برنامه‌ریزی تولید سلسله مراتبی
(مورد: شرکت ایپاکو)

عادل آذر■
استادیار دانشگاه تربیت مدرّس □□
علی اکبر گوی آبادی ■
استادیار دانشگاه تربیت مدرّس □□
غلامرضا امینیان ■
دانشجوی دوره دکتری مدیریت تولید و عملیات دانشگاه تهران □□

چکیده
مدیریت تولید و کنترل عملیات از مسائل پیچیده و مهم دنیای صنعتی امروزه است. در تحقیق حاضر، یک مدل سلسله مراتبی تولید در دو سطح برای برنامه‌ریزی میان مدت و زمان بندی کوتاه‌مدت ارائه شده است. این مدل برای یک شرکت تولید کننده قطعات خودرو فراهم آمده، ولی می‌توان از آن برای موقعیتهای دیگر استفاده کرد. در تهیه مدل حاضر از مدلهای موجود در متون تحقیقی، به ویژه مدل مهرا[1] (۱۹۹۵) استفاده گردیده، ولی تغییرهایی نیز در پاره‌ای از قسمتهای آن داده شده است. تابع هدف مدلهای پیشنهادی در تحقیق حاضر در جهت به حداقل رساندن مجموع ارزش ریالیِ کالای در جریان ساخت و همچنین مجموع ارزش ریالی موجودی قطعات نهایی است. در سطح اول این مدل، برنامه‌ریزی در افق زمانی سه ماه و مدت زمان دو هفته انجام می‌پذیرد. سپس در سطح دوم، زمان‌بندی تولید با افق زمانی دو هفته و مدت زمان دو روز انجام می‌شود، به نحوی که اهداف تعیین شده توسط سطح اول تحقق یابد. سرانجام مدل پیشنهادی در شرکت ایپاکو مورد آزمون قرار گرفت و نتایج حاصل نشان دهنده بهبود قابل توجه در کم کردن کالای در جریان ساخت و موجودی نهایی قطعات تکمیل شده است.

کلید واژه‌ها: برنامه‌ریزی تولید سلسله مراتبی، برنامه‌ریزی جامع

1. Mehra

۱. مقدمه

در حال حاضر، تمام شرکتهای موجود در جهان صنعتی و نیمه صنعتی در پی آنند که به سوی روشها و تکنیکهای نو در عرصه مدیریت تولید و عملیات حرکت کنند. به ویژه بعد از موجی که توسط شرکت تویوتا و با سیستم تولید بهنگام آن پدید آمد، این جریان شتاب بیشتری گرفته است. در حال حاضر نیز روشهای نو تولیدی مثل تولید ناب[1]، تولید چابک[2]، تولید بهنگام و... همه در پی یک هدف هستند که عبارت است از جوابگویی به تقاضا مشتریان با حداقل زمان و حداقل هزینه، به نحوی که به مسائل مربوط به انسان نیز توجه وافر صورت گیرد. مقوله هایی نظیر کنترل کیفیت جامع، تعمیرات و نگهداری بهره‌وری فراگیر در راستای همین مورد آخرند.

در تحقیق حاضر سعی شده گامی هر چند کوچک در نزدیک شدن به دانش امروزی و نو کشورهای پیشرو برداشته شود. برنامه‌ریزی تولید سلسله مراتبی که موضوع مقاله حاضر است، با اینکه پیدایش اولیه‌اش به سال ۱۹۷۵ و مطالعات هاکس و میل[3] [۱] برمی‌گردد، توسعه کاربردی‌اش مربوط به دهه ۹۰ است. خصوصاً در سالهای اخیر افرادی نظیر، هارهالاکیس[4] [۲] پروث[5] [۲،۳]، ناگی[6] [۴]، مهرا [۱] و مینیس[7] [۳،۵] گامهای بلندی در این خصوص برداشته‌اند.

