

ارائه مدل ریاضی بالانس خط تولید در حالت توالی عملیات چندگانه

حسنعلی آریا^۱، محمد فلاح^۲

^۱ دانشجوی دکتری مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز

^۲ استادیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز

نام نویسنده مسئول:

حسنعلی آریا

چکیده

بالانس خط تولید امروزه گامی اساسی در برنامه ریزی سیستم‌های تولیدی به شمار می آید و این مسأله به ویژه در سیستم های خط تولید از اهمیت خاصی برخوردار است. این مسائل در جستجوی تخصیص عناصر کاری یک خط مونتاژ به ایستگاه های کاری هستند، به گونه ای که محدودیت های پیش نیازی برقرار شود و تعداد ایستگاه های کاری و زمان بیکاری هر ایستگاه حداقل گردد. در مسائل واقعی، یک بالانس خط مونتاژ ممکن است با گزینه های مختلفی از مونتاژ سر و کار داشته باشد، از اینرو بررسی مسأله بالانس خط مونتاژ با گزینه های مختلف، به منظور دستیابی به بالاترین کارایی، می تواند در عمل بسیار مفید و ارزشمند باشد. در این مقاله یک مسأله بالانس خط تولید در حالت توالی عملیات چندگانه تولید در نظر گرفته می شود، در این مساله، انواع گزینه های مختلف تولید را در نظر گرفته و چندین بار به ازای گزینه های مختلف به صورت یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح حل می گردد.

واژگان کلیدی: بالانس خط تولید، توالی عملیات چندگانه، برنامه ریزی خطی عدد صحیح

مقدمه

مسئله بالانس خط تولید جزء مسائلی است که در دهه های اخیر مطالعات و تحقیقات گسترده ای بر روی آن انجام شده است. این تحقیقات مشتمل بر مسائل بالانس خط تولید تعمیم یافته از قبیل مدل های آمیخته، ایستگاه های موازی، خطوط U شکل، مدل های با اهداف چندگانه، بالانس خط مونتاژ در محیط های فازی و غیره می باشند. مسئله بالانس خط مونتاژ در ابتدا توسط هنری فورد در کارخانجات صنعتی فورد مطرح شد. در ابتدا بیان تحلیلی این مسئله توسط هلگسون و همکارانش در سال ۱۹۵۴ ایجاد شده و برای اولین بار در قالب یک مدل ریاضی توسط اسلاوسن در سال ۱۹۵۵ منتشر گردید. در سال ۱۹۶۰ توسط بومن در رابطه با فرموله کردن مسئله بالانس خط مونتاژ با استفاده از برنامه ریزی عدد صحیح صفر و یک مقالاتی ارائه شد. مدل بومن در سال ۱۹۶۱ توسط وایت و سپس در ادامه در سال ۱۹۷۱ توسط تانگوو و شیتی اصلاح گردید. مسئله ی بالانس خط مونتاژ شامل ایستگاه های کاری چندگانه در سال ۱۹۷۴ توسط بوکسی ارائه شد. پینتو و همکارانش در سال ۱۹۷۵ یک مسئله شامل عناصر کاری موازی را بررسی کردند بوکچین و تزور در سال ۲۰۰۰ یک مسئله که گزینه های تجهیزات را بررسی می کرد مطرح کردند. در سال ۲۰۰۳، بوچین و روبینوویز یک مسئله شامل ایستگاه های موازی را مطرح کردند. پینتو و همکارانش در سال ۲۰۰۳ یک مسئله شامل گزینه های پردازش را بررسی کردند.

پاستور و همکارانش در سال ۲۰۰۵ یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح را برای مسائل شامل چندین گزینه مونتاژ مطرح کردند. در سال ۲۰۰۷، اسخل و همکارانش یک مسئله ی بالانس خط مونتاژ با توالی وابسته را تحت عنوان SDALB معرفی کردند که یک مسئله ی پایه ای بالانس خط مونتاژ را بوسیله ی زمان های عناصر کاری با توالی وابسته، توسعه می دهد [۱].

