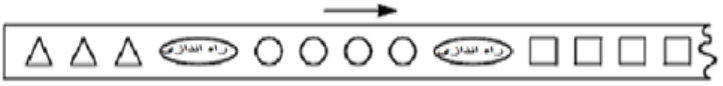
تعدادی از محصولات مشابه یا مدلهای متفاوتی از یک محصول روی خط مونتاژ در یک افق برنامه ریزی معین مونتاژ می شود. در این خط فرایند تولید شامل هزینه های راه اندازی نمی باشد ، چرا که تمام مدل ها نیازمند عملیات ساخت یکسانی هستند.



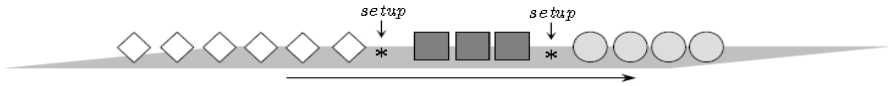
شکل2-2-8 -6-2خط با مدل های ترکیبی(ایزدی ح،1390).

ج) خطوط با مدل های چند گانه

چند محصول مشابه در یک یا چند خط مونتاژ تولید می شود و برای هر محصول یک چیدمان خاص وجود دارد. از این رو توالی از دسته ها مورد پردازش قرار میگیرند، که هر دسته شامل یک مدل یا گروهی از مدل های مشابه است . بنابراین هزینه های راه اندازی برای تغییر هر دسته وجود خواهد داشت .



شکل2-2-8-6-3 خط با مدل چندگانه(ایزدی ح،1390)



شکل2-2-8-6-4 خط با مدل های چندگانه

7- بر اساس سیستم انتقال مواد بکار گرفته شده

مسئله مورد نظر بر اساس سیستم انتقال مواد به دو دسته تقسیم می شوند.

الف) مدل گام به گام

در این مدل انتقال مواد مکانیکی مانند نقاله، ایستگاه ها را به هم متصل می کند و قطعات کاری یا در حین فرایند و یا بعد از انجام فرایند به صورت همزمان منتقل می شوند.

ب) مدل غیر گام به گام

ایستگاه ها به وسیله انبارهایی جدا می شوند که قطعات پس از تکمیل فعالیتها تا شروع فعالیتهای ایستگاه های بعدی در آن انبار قرار می گیرند.

2-2-9 رویکردهای مختلف برای حل مسائل بالانس خط مونتاژ

رویه های بیشماری برای حل مسائل بالانس خط مونتاژ توسعه داده شده اند. به دلیل طبیعت NP-Hard این نوع مسائل ترکیباتی، روشهای دقیق معدودی برای حل SALBP خصوصا SALBP-۱ ارائه شده است. با وجود آن روش های دقیق رسیدن به یک حل بهینه را تضمین می کنند، ولی اغلب این روش ها دارای یک محدودیت اندازه مسئله هستند و بر حسب زمان محاسباتی اندازه گیری می شود. بنابراین تنها می توانند در مسائل با تعداد عملیات مونتاژ کوچک یا متوسط به کار روند. از این رو روش های تقریبی شامل روش های هیوریستیک (ابتکاری) و متاهیوریستیک (فراابتکاری) به منظور غلبه بر این محدودیت توسعه داده شده اند و قصد دارند حل هایی تا حد امکان نزدیک به حل های بهینه ارائه کنند [3].

2-2-10 روش های جستجوی بهینه

2-2-10-1 روش برنامه ریزی عدد صحیح آمیخته (MIP) :

به طور کلی مدل های برنامه ریزی عدد صحیح ترکیبی از روش های توصیف پایه مسائل بالانس خط مونتاژ به حساب می آیند، که می توانند به تصمیم گیرنده در جهت درک این مسائل کمک کنند .اما اغلب حل اینگونه مدل ها توسط ابزارهای حل موجود، زمانی که

مسائل با اندازه واقعی مد نظر باشد، غیر عملی به نظر می رسد. بنابراین بیشتر روش های حل جستجوی بهینه ارائه شده در ادبیات ALBP یا براساس روش های برنامه ریزی پویا و یا روش شاخه و کران می باشند[4].

2-2-10-2 برنامه ریزی پویا :

این روش مسأله را به یک فرایند تصمیم چند مرحله ای با تقسیم آن به مسائل کوچکتر تبدیل می کند و آنها را به صورت بازگشتی حل می کند. سپس حل بهینه آنها برای ساخت حل بهینه مسئله اصلی، استفاده می شوند. اولین رویه حل به کمک DP توسط جکسون و بعدها چندین روش توسط سایر افراد توسعه داده شدند[4].

