ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

فصلنامه علمی پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع (سال سوم)
شماره ۱۰ / تابستان ۱۳۹۶ / ص ۱۷- ۱۰

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

پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۱۰ ، تابستان ۱۳۹۶، ص ۱۷-۱۰

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

مقدمه

مسأله بالانس خط تولید جزء مسائلی است که در دهه های اخیر مطالعات و تحقیقات گسترده ای بر روی آن انجام شـده اسـت . 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. مسأله بالانس خط مونتاژ در ابتدا توسط هنری فورد در کارخانجات صنعتی فورد مطرح شد. در ابتدا بیان تحلیلـی ایـن مسـأله توسط هلگسون و همکارانش در سال ۱۹۵۴ ایجاد شده و برای اولین بار در قالب یـک مـدل ریاضـی توسـط اسلاوسن در سال ۱۹۵۵ منتشر گردید. در سال ۱۹۶۰ توسط بومن در رابطه با فرموله کردن مسأله بالانس خط مونتـاژ بـا اسـتفاده 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. مسأله ی بالانس خط مونتاژ شامل ایستگاه هـای کـاری چندگانـه در سـال۱۹۷۴ توسط بوکسی ارائه شد. پینتو و همکارانش در سال ۱۹۷۵ یک مسأله شامل عناصـر کـاری مـوازی را بررسـی کردنـد بوکچین و تزور در سال ۲۰۰۰ یک مسأله که گزینـه هـای تجهیـزات را بررسـی مـی‌کـرد مطـرح کردنـد. در سـال ۲۰۰۳، بوچین و روبینوویز یک مسأله شامل ایستگاه های مـوازی را مطـرح کردنـد. پینتو و همکـارانش در سـال ۲۰۰۳ یـک مسأله 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 مطـرح کردند. در سال ۲۰۰۷، اسخل و همکارانش یک مسأله‌ی بالانس خط مونتـاژ بـا تـوالی وابسـته را تحـت عنـوان SDALB معرفی کردند که یک مسأله ی پایه ای بالانس خط مونتاژ را بوسیله ی زمان های عناصر کاری با توالی وابسـته، توسـعه مـی‌دهـد [۱].

بررسی جامع و دقیق تحقیقات پیشین در مسائل بالانس خط تولید نشان می دهد که بیشتر مطالعات پیشین با نمونه های ساده‌ی بالانس خط تولید سر و کار دارند و این در حالیست که خیلی از مسائل بالانس خط مونتاژ در دنیای واقعی با گزینه‌های مختلفی برای یک مونتاژ سر و کار دارند و بنابراین بررسی جامع یک مسأله 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 گزینه‌ی 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.

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

- در مسأله 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.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

۱- مرور ادبیات و مبانی نظری

مشخصه‌ی مشترک اغلب مسائل بالانس خط مونتاژ این است که یک نمودار پیش نیازی منحصر به فرد و از قبل تعیین شده را بررسی می کنند که همه ی روابط پیش نیازی ممکن بین عناصر کاری در یک خط مونتاژ را نمایش می دهند. به منظور وضوح بیشتر در نمایش نمودارهای پیش نیازی، هر یک از گزینه های ممکن برای مونتاژ را با یک زیر نمودار مجزا نمایش می دهیم. این زیرنمودارها چگونگی اجرای عناصر کاری در هر یک از گزینه های مونتاژ را نشان می دهند. پیچیدگی زیاد در مسائل شامل چندین گزینه مونتاژ منجر به بکارگیری روش های دو مرحله ای می شود. در مرحله نخست، طراح سیستم یکی از گزینه های ممکن برای مونتاژ را بر طبق یک ضابطه ی مشخص مانند زمان کل فرایند، هزینه، تخصیص منابع و مشابهت عناصر کاری انتخاب می کند و آنگاه در مرحله بعد بر اساس گزینه ی انتخابی، خط بالانس می شود[۲]. رویکردهای دو مرحله‌ای الزاماً تضمین نمی کنند که جواب بهینه برای یک مسأله عمومی بدست آید، بنابراین جهت حل کارآمد یک مسأله‌ی بالانس خط مونتاژ که با گزینه های مختلفی برای پردازش سر و کار دارد، همه ی گزینه های ممکن در حین فرایند بالانس بررسی شده و برای رسیدن به این هدف هر دو مسأله ی انتخاب و بالانس توأماً مطرح می گردند.