بررسی جامع و دقیق تحقیقات پیشین در مسائل بالانس خط تولید نشان می دهد که بیشتر مطالعات پیشین با نمونه های ساده ی بالانس خط تولید سر و کار دارند و این در حالیست که خیلی از مسائل بالانس خط مونتاژ در دنیای واقعی با گزینه های مختلفی برای یک مونتاژ سر و کار دارند و بنابراین بررسی جامع یک مسئله بالانس خط مونتاژ که گزینه های ممکن یک مونتاژ به منظور دستیابی به بالاترین کارایی را در نظر بگیرد از لحاظ کاربردهای عملی بسیار مفید و ارزشمند خواهد بود. در مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح برای مسائل شامل چندین گزینه ی مونتاژ تعداد محدودیت ها، متغیرها و همچنین زمان محاسباتی مورد نیاز برای حل بهینه ی آن، قابل توجه است. بطوریکه با افزایش تعداد عناصر کاری و تعداد گزینه های مونتاژ، تعداد محدودیت ها و متغیرها در مدل، و در نتیجه زمان محاسباتی مورد نیاز برای حل بهینه این مسائل افزایش می یابد. مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح مطرح شده در این مقاله، تعداد محدودیت ها، متغیرها و زمان محاسباتی مورد نیاز برای حل این مسائل را به طور قابل توجهی کاهش می دهد.

مسئله بالانس خط مونتاژ در حالت توالی عملیات چندگانه، دارای ویژگی ها و مفروضات زیر است:

- در مسئله بالانس خط مونتاژ در حالت توالی عملیات چند گزینه ای یک خط مونتاژ ترتیبی، که برای یک مدل مجزا از یک محصول بخصوص طراحی شده، بررسی می شود که همه ی گزینه های مونتاژ کاملاً از پیش مشخص و شناخته شده هستند.
- هیچ یک از زمان های فرایند عناصر کاری از زمان سیکل بزرگتر نیستند.
- عناصر کاری به طور کامل فقط در ایستگاه کاری تکمیل می شوند به این معنی که یک عنصر کاری را نمی توان به دو یا چند ایستگاه تخصیص داد.
- ایستگاه های کاری در هر زمان فقط می توانند یک عنصر کاری را پردازش کنند.
- به سبب وجود محدودیت های پیش نیازی، عناصر کاری نمی توانند با هر توالی دلخواهی پردازش شوند.
- به ازای هر گزینه، چندین مجموعه محدودیت پیش نیازی وجود دارد که روابط پیش نیازی بین عناصر کاری را در زیر مونتاژ موجود نمایش می دهند.
- لازم است همه عناصر کاری متعلق به یک زیر نمودار بخصوص، بر اساس خصوصیات همان گزینه مونتاژ تکمیل شوند.
- زمان های فرایند عناصر کاری وابسته به زیر نمودار انتخاب شده و مستقل از ایستگاه های کاری هستند که در آنجا پردازش می شوند.
- زمان های آماده سازی ناچیز در نظر گرفته می شوند.
- همه ایستگاه های کاری بصورت یکسان تجهیز و سرویس دهی می شوند و بنابراین هر ترکیب از عناصر کاری می تواند به هریک از ایستگاه های کاری تخصیص داده شود.
- بین عناصر کاری ناسازگاری وجود ندارد و بنابراین هر عنصر کاری می تواند به هر ایستگاه کاری تخصیص داده شود.
- فقط آن دسته از عناصر کاری که به زیر نمودار انتخاب شده تعلق دارند بایستی انجام شوند. عناصر کاری باقیمانده در فرایند مونتاژ در نظر گرفته نمی شوند و بنابراین انجام نخواهند شد.