همچنین تحولات سالهای اخیر در سراسر جهان به ویژه در توسعه کمّی و کیفی شرکتها و کارخانجات در جهان امور جدیدی را ناگزیر ساخته که مهمترین موارد مربوط به به‌کارگیری روشهای عملی در اداره و مدیریت کارخانجات مربوط است که در این خصوص، برنامه‌ریزی و کنترل تولید و عملیات از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. در دنیای کنونی که محصولات متنوع با قیمت ارزان و در حجمهای انبوه توسط رقبای بزرگ روانه بازار می‌شوند، دیگر جایی برای شرکتهایی که محصولاتی با هزینه بالا تولید می‌کنند وجود ندارد. لذا برای ماندن در عرصه صنعت و رقابت و محو نشدن از صحنه بازار باید در صدد کاهش هزینه‌های تولید و در نتیجه، کاهش قیمت تمام شده محصولات بود. از جمله هزینه‌هایی که برای شرکتها اهمیت بسزا دارد، هزینه‌های ناشی از موجودی کالاها و کالای در جریان ساخت است که عدم کنترل مناسب در این خصوص می‌تواند منجر به ورود ضرر و زیان زیاد به شرکتها گردد. موضوع تحقیق حاضر نیز درباره همین مقوله است و سعی می‌شود روش جدیدی برای برنامه‌ریزی تولید و

1. lean production
2. agile manaufacturing
3. Hax and Meal
4. Harhalakis
5. Proth
6. Nagi
7. Minis

زمان‌بندی عملیات، با هدف کاهش این هزینه‌ها ارائه گردد. برعکس روشهای گذشته که برنامه‌ریزی میان مدت و زمان‌بندی تولید، منفک از هم انجام می‌شد، در این روش، این دو برنامه‌ریزی به نحوی کارا به هم مرتبط می‌شوند تا از مزایای هر دو برنامه‌ریزی در یک قالب واحد سود برده شود. همچنین آگاهی از مسائل و مشکلات موجود در علاقه‌مندی به مرتفع ساختن آنها از جمله اهداف انجام این تحقیق بوده است.

۲. پیدایش روشهای سلسله مراتبی برنامه‌ریزی تولید

با جهانی شدن تجارت در سالهای اخیر، شرکتها در تهیه منابع مورد نیاز خود و همچنین در توزیع محصولات و قطعات تولیدی خود جهانی عمل می‌کنند. در زمان حاضر، مشتریان دوست دارند کالاهای خود را با سرعت بیشتر و قابلیت اطمینان بالاتر دریافت دارند، حتی اگر کالاهای مورد درخواست آنها تولید کشورهای دیگر در سایر قاره‌های جهان باشد. همچنین اگر ببینند که در تحویل کالاهایشان به طور مرتب با تأخیر مواجه می‌گردند، در جستجوی عرضه کنندگان دیگر برمی‌آیند. پس به عنوان نتیجه می‌توان گفت که در سالهای اخیر، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی تولید عملیات نسبت به گذشته اهمیت روزافزونی یافته و شاید بتوان گفت دلیل این امر تأثیر شایانی است که این کارکرد بر موفقیت رقابتی شرکتها دارد.

مدیریت تولید و عملیات، مجموعه‌ای از فعالیتها است که زمان شروع و اتمام کارهایی را که باید در یک سیستم تولیدی انجام شوند مشخص می‌سازد تا بدان وسیله سفارشهای مشتریان انجام گیرد و تقاضاهای پیش بینی شده تأمین شوند. فعالیت اصلی مدیر تولید، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی عملیات است. در برنامه‌ریزی تولید با استفاده از مجموعه‌ای از داده‌ها، نظیر تقاضا، ساختار محصول، فرایند تولید محصول و ظرفیت منابع، برنامه تولیدی شرکت در طول مجموعه‌ای از دوره‌های برنامه‌ریزی تهیه می‌گردد. زمان‌بندی تولید نیز در رابطه با تعیین زمان شروع و اتمام وظایف تولیدیِ مربوط به سفارشها و منابع تولیدی است و یک مدت برنامه‌ریزی را شامل می‌شود.