2-2-10-3 روش شاخه و کران :

این روش یک تکنیک شمارش توسعه داده شده توسط لیتل و همکارانش است که حل های بهینه را از طریق جستجو در زیر مجموعه جواب های شدنی به دست می آورد. این زیر مجموعه ها (ناحیه) از طریق ایجاد فرایند انشعاب بدست می آیند. همچنین یک فرایند با نام محدود کردن به صورت بازگشتی ، حدود پایین یا بالای حل های نهایی در هر زیر ناحیه را از طریق استراتژی های جستجوی مختلف مانند (مینیمم حد پایین محلی) ، بدست می آورد. از جمله روش های شاخه و کران موثر توسعه داده شده برای حل ۱-SALBP می توان به روش EUREXA توسط هافمن و SALOME توسط شول و مکلین، اشاره نمود. از طرف دیگر اکثر روش های مورد استفاده در حل ۲-SALBP براساس حل های مکرر SALBP-F با m ایستگاه معین و مقادیر زمان چرخه آزمایشی متنوع در یک رنج داده شده، به جواب نهایی خود رسیده اند. تنها دو روش برای حل ۲-SALBP به طور مستقیم ارائه شده است : TBB۲ و SALOME۲ که توسط مکلین و اسکول توسعه داده شده ند[4].

2-2-10-4 روش های تقریبی

بخش عمده ای از ادبیات ALBP شامل استفاده از روش های تقریبی برای حل این مسائل می باشد. بیشتر این روش ها را روش های سازنده، تکنیک های شمارشی و تکنیک های بهبود دهنده و .... تشکیل می دهند. به طور کلی دو دسته از روش های حل برای ALBP شناخته شده است : روش های هیوریستیک (ابتکاری) و روش های متا هیوریستیک (فراابتکاری)[3و4].

2-2-10-5 روشهای هیوریستیک

از سایر قوانین اولویت معروف می توان به ماکسیمم زمان پردازش، ماکسیمم تعداد پس نیاز ها ، مینیمم زودترین و دیرترین ایستگاه شناوری اشاره کرد. بعضی از روش های ابتکاری چندین قانون اولویت را ترکیب می کنند مانند روش TSS که در آن ماکسیمم زمان پردازش هر عملیات بر تعداد کل پس نیازهای آن تقسیم می شود. قوانین اولویت، یک لیست مرتب شده ای از کارهای قابل تخصیص می سازند.

هلگسن(1961)، یکی از نخستین هیوریستیک ها ، تکنیک اولویت بندی وزنی (RPW) را ارائه نمود. این روش که در آن عملیات برطبق وزن ناشی از موقعیت خود (جمع زمان خود عملیات با زمان های تمام عملیات پس نیاز خود) به صورت نزولی مرتب می شود. در این روش که به عنوان استراتژی ایستگاه محور شناخته می شود، با یک ایستگاه شروع کرده، سپس ایستگاه های بعدی یکی یکی در نظر گرفته می شوند. در هر تکرار کارها به ترتیب از لیست رتبه بندی شده انتخاب و به ایستگاه جاری اختصاص می یابند. زمانی که ایستگاه فعلی به طور کامل بارگذاری شد، یک ایستگاه جدید باز می شود.

مطالعات زیادی در حیطه خطوط مونتاژ یکطرفه و دوطرفه و مشکلات آنها در خارج از کشور صورت گرفته است .که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد :

1-مفهوم خطوط مونتاژ موازی برای اولین بار توسط(Suer &Dagli ،1994) مطرح شد و آنها رویه های هیوریستیک را با هدف تعیین تعداد خطوط مونتاژ و ایستگاه های کاری و مدل های مختلف برای یک محصول را در خطوط مونتاژ در نظر گرفتند. نهایتا(Suer،1998)استراتژی های خط جایگزین را بصورت تک محصولی مطرح کرد.

2- متعادل سازی دو یا چند خط تولید با منابع مشرک (PALBP) توسط (Goken et al ،2006) ارائه شد و با هدف بهینه سازی تعداد ایستگاه های کاری فرمولی ریاضی برای آن ارائه کردند و همچنین دو روش فرا ابتکاری را نیز برای آن ارائه نمودند.