۱- مرور ادبیات و مبانی نظری

مشخصه‌ی مشترک اغلب مسائل بالانس خط مونتاژ این است که یک نمودار پیش‌نیازی منحصر به فرد و از قبل تعیین شده را بررسی می‌کنند که همه‌ی روابط پیش‌نیازی ممکن بین عناصر کاری در یک خط مونتاژ را نمایش می‌دهند. به منظور وضوح بیشتر در نمایش نمودارهای پیش‌نیازی، هر یک از گزینه‌های ممکن برای مونتاژ را با یک زیر نمودار مجزا نمایش می‌دهیم. این زیر نمودارها چگونگی اجرای عناصر کاری در هر یک از گزینه‌های مونتاژ را نشان می‌دهند. پیچیدگی زیاد در مسائل شامل چندین گزینه مونتاژ منجر به بکارگیری روش‌های دو مرحله‌ای می‌شود. در مرحله نخست، طراح سیستم یکی از گزینه‌های ممکن برای مونتاژ را بر طبق یک ضابطه‌ی مشخص مانند زمان کل فرایند، هزینه، تخصیص منابع و مشابهت عناصر کاری انتخاب می‌کند و آنگاه در مرحله بعد بر اساس گزینه‌ی انتخابی، خط بالانس می‌شود [۲]. رویکردهای دو مرحله‌ای الزاماً تضمین نمی‌کنند که جواب بهینه برای یک مسئله عمومی بدست آید، بنابراین جهت حل کارآمد یک مسئله‌ی بالانس خط مونتاژ که با گزینه‌های مختلفی برای پردازش سر و کار دارد، همه‌ی گزینه‌های ممکن در حین فرایند بالانس بررسی شده و برای رسیدن به این هدف هر دو مسئله‌ی انتخاب و بالانس توأماً مطرح می‌گردند.

در این مقاله نشان داده می‌شود که چگونه با استفاده از چنین رویکردی یک مسئله شامل گزینه‌های مختلف مونتاژ می‌تواند بهینه شود. بدین منظور یک مسئله تعمیم یافته در نظر گرفته می‌شود که گزینه‌های مختلف یک فرایند مونتاژ یا ساخت را بررسی کرده و به منظور حل کارآمد آن یک رویکرد دو مرحله‌ای پیشنهاد می‌شود که شامل دو زیر مسئله است که به طور همزمان حل می‌شوند. مسئله اول مسئله تعمیم است که یکی از انواع گزینه‌های مختلف مونتاژ و در واقع یکی از زیر نمودارها را مطابق یک معیار مشخص انتخاب می‌کند. مسئله دوم مسئله بالانس می‌باشد که شامل تخصیص عناصر کاری به ایستگاه‌های کاری است. مسئله بصورت یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح فرموله شده و در قالب یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح، با استفاده از نرم افزار لینگو حل می‌شود.