در این مقاله نشان داده می شود که چگونه با استفاده از چنین رویکردی یک مسأله شامل گزینه های مختلف مونتاژ می‌تواند بهینه شود. بدین منظور یک مسأله تعمیم یافته در نظر گرفته می شود که گزینه های مختلف یک فرایند مونتاژ یا ساخت را بررسی کرده و به منظور حل کارآمد آن یک رویکرد دو مرحله ای پیشنهاد می شود که شامل دو زیر مسأله است که به طور همزمان حل می شوند. مسأله اول مسأله تصمیم است که یکی از انواع گزینه های مختلف مونتاژ و در واقع یکی از زیرنمودار ها را مطابق یک معیار مشخص انتخاب می کند. مسأله دوم مسأله بالانس می باشد که شامل تخصیص عناصر کاری به ایستگاه های کاری است. مسأله 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 می شود.

در مسأله بالانس خط مونتاژ در حالت توالی عملیات چندگانه، عناصر کاری گزینه‌های مختلف مونتاژ ممکن است با زمان‌های فرایند و روابط پیش نیازی متفاوتی تعریف گردند. علاوه بر این چون مسائل در مقیاس صنعتی ممکن است با فرایند های مختلفی سر و کار داشته باشند، گزینه های مختف مونتاژ نیز ممکن است به وسیله ی مجموعه عناصر کاری متمایز و دو به دو ناسازگار تعریف شوند. بنابراین زمان فرایند و روابط پیش نیازی عناصر کاری و همچنین خود عناصر کاری بر اساس گزینه های موجود مونتاژ بررسی می گردند. سپس در کنار مسأله تخصیص عناصر کاری به ایستگاه های کاری، لازم است به منظور تعیین فرایند مونتاژ یا ساخت یک مسأله تصمیم گیری حل شود. برای هر یک از زیر مونتاژهای سیستم که گزینه های مختلفی را می پذیرد، 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 ایستگاه های کاری تخصیص داده شود. هر یک از انواع زیر مونتاژها به وسیله ی یک زیر نمودار مجزا نمایش داده می شود که عناصر کاری مورد نیاز و روابط پیش نیازی بین آنها را در فرایند مونتاژ یا ساخت، مشخص می کند. با توجه به اینکه زمان فرایند عناصر کاری بر اساس زیر نمودار های مونتاژ بررسی می گردد، 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 زمان های عناصر کاری به ماهیت عناصر کاری، مهارت اپراتورها و قابلیت اطمینان ماشین آلات بستگی دارد. علاوه بر این مدت استمرار یک عنصر کاری می تواند بوسیله ی 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 مسأله تعریف می‌گردد. مسأله ی نوع اول یک مسأله بالانس خط مونتاژ است که در پی مینیمم کردن تعداد ایستگاه های کاری در ازای بالاترین کران مفروض زمان سیکل می باشد و در مسأله ی دوم زمان سیکل با توجه به یک تعداد مشخص از ایستگاه های کاری مینیمم می شود[۴].