ولی باید اذعان داشت که اکثر مدلها و طرحهای PP[1] ارائه شده درمتون تحقیق کمترین مقبولیت و توجه را از طرف صنعت داشته‌اند [۶]. همچنین محققان از ناآگاهی کاربران از توسعه‌های تئوریک و مزایای استفاده از آنها انتقاد و گله کرده‌اند. این ادعا به وسیله بوکسی[2] و هاریسون[3] [۶] مورد توجه قرار گرفت و آنها این پرسش را مطرح کردند که آیا می‌توان نتایج

1. Production Planning
2. Buxey
3. Harrison

مشابهی را به وسیله شیوه‌های ساده‌تر کسب کرد؟ باید ابراز داشت که جواب این سؤال مثبت است. تحقیقات اخیر در مورد مدیریت تولید بر نیاز به راه حل‌های نیمه بهینه[1] در چهارچوب زمان محاسباتیِ منطقی تأکید ورزیده‌اند. در این راستا مدلهای سلسله مراتبی[2] برای مدیریت تولید توانسته‌اند توجه محققان، به ویژه متخصصان صنایع را به خود جلب کنند. در چهارچوب روشهای سلسله مراتبی، یک DMP اصلی به تعدادی از مسائل فرعی تجزیه می‌شود که قابل قیاس با سطوح مختلف سلسله مراتب مدیریت تولید است. این مسائل سپس به ترتیب از بالا به پایین حل می‌شوند، به طوری که جوابهای به دست آمده از هر سطح به عنوان محدودیت برای مسائل سطوح پایین اعمال می‌گردند. تعداد سطوح سلسله مراتب نیز بستگی به پیچیدگی و بزرگی مسأله اصلی دارد. مزایای اصلی استفاده از مدلهای سلسله مراتبی به قرار زیرند:

الف) کاهش دادن پیچیدگی مسأله اصلی،

ب) کاهش زمان محاسباتی و نیاز به حافظه کمتر،

ج) جذب تدریجی پیشامدهای تصادفی در مدل،

د) کاهش نیاز به اطلاعات جزئی و ریز و همچنین پیش بینی بهتر رخدادها،

هـ) قابل مقایسه بودن با ساختار سازمانی سیستمهای فیزیکی.

البته باید توجه داشت که مسائل مربوط به مدیریت تولید[3] در جهان واقعی پیچیده‌اند که این پیچیدگی به علت بزرگی مدلها، وجود متغیرهای زیاد، و رخدادهای تصادفی است. لذا روشهایی مورد نیازند که علاوه بر کاهش دادن این پیچیدگی، قابلیت استفاده در دنیای واقعی را نیز داشته باشند. در خصوص برنامه‌ریزی و زمان‌بندی تولید و عملیات، از لحاظ تئوریک تا کنون مطالعات زیادی انجام پذیرفته و مدلهای زیادی برای برنامه‌ریزی جامع بلندمدت و همچنین زمان‌بندی کوتاه مدت ارائه گشته است. برای مثال تعدادی از شیوه‌ها و روشهای برنامه‌ریزی جامع بلندمدت به این شرحند [۷،۸]:

الف) روشهای تحلیلی،[4]

ب) شیوه‌های جستجو کننده،[5]

ج) روشهای بهینه ریاضی،[6]

د) روشهای ابتکاری،[7]

1. sub−optimal
2. hierarchically
3. decision making problem
4. analytical methods
5. search procedurs
6. mathematically optimal methods
7. heuristic procedures

هـ) روشهای شبیه سازی.[1]

همچنین تعدادی از شیوه‌های ارائه شده در خصوص زمان‌بندی کوتاه مدت که شامل روشهای تعیین اندازه بهینه دسته تولیدی[2] و تکنیکهای تعیین کننده ترتیب عملیات[3] می‌شود به شرح زیرند:

الف) مقدار تولید اقتصادی،[4]

ب) بالانس پریود قطعه،[5]

ج) الگوریتم،[6]

د) نموداری،[7]

هـ) قوانین تقدم،[8]

و) طرحهای بهینه سازی،[9]

ز) سیستمهای بارگذاری محدود.[10]