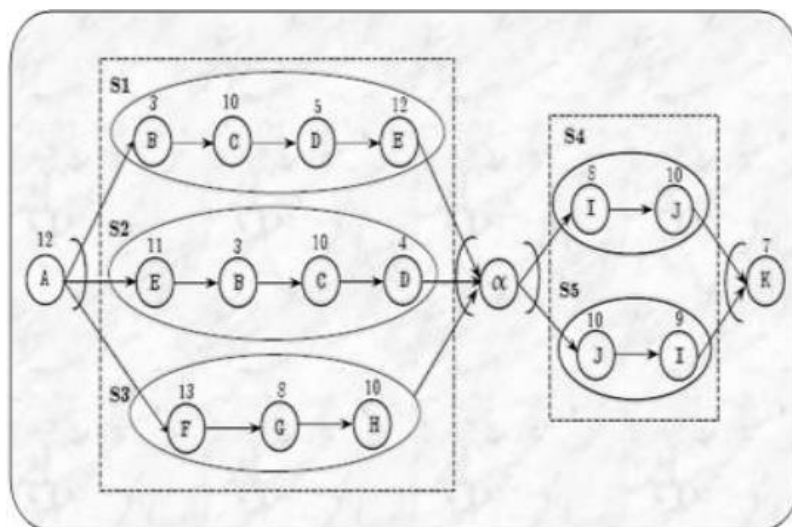
در مسئله بالانس خط مونتاژ در حالت توالی عملیات چندگانه، عناصر کاری گزینه‌های مختلف مونتاژ ممکن است با زمان‌های فرایند و روابط پیش‌نیازی متفاوتی تعریف گردند. علاوه بر این چون مسائل در مقیاس صنعتی ممکن است با فرایند‌های مختلفی سر و کار داشته باشند، گزینه‌های مختلف مونتاژ نیز ممکن است به وسیله‌ی مجموعه عناصر کاری متمایز و دو به دو ناسازگار تعریف شوند. بنابراین زمان فرایند و روابط پیش‌نیازی عناصر کاری و همچنین خود عناصر کاری بر اساس گزینه‌های موجود مونتاژ بررسی می‌گردند. سپس در کنار مسئله تخصیص عناصر کاری به ایستگاه‌های کاری، لازم است به منظور تعیین فرایند مونتاژ یا ساخت یک مسئله تصمیم‌گیری حل شود. برای هر یک از زیر مونتاژهای سیستم که گزینه‌های مختلفی را می‌پذیرد، یک زیر نمودار انتخاب خواهد شد. برای هر یک از چندین گزینه مونتاژ، یک مجموعه از عناصر کاری در دسترس است که باید به یک گروه از ایستگاه‌های کاری تخصیص داده شود. هر یک از انواع زیر مونتاژها به وسیله‌ی یک زیر نمودار مجزا نمایش داده می‌شود که عناصر کاری مورد نیاز و روابط پیش‌نیازی بین آنها را در فرایند مونتاژ یا ساخت، مشخص می‌کند. با توجه به اینکه زمان فرایند عناصر کاری بر اساس زیر نمودارهای مونتاژ بررسی می‌گردد، بنابراین زمان کل فرایند مونتاژ ممکن است از یک گزینه مونتاژ به گزینه دیگر متفاوت باشد. زمان فرایند عناصر کاری معمولاً ثابت در نظر گرفته می‌شوند اما در خیلی از کاربردهای واقعی چنین نیست. به عنوان مثال زمان‌های عناصر کاری به ماهیت عناصر کاری، مهارت اپراتورها و قابلیت اطمینان ماشین آلات بستگی دارد. علاوه بر این مدت استمرار یک عنصر کاری می‌تواند بوسیله‌ی پیچیدگی انجام یک عنصر کاری مشخص در سیستم تعیین شود که به ترتیب فرایند بستگی دارد [۳]. مطابق ادبیات مرسوم در بالانس خط مونتاژ و با توجه به اهداف بهینه سازی، دو نوع مسئله تعریف می‌گردد. مسئله‌ی نوع اول یک مسئله بالانس خط مونتاژ است که در پی مینیمم کردن تعداد ایستگاه‌های کاری در ازای بالاترین کران مفروض زمان سیکل می‌باشد و در مسئله‌ی دوم زمان سیکل با توجه به یک تعداد مشخص از ایستگاه‌های کاری مینیمم می‌شود [۴].