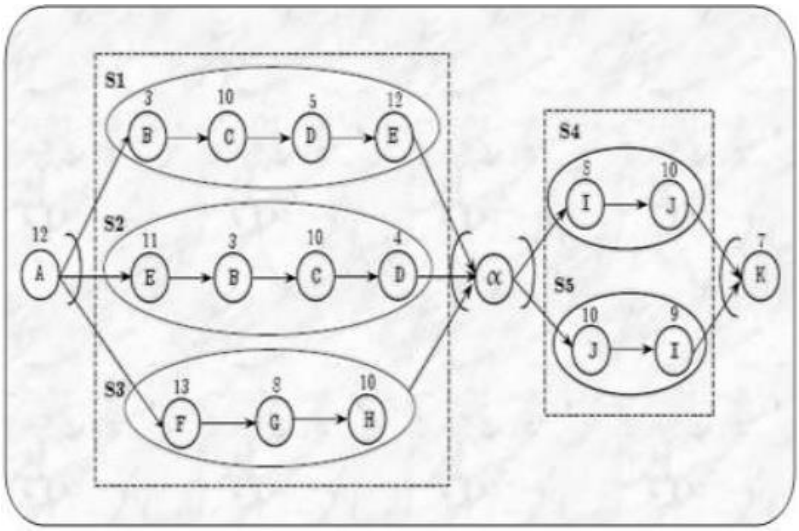
۲- مدل ریاضی مساله

مسأله بالانس خط مونتاژ در حالت توالی عملیات چند گزینه ای، گزینه های مختلف مونتاژ را بررسی می کند که ممکن است شامل توالی های مختلفی از عناصر کاری باشند. بنابراین به منظور حل این مسأله در کنار محدودیت های زمان سیکل و محدودیت های پیش نیازی، لازم است محدودیت های مربوط به زیر نمودارها نیز در نظر گرفته شود. از طرف دیگر لازم است اطمینان حاصل شود که تنها یکی از گزینه های موجود برای خط مونتاژ (یکی از زیرنمودارهای مونتاژ) از میان گزینه های ممکن انتخاب می شود. به عبارت دیگر بایستی تضمین شود که تنها عناصر کاری متعلق به زیر نمودار انتخاب شده، انجام شوند. به منظور حل بهینه مسأله بالانس خط مونتاژ در حالت توالی عملیات چند گزینه ای، از دو مدل برنامه ریزی ریاضی خطی عدد صحیح 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. به منظور سهولت استفاده از عبارات به کار رفته در مدل های ریاضی، از گزینه های مونتاژ تحت عنوان "مسیرهای نامشخص مونتاژ" نام برده می شود

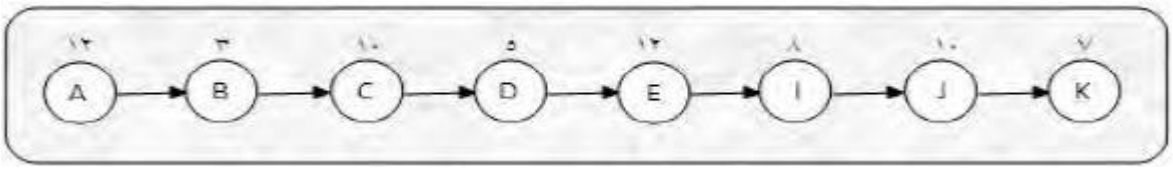
پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۱۰ ، تابستان ۱۳۹۶، ص ۱۷-۱۰
ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

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، بنابراین۶ 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 می‌آید.



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 بوسیله‌ی 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 مسأله‌ی بالانس به منظور تخصیص عناصر کاری به ایستگاه های کاری، را حل می کنند. در مدل اول گزینه‌های مونتاژ بوسیله‌ی 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 می‌نامیم. 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 بوسیله‌ی 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.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

مدل مقدماتی: در این مدل به منظور نمایش همه‌ی گزینه های مونتاژ، از مسیرهای سراسری استفاده می شود. 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 ایستگاه های کاری، تعیین می کند.

پارامترهای مسئله

n : تعداد عناصر کاری

M_{max}: کران بالای تعداد ایستگاه های کاری

M_{min}: کران پایین تعداد ایستگاه های کاری

nr : تعداد مسیرهای سراسری

C_{max}: کران بالای زمان سیکل

PD_{ir}: مجموعه ی پیش نیازهای بلاواسطه ی عنصر کاری i هنگامی که در طول مسیر r پردازش می شود.

E_{ir}: زودترین ایستگاه کاری که عنصر کاری i می تواند به آن تخصیص یابد اگر عنصر کاری i در طول مسیر r پردازش شود. L_{ir}: دیرترین ایستگاه کاری که عنصر کاری i می تواند به آن تخصیص یابد اگر عنصر کاری i در طول مسیر r پردازش شود. T_{jr}: مجموعه ی عناصر کاری قابل تخصیص به ایستگاه کاری j ، اگر این عناصر کاری در طول مسیر r پردازش شوند.

متغیرهای تصمیم گیری

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 می گیرد.