3- (Benzer et al ،2007) روش مسیر کوتاه جدیدی را بر اساس یک مدل شبکه ای برای (PALBP) با هدف بهینه سازی تعداد ایستگه ها ارائه کردند و عملکرد مدل را در یک مثال عددی به نمایش گذاشتند .

4- (Baykasogl u et al ،2009) یک الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه (ACO) بدیع را بر اسلس الگوریتمی برای (PALBP) مطرح نمودند و نتایج ارزیابی آن را با روش های موجود در مطالعات انجام شده مقایسه نمودند و به ارزیابی عملکرد آن با هدف بهینه سازی تعداد ایستگاه ها پرداختند.

5-(Cerci ogl u et al ،2009)، روش شبیه سازی شده ای را برای حل (PALBP) مطرح نمودند و نتایج آن را با نتایج الگوریتم های مطرح شده در سال (2006) مقایسه نمودند.

6- (Ozcak et al ،2009)، اولین الگوریتم تحقیق جستجوی ممنوع (Tabu) چند هدفی را برای (PALBP) بسط دادند و عملکرد الگوریتم را بر روی چند موضوع شناخته شده در مطالعات را تست کردند و به تعادل بین حجم کار ایستگاه های کاری دست یافتند.

7- (Boysen،Schol l ،2009)، مدل ریاضی برای (PALBP) و روش حل دقیقی را برای برنامه ریزی خطوط دودویی و (SALOME) را برای تعادل تعداد ایستگاه ها و تعداد عملیات، برای تخصیص خط محصول مطرح و دست یافتند.

8- (Kara et al ،2010)، از روش های برنامه ریزی آرمانی فازی برای بالانس خطوط مونتاژ موازی پیشنهاد کردند .که به تعداد ایستگاه ها و زمان سیکل را بهینه دست یافتند.

9- (Ozkan et al ،2010)، مدل ترکیبی بالانس خطوط مونتاژ موازی را مطرح کردند ، و مشکلات را با یک شیوه شبیه سازی شده با هدف افزایش بهره وری خط به وسیله در نظر گرفتن حجم کار در بین ایستگاه های کاری با مدل های ترکیبی و مدل متوالی مطرح نمودند.

10- (Ozbaki r et al ،2011)، یک الگوریتم مورچه چند متغیره برای بالانس خطوط مونتاژ موازی دوهدفه را توسعه دادند. این یکی از تلاش های اولیه برای حل مسائل با هوش ازدحامی بود که بر اساس روش های متاهیوریستیک بود.

11- (Kucukkoc ،Zhang ،2014)، چارچوبی از یک روش حل احتمالی را با در نظر گرفتن طول خط و مدل ترکیبی خطوط مونتاژ دوطرفه موازی و مدل متوالی ، با هدف بهینه سازی تعداد ایستگاه های کاری، به کار بردند. و همچنین در سال (2014) نیز الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچگان را مبتنی بر عوامل، را با در نظر گرفتن طول خط و مدلهای ترکیبی بالانس خطوط مونتاژ موازی دوطرفه و مدل متوالی را برای بهینه سازی تعداد ایستگاه های کاری ، نیز به کار بردند.

همچنین تعداد معدودی تحقیق بر روی خطوط مونتاژ یکطرفه و دوطرفه در داخل نیز انجام شده است، که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره نمود :

1- (فقیه،منتظری،1387)، به حل مسئله موازنه خطوط مونتاژ با هدف افزایش سود ، کارائی و بهره وری، با به بکارگیری الگوریتم ژنتیک برای موازنه خطوط پرداختند. که در نتیجه باعث بهتر شدن جواب ها، و همچنین تا حدودی بیکاری های آشکار و پنهان نیز، شناسایی شد.

2- (سلیمان پور،زینال زاده،1388)، یک مدل ریاضی برای متعادل سازی خطوط مونتاژ نوع دوم (SALBP-۲)، به منظور ارزیابی تاثیر متعادل سازی، با هدف کاهش زمان سیکل و توزیع یکنواخت کار بین ایستگاه ها و کاهش زمان های بیکاری، ارائه نمودند. و دریافتند اجرای متعادل سازی خطوط مونتاژ منجر به کاهش زمان سیکل و همچنین افزایش کارائی شد.