۲- مدل ریاضی مساله

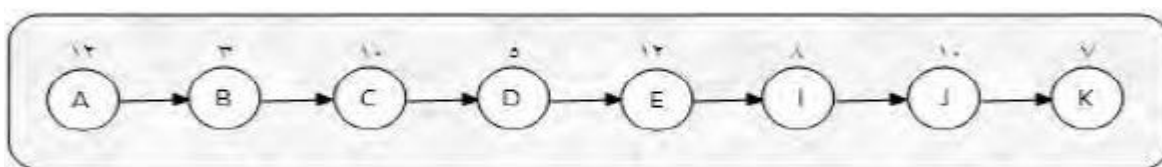
مسئله بالانس خط مونتاژ در حالت توالی عملیات چند گزینه‌ای، گزینه‌های مختلف مونتاژ را بررسی می‌کند که ممکن است شامل توالی‌های مختلفی از عناصر کاری باشند. بنابراین به منظور حل این مسئله در کنار محدودیت‌های زمان سیکل و محدودیت‌های پیش‌نیازی، لازم است محدودیت‌های مربوط به زیر نمودارها نیز در نظر گرفته شود. از طرف دیگر لازم است اطمینان حاصل شود که تنها یکی از گزینه‌های موجود برای خط مونتاژ (یکی از زیر نمودارهای مونتاژ) از میان گزینه‌های ممکن انتخاب می‌شود. به عبارت دیگر بایستی تضمین شود که تنها عناصر کاری متعلق به زیر نمودار انتخاب شده، انجام شوند. به منظور حل بهینه مسئله بالانس خط مونتاژ در حالت توالی عملیات چند گزینه‌ای، از دو مدل برنامه ریزی ریاضی خطی عدد صحیح استفاده می‌شود که بصورت همزمان یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری، برای انتخاب یکی از گزینه‌های مونتاژ و یک مسئله‌ی بالانس، به منظور تخصیص عناصر کاری به ایستگاه‌های کاری، را حل می‌کنند. به منظور سهولت استفاده از عبارات به کار رفته در مدل‌های ریاضی، از گزینه‌های مونتاژ تحت عنوان "مسیرهای نامشخص مونتاژ" نام برده می‌شود

که هر یک از این مسیرها یک مجموعه ی متمایز و شدنی از روابط پیش نیازی میان عناصر کاری و زمان های فرایند متناظر با آنها را تعریف می کند. در ادامه دو نوع متفاوت از مسیرهای نامشخص مونتاژ ارائه می گردد [۵].

مسیرهای سراسری: مسیرهای سراسری از ترکیبات شدنی زیر نمودارها برای هر یک از زیر مونتاژهای موجود به وجود می آیند. بنابراین هر مسیر سراسری بوسیله یک نمودار پیش نیازی کامل نمایش داده می شود که روابط پیش نیازی همه عناصر کاری مورد نیاز برای مونتاژ یک محصول بخصوص را نمایش می دهد. در نمودار شکل (۱) مطرح شده در بخش قبل می توان مشاهده کرد که ۶ ترکیب شدنی برای زیر نمودارهای هر یک از دو زیر مونتاژ مفروض وجود دارد، بنابراین ۶ مسیر سراسری خواهیم داشت. نمودار پیش نیازی شکل (۲) یکی از مسیرهای سراسری را نشان می دهد که از انتخاب زیر نمودار از زیر مونتاژ اول و از زیر مونتاژ دوم بدست می آید.



شکل ۱- عناصر کاری مجازی بین دو زیرمونتاژ متوالی شامل چندین گزینه مونتاژ



شکل ۲- نمودار پیش نیازی یک مسیر سراسری

مسیرهای جزئی: یک مسیر جزئی به یک مجموعه از روابط پیش نیازی اشاره می کند که تحت تأثیر یک گروه از عناصر کاری که گزینه های مختلفی را برای مونتاژ می پذیرند، بوجود می آید. در واقع هر مسیر جزئی یک گزینه پردازش جزئی است که بوسیله ی یک زیر نمودار نمایش داده می شود و در نتیجه هر یک از این مسیرها تنها شامل یک زیر مجموعه تقلیل یافته از عناصر کاری هستند.