اما باید گفت که در دنیا فقط چند روش وجود دارد که می‌توانند این دو وظیفه مهم را به صورت روشن و دقیق به هم متصل سازند. کوششهای نخستین برای مرتبط ساختن برنامه‌ریزی کوتاه مدت با بلند مدت منتهی به شیوه یکپارچه[11] گردید که در آن، برنامه‌ریزی جامع تولید و امر زمان‌بندی عملیات با هم ترکیب می‌شوند تا یک مسأله بسیار بزرگ که اغلب یک عدد صحیح است را ایجاد کنند. از پیشگامان این روش می‌توان زلینسکی[12]، گوموری[13] و ینوسون[14] را نام برد. هدف این روش این است که با استفاده از ورودیهایی نظیر تقاضاها، نیازمندیهای تولید، ظرفیتها، BOM محصولات و...، به بهینه سازی کل مسأله در یک افق زمانی و با استفاده از برنامه‌ریزی در مقیاس بزرگ مبادرت شود. تقریباً جدا از نیازمندیهای اطلاعاتی ورودی و محاسباتی، این روش نمی‌تواند قابلیت اجرا به صورت یک روش کاربردی را برای سازمانهایی که واقع گرا هستند حفظ کند و در عمل، اندازه بزرگ چنین مدلهایی، مانع از حل کامپیوتری آنها می‌گردد. البته شاید بتوان در موقعیتهای ظرفیت گرا و بسیار ساده که به طور

---

1. simulation search procedure
2. lot-sizing
3. sequencing
4. economic production quantity
5. port period balancing
6. wagner-whitin
7. charting-methodes
8. priority rules
9. optimization schemes
10. finite loading systems
11. monolithic approach
12. Dzielinski
13. Gomory
14. Newson

مرکزی شدیداً کنترل می‌شوند از آنها استفاده کرد.

در مقابل، مدل سلسله مراتبی یک روش ماژولار[1] برای مرتبط کردن برنامه‌ریزی کوتاه مدت و بلند مدت به دست می‌دهد که همانند همه مدلهای سلسله مراتبی، تصمیمات حاصل در یک سطح به عنوان محدودیت به سطح پایینتر اضافه می‌گردد. در این مدل، مسائل فرعی در سلسله مراتب به طور جداگانه در هر سطح بهینه می‌گردند و لذا بهینه کردن کل مدل به صورت یکجا ـ آن طور که در روش یکپارچه مشاهده می‌شود ـ مورد نیاز نیست. جدا از کاهش پیچیدگی‌ای که چینن مدلهایی فراهم می‌سازند، مزیت مهم تصمیم‌گیری سلسله مراتبی مربوط به زمانی می‌شود که رویدادهای تصادفی وجود دارند. در چنین موقعیتهایی مدلهای یکپارچه به این نیاز دارند که کل مسأله دوباره حل شود، در صورتی که روش سلسله مراتبی می‌تواند به طور تدریجی رویداداهای تصادفی را جذب و هضم کند، بدون اینکه نیاز به این باشد که مسائل سطح بالاتر دوباره حل گردند. در چنین مدلهایی، تصمیمات در سطوح مختلف فرایند تصمیم‌گیری در مقاطع مختلف زمانی اتخاذ می‌گردند. تصمیمات سطوح بالاتر بسیار جامعترند و به بررسی دقیق اطلاعات، همانند سطوح پایین، نیاز ندارند. سلسله مراتب باعث می‌شود که نیاز به اطلاعات تفصیلی‌تر کاهش یابد و بر قابلیت آینده نگری سیستم افزوده شود.

برنامه‌ریزی تولید سلسله مراتبی[2] مسائل بهینه سازی بزرگ را که «مسائل یکپارچه» خوانده می‌شوند به مجموعه‌ای از مسائل فرعی تجزیه می‌کند. همان‌طور که در نمودار ۱ دیده می‌شود، سطوح بالاترِ سلسله مراتب نشان دهنده مسأله برنامه‌ریزی در یک حالت جامعتر و کلی‌تر است؛ در صورتی که سطوح پایین‌تر سلسله مراتب، شرح مفصلتری را فراهم می‌آورند. مدلهای بهینه سازی مربوط، به ترتیب با شروع از سطح بالا حل می‌شوند. جواب به دست آمده از سطح i فراهم آورنده مقادیر پارامترهای مدل بعدی در سطح $I-i$ $(i=N,N-1,...,2)$ است.