3- (تقوی فرد،1390)، یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح آمیخته جهت حل مسئله بالانس خطوط چند محصولی را همراه با زمان های عملیاتی بیشتر از زمان سیکل و محدودیت های منطقه ای، ارائه کرد. و مشخص شد ویژگی های لحاظ شده در مدل، تصویری واقعی تر از آنچه در واقعیت محیط های تولیدی رخ می دهد را فراهم کرده است.

4- (فلفلانی،توکل،پویا) با تلفیق مدل بهینه سازی و تحلیل سلسله مراتبی فازی، به طراحی و ارزیابی بالانس خطوط مونتاژ ، با هدف بررسی همزمان تخصیص عناصر کاری مختلف به ایستگاه های کاری مختلف و انتخاب تجهیزات مناسب با هدف حداقل هزینه ، پرداختند.

5- (داروی اردکانی و همکاران،1390)، با هدف بالانس خطوط مونتاژ دوطرفه، به ارائه یک روش فراابتکاری تبرید شبیه سازی شده، پرداختند .

تجزیه‌وتحلیل اطلاعات به‌عنوان مرحله‌ای علمی از پایه‌های اساسی هر مقاله علمی به شمار می‌رود که به وسیله آن کلیه فعالیت‌های مقاله تا رسیدن به نتیجه، کنترل و هدایت می‌شوند.از آنجا که مسئله بالانس خطوط مونتاژ عبارتست از تخصیص کارها به ایستگاههای کاری ، بطوریکه هیچیک از محدودیتهای تقدمی نقض نشود و یک معیار عملکرد مشخص نیز بهینه گردد.هر نوعی از مسائل بالانس خط مونتاژ دارای طبیعت ترکیباتی می باشد و جزو دسته مسائل بهینه سازی ترکیباتی NP-Hard به حساب می آید.بدین معنی که نمی توان یک حل بهینه مطلقی را در یک زمان محاسباتی معقول برای آنها پیدا کرد.بنابراین استفاده از رویکردهای متاهیوریستیک در حل آنها امری غیر قابل اجتناب است.در این فصل ، ساختار مدل پیشنهادی در قالب یک مورد مطالعه ارزیابی می شود. این ارزیابی شامل چگونگی شبیه‌سازی ساختار پیشنهادی و تحلیل نتایج حاصل از آن است. مطالعه موردی گزارش‌شده در این فصل، از داده‌های دو مقاله لی وهمکاران، 2001 و کیم و همکاران، 2000 انتخاب شده‌اند. داده‌های مقاله اول به‌عنوان ورودی خط اول و داده‌های مقاله‌ی دوم به‌عنوان ورودی خط دوم در نظر گرفته شده است. با توجه به ترکیب داده‌های مذکور، مدل مسئله اجرا شد.

نتیجه گیری:

همانطور که در فصول گذشته اشاره شد با توجه به موضوع مورد مطالعه ابتدا جهت آشنایی، به تشریح خطوط مونتاژ و انواع آن، مسائل خطوط مونتاژ و انواع آن، خطوط مونتاژ موازی دوطرفه نوع E، بالانس خطوط مونتاژ، پیشنهادی مورد نظر پرداخته شد. در فصل گذشته با توجه به مقاله مبنا و مدل ریاضی ارائه شده و همچنین با توجه به هدف اصلی این مقاله که بهینه سازی همزمان تعداد ایستگاه و زمان سیکل در خطوط مونتاز موازی دوطرفه از نوع E، است لذا الگوریتم پیشنهادی را در فضای برنامه MATLAB کدنویسی و کارایی الگوریتم سنجیده و نتایج حاصل از آن نیز ارائه شد.

در این مقاله با توجه به نوع مسئله بالانس خط مونتاژ که همانطور که قبلا اشاره شد، بالانس خطوط مونتاژ موازی دوطرفه نوع E، است بنابراین هدف اصلی در این مقاله عبارت است از :

- به حداقل رساندن زمان وتعداد ایستگاه ها به طور همزمان است.

اما همانطور که در فصل اول اشاره شد، متعادل سازی خط مونتاژ گرایشی است در وصول به مناسب ترین تعادل مابین نیروی انسانی، ماشین آلات و تجهیزات به نحوی که دسترسی به حجم مشخصی از تولید امکان پذیر گردد، بنابراین می توان علاوه بر هدف اصلی در این مقاله به اهداف فرعی دیگری نیز دست یافت از جمله :

- برقراری تعادل بین نیروی انسانی و تجهیزات و ماشین آلات به طوریکه به حجم تولید مورد نظر دست یابیم.
- افزایش کارایی و بهره وری سیستم تولیدی و افزایش راندمان اپراتورهای خط تولید .