مدل های برنامه ریزی خطی مسأله

به منظور حل بهینه ی مسأله ی بالانس خط مونتاژ در حالت توالی عملیات چند گانه، از دو مدل برنامه ریزی ریاضی خطی استفاده می شود که بصورت همزمان یک مسأله ی تصمیم گیری برای انتخاب یکی از گزینه های مونتاژ و یک مسأله ی بالانس به منظور تخصیص عناصر کاری به ایستگاه های کاری، را حل می کنند. در مدل اول گزینه های مونتاژ بوسیله ی یک نمودار پیش نیازی کامل که همه ی عناصر کاری مونتاژ را در بر می گیرد نمایش داده می شوند. این مدل را مدل مقدماتی می نامیم. تعداد متغیرها و محدودیت ها در این مدل به طور قابل توجهی زیاد است. در مدل دوم با عنوان مدل پیشرفته، هر یک از گزینه های مونتاژ بوسیله ی یک زیر نمودار منحصر به فرد نمایش داده می شوند که تنها یک مجموعه ی تقلیل یافته از عناصر کاری که تحت تأثیر زیر نمودارهای منحصر به فرد هستند را در بر می گیرد. در نتیجه ابعاد این مدل در مقایسه با مدل مقدماتی به طرز قابل توجهی کاهش می یابد.

مدل مقدماتی: در این مدل به منظور نمایش همه‌ی گزینه‌های مونتاژ، از مسیرهای سراسری استفاده می‌شود. بنابراین مدل یک مسیر سراسری منحصر به فرد را انتخاب می‌کند که محدودیت‌های پیش‌نیازی و زمان پردازش همه‌ی عناصر کاری مورد نیاز مونتاژ را همزمان با تخصیص عناصر کاری به ایستگاه‌های کاری، تعیین می‌کند.

پارامترهای مسئله

n : تعداد عناصر کاری

M_{max} : کران بالای تعداد ایستگاه‌های کاری

M_{min} : کران پایین تعداد ایستگاه‌های کاری

nr : تعداد مسیرهای سراسری

C_{max} : کران بالای زمان سیکل

PD_{ir} : مجموعه‌ی پیش‌نیازهای بلاواسطه‌ی عنصر کاری i هنگامی که در طول مسیر r پردازش می‌شود.

E_{ir} : زودترین ایستگاه کاری که عنصر کاری i می‌تواند به آن تخصیص یابد اگر عنصر کاری i در طول مسیر r پردازش شود. L_{ir} :

دیرترین ایستگاه کاری که عنصر کاری i می‌تواند به آن تخصیص یابد اگر عنصر کاری i در طول مسیر r پردازش شود. T_{jr} : مجموعه‌ی عناصر کاری قابل تخصیص به ایستگاه کاری j ، اگر این عناصر کاری در طول مسیر r پردازش شوند.

متغیرهای تصمیم‌گیری

X_{ijr} : اگر عنصر کاری i به ایستگاه کاری j تخصیص داده شود و در طول مسیر r پردازش شود متغیر مقدار ۱ و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد.

Y_j : اگر یک عنصر کاری به ایستگاه کاری j تخصیص داده شود متغیر مقدار ۱ و در غیر این صورت مقدار صفر خواهد داشت.

$$Z = \sum_{j=m_{min}+1}^{m_{max}} j \cdot y_j \quad (1)$$

$$\sum_{r=1}^{nr} \sum_{j=E_{ir}}^{L_{ir}} x_{ijr} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^{nr} \sum_{i \in T_{jr}} t_{ir} \cdot x_{ijr} \leq C_{max} \quad j = 1, 2, \dots, m_{min} \quad (3)$$

$$\sum_{r=1}^{nr} \sum_{i \in T_{jr}} t_{ir} \cdot x_{ijr} \leq C_{max} \cdot y_j \quad j = m_{min} + 1, \dots, m_{max} \quad (4)$$

$$\sum_{j=E_{pr}}^{L_{pr}} j \cdot x_{pjr} \leq \sum_{j=E_{ir}}^{L_{ir}} j \cdot x_{ijr} \quad \forall r, \forall i, \forall p \in PD_{ir} \quad (5)$$

$$\sum_{j=E_{1r}}^{L_{1r}} x_{1jr} \leq \sum_{j=E_{ir}}^{L_{ir}} x_{ijr} \quad \forall r; r = 2, \dots, n \quad (6)$$

$$x_{ijr} \in \{0, 1\} \quad \forall i, \forall r, \forall j \in [E_{ir}, L_{ir}] \quad (7)$$