این پارامترها گویای محدودیتهایی هستند که از یک سطح به سطح بعدی انتقال می‌یابند. جواب حاصل از پایینترین سطح ـ به عنوان مثال طرح تولید تفصیلی ـ در سطح کارگاه اجرا می‌شود. یک مکانیزم بازخور از پایین به بالا نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد تا مقادیر مربوط به خصوصیات ورودیهای جامع که شامل زمانهای فرایند هم می‌شوند، اصلاح و تعدیل گردند. اطلاعات مربوط به وضعیت حاضر سیستم ـ از سطح کارگاه گرفته تا سطوح بالاتر ـ تهیه و استخراج می‌گردند تا برای بروز کردن پارامترهای مدل، نظیر موجودیهای ضربه‌گیر مورد استفاده قرار گیرند.

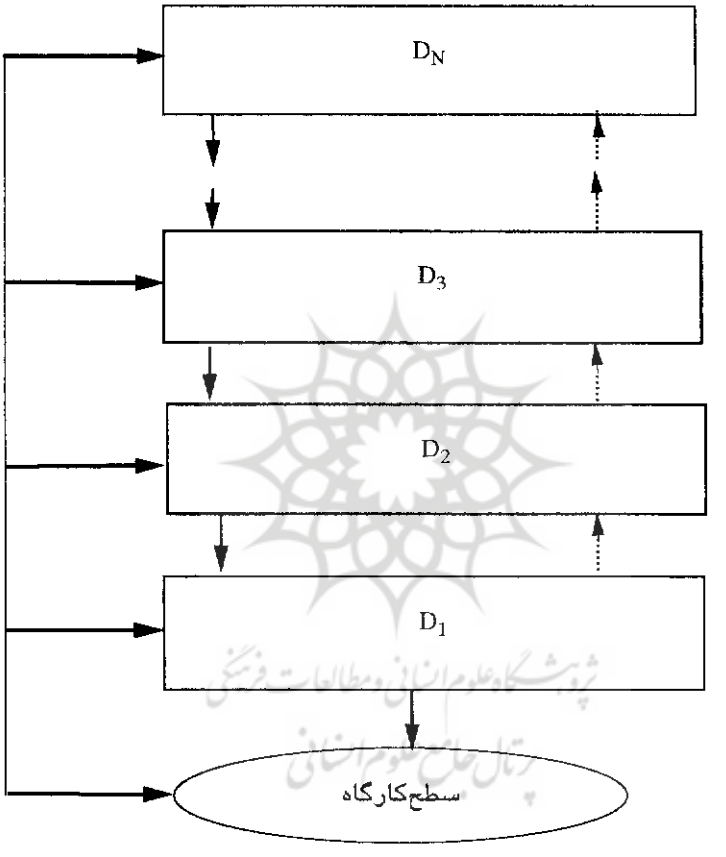
سلسله مراتب برنامه‌ریزی تولید به دنبال یک طرح تولید تفصیلی است که اولاً با طرح جامع سازگار باشد و بتواند به حجمهای تولید جامع که به وسیله سطح بالا تهیه شده‌اند برسد؛ ثانیاً

1. Madular
2. hierarchical production planning

برای اجرا امکان‌پذیر باشد، یعنی تمام محدودیتهای پایینترین سطح مدل را رفع کند؛ و ثالثاً در کاهش دادن هزینه‌ها در حد مطلوب باشد.

مزایای اصلی روشهای سلسله مراتبی تولید به این شرحند:

الف) پیچیدگی را کاهش می‌دهند،



ب) در مقابله با اختلالات و پیشامدهای تصادفی بهتر عمل می‌کنند،

ج) سلسله مراتب برنامه‌ریز در آنها موازی با سلسله مراتب مدیریت است و این ارتباط

منجر به سازماندهی و مدیریت بهتر امور می‌گردد.

د) نیاز به اطلاعات جزئی‌تر در برنامه‌ریزی بلندمدت را کاهش می‌دهد.

هـ) این امکان را فراهم می‌کند تا از معیارهای مختلف در هر سطح مدیریت استفاده شود.