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

$$Z = \sum_{j=m_{min}+1}^{m_{max}} j.y_j \qquad (۱)$$

$$\sum_{r=1}^{nr} \sum_{j=E_{ir}}^{L_{ir}} x_{ijr} = 1 \qquad \forall i \qquad (۲)$$

$$\sum_{r=1}^{nr} \sum_{\forall i \in T_{jr}} t_{ir} . x_{ijr} \le C_{max} \qquad j = 1,2, \dots m_{min} \qquad (۳)$$

$$\sum_{r=1}^{nr} \sum_{\forall i \in T_{jr}} t_{ir} . x_{ijr} \le C_{max} . y_j \qquad j = m_{min} + 1 , \dots , m_{max} \qquad (۴)$$

$$\sum_{j=E_{pr}}^{L_{pr}} j . x_{pjr} \le \sum_{j=E_{ir}}^{L_{ir}} j . x_{ijr} \qquad \forall r , \forall i , \forall p \in PD_{ir} \qquad (۵)$$

$$\sum_{j=E_{1r}}^{L_{1r}} x_{1jr} \le \sum_{j=E_{ir}}^{L_{ir}} x_{ijr} \qquad \forall r ; r = 2, \dots , n \qquad (۶)$$

$$x_{ijr} \in \{0 , 1\} \qquad \forall i , \forall r, \forall j \in [E_{ir} , L_{ir}] \qquad (۷)$$

$$y_j \in \{0 , 1\} \qquad j = m_{min} + 1 , \dots , m_{max} \qquad (۸)$$

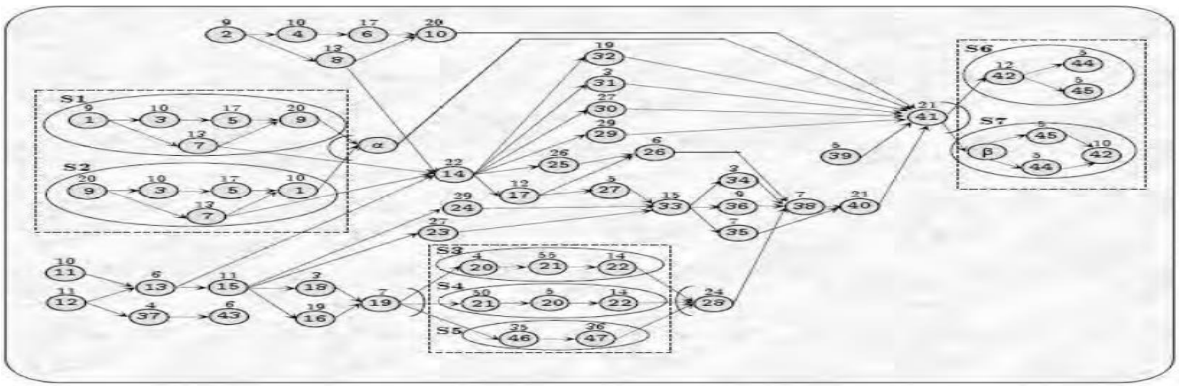
تابع هدف (۱) شامل مینیمم کردن تعداد ایستگاه های کاری است. محدودیت های (۲) تضمین می کنند که هر عنصر کاری i به یک و فقط یک ایستگاه کاری تخصیص داده شود. محدودیت های (۳) و (۴) تضمین می کنند که مجموع زمان فرایند عناصر کاری تخصیص یافته به ایستگاه کاری j از کران بالای زمان سیکل بیشتر نشود. محدودیت های (۵) محدودیت های پیش نیازی را اعمال می کنند. محدودیت های (۶) که محدودیت های یکتایی مسیر هستند اطمینان می دهند که همه ی عناصر کاری به یک مسیر تخصیص داده شوند. و در نهایت محدودیت های (۷)و (۸) محدودیت های دودویی متغیرها را بیان می کنند.

۳- حل مثال عددی

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

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

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 کـه شـامل ۴۵ عنصـر کـاری 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 می‌باشد.

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

تعداد عناصرکاری	زمان سیکل	تعداد مسیرهای سراسری	تعداد مسیرهای جزئی
۴۵	۵۶	۱۲	۷
تعداد محدودیت‌ها		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 m^*	زمان حل (ثانیه)
۱۰	۲۱۴

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

نتیجه گیری و جمع‌بندی

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 وسیله‌ی 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 مسأله‌ی 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 GRASBو الگریتم ژنتیک پیشنهاد می گردد.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

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 Jour al of Op r at o al R s a rch, 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.