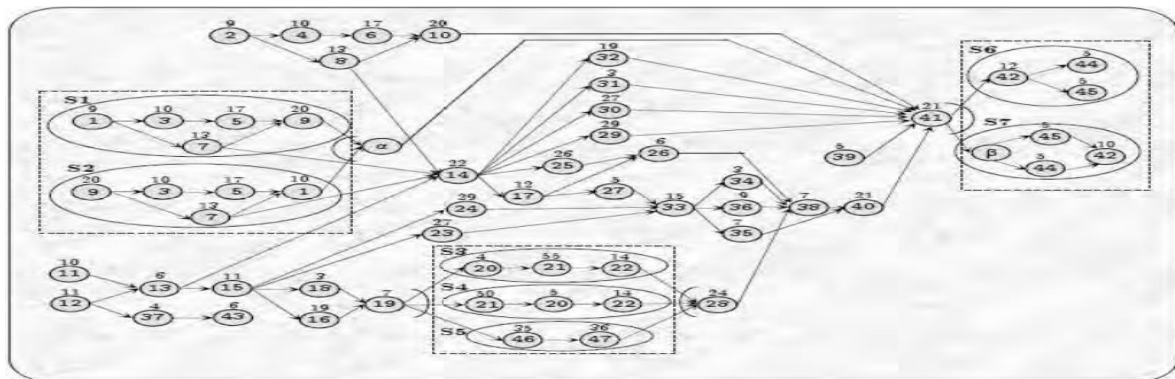
$$y_j \in \{0, 1\} \quad j = m_{min} + 1, \dots, m_{max} \quad (8)$$

تابع هدف (۱) شامل مینیمم کردن تعداد ایستگاه‌های کاری است. محدودیت‌های (۲) تضمین می‌کنند که هر عنصر کاری i به یک و فقط یک ایستگاه کاری تخصیص داده شود. محدودیت‌های (۳) و (۴) تضمین می‌کنند که مجموع زمان فرایند عناصر کاری تخصیص یافته به ایستگاه کاری j از کران بالای زمان سیکل بیشتر نشود. محدودیت‌های (۵) محدودیت‌های پیش‌نیازی را اعمال می‌کنند. محدودیت‌های (۶) که محدودیت‌های یکتایی مسیر هستند اطمینان می‌دهند که همه‌ی عناصر کاری به یک مسیر تخصیص داده شوند. و در نهایت محدودیت‌های (۷) و (۸) محدودیت‌های دودویی متغیرها را بیان می‌کنند.

۳- حل مثال عددی

به منظور مقایسه و ارزیابی عملکرد مدل‌های ریاضی پیشنهاد شده، یک آزمون محاسباتی انجام می‌شود و مدل‌های پیشنهادی در قالب یک مثال عددی با استفاده از نرم افزار لینگو حل می‌شوند. مثال عددی به کار رفته در آزمون محاسباتی برای حل مسأله بالانس

خط مونتاژ در حالت توالی عملیات چند گانه، با استفاده از ترکیب انواع گزینه های مونتاژ برای زیر مونتاژها در SALBP، طراحی شده است. شکل (۳) روابط پیش نیازی یک سیستم فرضی را نشان می دهد که شامل ۴۵ عنصر کاری و زمان سیکل ۵۶ است.



شکل ۳- نمودار پیش نیازی یک مسأله بالانس خط مونتاژ در حالت توالی عملیات چند گزینه ای با ۴۵ عنصر کاری

داده های مورد نیاز برای مسأله ی نمونه، در جدول (۱) نشان داده شده است که شامل تعداد عناصر کاری، زمان سیکل، تعداد مسیرهای سراسری برای مدل مقدماتی، تعداد مسیرهای جزئی برای مدل پیشرفته و تعداد محدودیت ها و متغیرها مدل می باشد.