مهمترین مدلهایی که تا کنون در مورد برنامه‌ریزی تولید سلسله مراتبی در متون مربوط ارائه شده‌اند به این شرحند:

الف) مدل میل و هاکس[1] [۱]: میل و هاکس اولین کسانی بودند که مفهوم برنامه‌ریزی تولید سلسله مراتبی را بر اساس اندیشه‌های هولت[2] و وینترز[3] رواج دادند. آنها مجموعه‌ای از روشهای ابتکاری هماهنگ با هم را برای برنامه‌ریزی سلسله مراتبی شرکتی که مشتمل بر چند کارخانه بود در قالب چهار سطح ارائه کردند. در مدل آنها هر سطح با تصمیماتی در افقهای زمانی متفاوت درگیر است. تصمیمات بلندمدت محدودیتهایی برای تصمیمات کوتاه مدت ایجاد می‌کنند و بنابراین، تصمیمات اتخاذ شده در سطوح بالاتر تأثیر بسیاری بر عملیات سیستم دارند. در روش سلسله مراتبی هاکس و میل مدل در بالاترین سطح، مسأله را به یک سری مسائل مجزا برای هر کارخانه تجزیه می‌کند، به طوری که محصولات برای تولید شدن بین کارخانجات توزیع می‌شوند. سه سطح پایینتر، بیان کننده مدیریت تولید درون یک کارخانه خاص هستند.

ب) مدل آکساتر[4] (۱۹۷۹) [۹]: آکساتر روشی برای ادغام مضاعف محصولات و ماشینها ارائه کرد. هر دو سطح جامع و خرد سلسله مراتب، ساختار هزینه یکسان را مورد بررسی قرار داده، از افق زمانی برنامه‌ریزی و دوره‌های زمانی یکسان استفاده می‌کنند. در این مدل، هزینه‌های راه اندازی در نظر گرفته نشده‌اند و شرایط کافی و لازم برای از ادغام خارج کردن عملی ارائه گردیده و نشان داده شده که ادغام تحت شرایط جامع و کامل امکان‌پذیر است. برای مثال محصولات در خانواده‌های یکسان و ماشینها در گروههای ماشینی یکسان، ویژگیهای همانندی داشتند. اگر ادغام کامل ممکن نباشد، یک طرح تفصیلی خوب می‌تواند از طریق تخمین مسأله جامع مورد استفاده قرار گیرد. به هر حال، پیش بینیهای تقاضای تفصیلی برای اینکه کل افق برنامه‌ریزی موجه باشد، مورد نیاز است؛ اگر چه این کار باعث کم رنگ شدن یکی از منافع روش سلسله مراتبی می‌گردد.

ج) مدل ساد[5] (۱۹۹۰)[۱۰]: ساد یک چهارچوب سلسله مراتبی با سه سطح را برای

---

1. Meal & Hax
2. Holt
3. Winters
4. Axsater
5. Saad

برنامه‌ریزی تولید با استفاده از ادغام محصولات پیشنهاد کرد که مشابه با مدل پیشنهادی توسط هاکس و میل است. این مدل در سطح بالا، یک برنامه خطی است و برنامه گسترده شرکت را با هدف به حداکثر رساندن سود کل محاسبه می‌کند. در سطح دوم سلسله مراتب، تولید گونه محصولات در طول اولین ربع از افق زمانی، میان خانواده محصولات توزیع می‌گردد. این کار به وسیله یک برنامه آرمانی انجام می‌شود که هدفش به حداقل رساندن هزینه‌های راه اندازی، هزینه‌های نگهداری موجودی، و هزینه تأخیر در انجام سفارش است و موجه بودن مدل را در طول از ادغام خارج کردن تضمین می‌کند. پایین سطح مدل، حجم تولید خانواده محصولات در اول ماه را با استفاده از یک روش شاخه و حد بین قطعات تقسیم می‌کند و هدف مدل نیز حداقل کردن متوسط تأخیر در هر قلم است.