با توجه به مقاله مبنا به تشریح خطوط مونتاژ موازی دوطرفه نوع-E و همچنین مدل ریاضی مورد استفاده پرداخته شد و همچنین به شرح کامل و جامعی از متدولوژی سطح پاسخ و الگوریتم پیشنهادی(الگوریتم ژنتیک)، برای حل مدل پرداخته و به تجزیه و تحلیل داده ها پرداخته شد. داده‌های ورودی برای اولین خط مونتاژ از مقاله لی و همکاران، 2001 و با عنوان مسئله P16 و داده‌های ورودی برای دومین خط مونتاژ با عنوان مسئله P24 از مقاله کیم و همکاران، 2000، برگرفته شد و با توجه به ترکیب داده‌های مذکور، مدل مسئله اجرا شد. برای اجرای الگوریتم ژنتیک ابتدا به برآورد پارامترهای الگوریتم ژنتیک از طریق متدولوژی RSM و طراحی آزمایشات به روش مرکب مرکزی با استفاده از نرم افزار MiniTab پرداخته شد.

پارامترهای الگوریتم ژنتیک با توجه به روابط موجود میان متغیرهای پاسخ دو مقدار بهترین کارایی سیستم(BSE)و میانگین کارایی سیستم(ASE)، و متغیرهای مستقل(نرخ تقاطع، نرخ جهش و اندازه جمعیت) می‌باشند. به‌منظور بدست آوردن بهترین مقدار برای اندازه جمعیت، نرخ تقاطع و نرخ جهش باید دو تابع BSE و ASE بیشینه شوند. بنابراین عملگرها و نرخ‌های بهینه الگوریتم ژنتیک طبق جدول زیر حاصل شد.

منابع و ماخذ :

(1) تقی زاده، هوشنگ،زینال زاده،امین.،(پاییز 1388)،"کاربرد روشهای هیوریستیک اولویت وزنی و طولانی تری زمان عملیات **(LCR)** متعادل سازی خطوط مونتاژ و تاثیر آن بر عملکرد سازمان: مطالعه موردی ،"نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید ، شماره 3،جلد 20،صفحه 55-64.

(2) فریدون-کاردل ،کامران،(1385)،الگوریتمهای متاهیوریستیک،دانشگاه علوم و فنون مازندران

(3) سلیمان پور،مقصود،زینال زاده، امین.،(زمستان 1388)،" کاربرد یک مدل ریاضی برای متعادل سازی خط مونتاژ : مطالعه موردی"،نشریه فراسوی مدیریت،شماره 11،ص 7-30.

(4) سید حسینی،سید محمد.(1380)،"مدیریت کارخانه"،تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها(سمت)،چ ششم.

(5) متقی،هایده،(1384)،"مدیریت تولید و عملیات"،تهران: انتشارات آوای پاتریس،چ دوم.

(6) مظفر، عباس، اکبری جوکار ، محمدرضا ،(زمستان 1371)،"انواع مسائل متعادلسازی خطوط مونتاژ"،مجله صنایع، شماره 2،صفحه 23

(7) مرعشی،سید نصراله،(1386)،ارزیابی کار و زمان،انتشارات کارآفرینان بصیر.

(8) نورمحمدی،امیر،(1388)،ارائه یک الگوریتم متاهیوریستیک کارا برای موازنه خطوط مونتاژ دو معیاره،پایان نامه کارشناسی ارشد،دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین.

(9) وب سایت بهره وری (**http://www.bahrevari.ir**).

(10) Baykasoğlu A, Özbakır L (2006) Stochastic U-line balancing using genetic algorithms. Int J Adv Manuf Technol 32(1–2):139–147

(11) Bartholdi, J.J., 1993. Balancing two-sided assembly lines: A case study. International Journal of Production Research 31, 2447–2461.

(12) Baykasoglu A, Dereli T (2008) Two-sided assembly line balancing using an ant-colony-based heuristic. Int J Adv Manuf Technol 36(5–6):582–588.

(13) Baykasoglu A, Özbakýr L, Telcioglu MB (2002) Multiple-rule based genetic algorithm for simple assembly line balancing problems (MRGA-SALBP-I). In: Proceedings of the 5th International Conference on Managing Innovations in Manufacturing (MIM 2002), Milwaukee, Wisconsin, September 2002, pp 402–408