جدول ۱- پارامترهای مسأله ی بالانس خط مونتاژ در حالت توالی عملیات چند گزینه ای با ۴۵ عنصر کاری

تعداد عناصر کاری	زمان سیکل	تعداد مسیرهای سراسری	تعداد مسیرهای جزئی
۴۵	۵۶	۱۲	۷
تعداد محدودیت ها		تعداد متغیرها	
M_1		M_1	
۱۳۸۳		۱۰۸۴۰	

نتایج حل بهینه ی مسأله ی نمونه در جدول ۲ نشان داده شده است که شامل تعداد بهینه ی ایستگاه های کاری M^* و زمان حل مدل می باشد.

جدول ۲- نتایج حل عددی

تعداد بهینه ایستگاههای کاری	زمان حل (ثانیه)
m^*	
۱۰	۲۱۴

نتیجه گیری و جمع بندی

در این مقاله یک مسأله ی بالانس خط مونتاژ در حالت توالی عملیات چند گزینه ای مطرح گردید. مشخصه ی اصلی این مسائل این است که گزینه های مختلف اجزاء یک مونتاژ یا یک فرایند ساخت را بررسی می کند. هر یک از انواع گزینه ها به وسیله ی یک زیر نمودار پیش نیازی نمایش داده شد که عناصر کاری، روابط پیش نیازی آنها و زمان های فرایند متناظر را تعیین می کرد. برای حل کارآمد مسأله ی بالانس خط مونتاژ در حالت توالی عملیات چند گزینه ای، یک رویکرد جدیدی پیشنهاد شد که مسأله را بصورت همزمان حل می کرد. مسأله ی تصمیم گیری به منظور انتخاب گزینه های مونتاژ و مسأله ی بالانس به منظور تخصیص عناصر کاری به ایستگاه های کاری. نظر به اینکه مسائل بالانس خط مونتاژ از نوع NP-hard هستند، لذا این مسائل از درجه ی پیچیدگی بالایی برخوردار هستند. برای ارزیابی مسأله ی بالانس خط مونتاژ در حالت توالی عملیات چند گانه، یک مثال عددی بررسی شد. آزمون محاسباتی اجرا شده، آشکار کرد که تعداد متغیرها و محدودیت ها و در نتیجه زمان محاسباتی در مدل به طور قابل توجهی کاهش پیدا می کند. مدل های برنامه ریزی ریاضی می تواند تنها برای حل بهینه ی مسائل بالانس خط مونتاژ در حالت توالی عملیات چند گانه در مقیاس های کوچک و متوسط برای مثال مسائل شامل ۱۰ تا ۳۰ عنصر کاری و ۵ تا ۱۱ زیر نمودار، بکارگیری شوند، لذا به منظور حل این نوع از مسائل بهینه سازی ترکیبی در مقیاس های صنعتی، طراحی و توسعه ی روش های تقریبی و الگوریتم های فرا ابتکاری مانند الگوریتم GRASB و الگوریتم ژنتیک پیشنهاد می گردد.

مراجع

- [1] Pastor, R. and Capacho, L. (2005), the Alternative Subgraphs Assembly Line Balancing Problem, International Journal of Production Research, Vol 11.
- [2] Scholl, A., Boysen, N. and Fliedner, M. (2007), The sequence-dependent assembly line balancing problem, Operations Research Spectrum.
- [3] Lambert, A. (2006), Generation of assembly graphs by systematic analysis of assembly structures, European Journal of Operational Research, Vol.168, pp. 932–951.
- [4] Rekiek, B. (2001), Assembly Line Design, multiple objective grouping genetic algorithm and the balancing of mixed-model hybrid assembly line, Doctoral Thesis, University Libre de Bruxelles.
- [5] Scholl, A. (1999), Balancing and sequencing assembly lines, 2nd. edition, Physica-Verlag, Heidelberg.