د) **مدل دیویس، تامپسون و واتانب**[1] [۶]: دیویس، تامپسون و واتانب یک روش مجتمع برای مدل سازی عدم اطمینانها در برنامه‌ریزی تولید جامع ارائه دادند. آنها مدل جامع را به صورت برنامه خطی فرمول بندی کردند که هدفش حداقل کردن هزینه‌های تولید، نگهداری، تأخیر درتحویل و به حداکثر رساندن سود بود. عدم اطمینان در هزینه‌ها، ظرفیت، زمانهای فرایند و تقاضای هر محصول به وسیله شبیه سازی مونت کارلو مدل سازی می‌گردد. شش استراتژی تولید جامع در این مدل مورد ارزیابی قرار گرفته است. به هر حال برای از ادغام خارج کردن طرح ادغامی ارائه شده، هیچ کاری صورت نگرفته است.

هـ) **مدل متسورا، تِسوبون و تسوتسو**[2] [۱]: متسورا، تسوبون و تسوتسو یک چهارچوب سلسله مراتبیِ دو سطحی را برای محیطهای مونتاژ و ساخت ارائه کردند که در آن، عملیات ساخت، مواد خام را به قطعات مختلف تبدیل می‌کند که بعداً در محصولات نهایی مونتاژ می‌شوند. در سطح جامع، همه قطعات و کالاهای نهایی به ترتیب در خانواده قطعات و خانواده محصولات ادغام می‌گردند. مدل جامع، تعیین کننده تعداد واحدها در داخل هر خانواده است که باید در اولین ماه از افق زمانی تولید گردند.

مدل سطح خرد نیز تعداد واحدهایی را که از هر قطعه و از هر محصول نهایی باید در اولین هفته تولید شوند تعیین می‌کند. تولید جامع ماهانه از معادلات موجودی به دست می‌آید. تولید هفتگی نیز به وسیله تقسیم تولید ماهانه به طور برابر در میان همه هفته‌ها حاصل می‌گردد. مدل برنامه‌ریزی خرد به وسیله روش ابتکاری حل می‌شود که زمان راه اندازی را در مرحله ساخت و هزینه موجودی را که مرحله مونتاژ به حداقل می‌رساند. چهار معیار عملکرد در این مدل مورد استفاده قرار گرفته‌اند و از نتایج عددی، برای تجزیه و تحلیل نقش موجودیهای ضربه‌گیر اولیه استفاده شده است. چهارچوب تسوبون نمی‌تواند محدودیتهای ظرفیت را در

1. Davis, Thompson & Watanabe
2. Matsuura, Tsubone & Tsutsu

نظر بگیرد و بر یکنواخت سازی تولید در سطح جامع برای به حداقل رساندن هزینه‌ها تأکید دارد.

و) مدل ناجی[1] [۴]: ناجی یک مدل سلسله مراتبی دو سطحی را برای ادغام کردن قطعات در خانواده‌ها و ماشینها در سلولهای تولیدی پیشنهاد کرد. معیار استفاده شده در هر دو سطح، مشتمل بر به حداقل رساندن هزینه‌های نگهداری و دیرکرد تحویل کالا است. هزینه‌های راه‌اندازی حذف شده‌اند، اما ظرفیتهای ماشین و همچنین زیانهای ناشی از ظرفیت در مواقع خرابی پیش بینی نشده ماشین آلات بررسی گردیده‌اند. مسأله جامع، تعیین کننده تولید خانواده محصولات در هر دوره زمانی است. این تولید جامع در سطح بعدی برای به دست آوردن حجم تولیدی هر قطعه در اولین مدت، سرشکن می‌گردد. مدل سلسله مراتبی نشان داده شده، جوابهای بهینه‌ای را برای مواردی که در آنها قطعات متعلق به خانواده‌ها و ماشینهای قرار گرفته در سالهای تولیدی دارای ویژگیهای مشابه باشند، پیدا می‌کند.

ز) مدل انمان و جونز[2] [۱]: انمان و جونز طرح ادغام قطعات در خانواده قطعات را به صورت زیر پیشنهاد کردند:

۱. قطعات هر خانواده باید هزینه زمان تغیر راه اندازی صفر را داشته باشند.

۲. هزینه‌های تغییر راه اندازی میان خانواده‌های مختلف غیر صفر است.

تابع هدف در هر دو سطح سلسله مراتب به حداقل رساندن هزینه‌های راه اندازی و حمل موجودی است، به صورتی که به تقاضاها پاسخ دهیم. هیچگونه تأخیر در سفارشها پذیرفته نیست. مسأله برنامه‌ریزی تولید بین دو سطح تجزیه می‌شود.برای تقاضای ثابت، از ادغام خارج ساختن برنامه سطح بالاتر، تعیین کننده سطح بهینه در سطح پایین است. از ادغام خارج سازی، فراهم کننده یک سیاست EROT زمان پیوسته و بهینه است که موجه بودن را تضمین می‌کند. به هر حال ادغام قطعات تعریف نسبتاً محدودی دارد و در آن، محدودیتهای ظرفیت را به حساب نمی‌آورند.

ح) مدل آنشومهرا[3] [۱]: مهرا یک مدل دو سطحی برای برنامه‌ریزی تولید تاکتیکی در محیطهای کارگاهی پیشنهاد کرد. در سطح اول، برنامه‌ریزی میان مدت و در سطح دوم، برنامه‌ریزی کوتاه مدت انجام می‌شود. هدف مسأله برنامه‌ریزی نیز به حداقل رساندن هزینه‌های نگهداری، موجودی نهایی، موجودی در جریان ساخت، و هزینه تقاضاهای ارضا نشده است. همچنین یک الگوریتم حل کارا برای حل مسائل بهینه سازی سلسله مراتبی ارائه

1. Nagi
2. Inman & Jones
3. Anshu Mehra

شده است. روش سلسله مراتبی مزبور برای یک مثال واقعی در صنعت، آزمون شده و جوابهای به دست آمده با سیستم برنامه‌ریزی منابع تولیدی مقایسه گردیده و برتری کامل HPP نسبت به MRPII مشخص شده است. در این مدل، محدودیتهای ظرفیت، معادلات وضعیت موجودی و محدودیتهایی که موجه بودن برنامه‌ریزی تولید سلسله مراتبی را تضمین می‌کنند آورده شده است. اهداف طراحی این مدل به شرح زیرند:

۱. توسعه یک چهارچوب برنامه‌ریزی تولیدی سلسله مراتبی که بیان کننده محیطهای کارگاهی باشد.

۲. ادغام قطعات، ماشینها و مهلتهای زمانی به طور همزمان، به گونه‌ای که نزدیک به واقعیتهای صنعتی باشد.

۳. فرمولی کردن مسأله در سطح پایین، به طوری که مستقل از هم باشند و به طور مجزا حل گردند.

۴. توسعه یک الگوریتم حل برنامه‌ریزی تولید، به طوری که جوابهای موجه، سازگار و نزدیک به بهینه را فراهم آورد.

۵. ارزیابی عملکرد الگوریتم حل و تعیین ارزش جوابهای به دست آمده.

۳. طراحی یک مدل دو سطحی برنامه‌ریزی تولید سلسله مراتبی

در این قسمت، ما گامهای مورد نیاز در طراحی مدل سلسله مراتبی تولید را بیان کرده، مدل نهایی برنامه‌ریزی تولید سلسله مراتبی را در دو سطح ارائه می‌دهیم که برای شرکت ایپاکو فراهم گشته است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

الف) ساختار مدل

در این تحقیق ما یک چهارچوب سلسله مراتبی دو سطحی برای برنامه‌ریزی تولید میان مدت پیشنهاد کرده‌ایم. ورودیها در سطح جامع شامل خانواده قطعات، ماشینها و مهلتهای زمانی جامع است. ورودیهای سطح نیز خانواده قطعات، ماشینها و مهلتهای زمانی ابتدایی را شامل می‌شوند.

یک) افق زمانی مدل

افق زمانی این تحقیق، یک دوره سه ماهه است که هفت دوره فرعی دو هفته‌ای را در برمی‌گیرد. همچنین هر یک از دوره‌های فرعی خود به شش دوره ابتدایی تقسیم می‌گردد که طول هر کدام دو روز است. بنابراین داریم:

Z تعداد دوره فرعی (که مساوی با ۷ است)،

z تعداد دوره ابتدایی (که مساوی با ۶ است)،

T طول دوره ابتدایی که دو روز است،

$z.T$ طول دوره فرعی،

K دروه ابتدایی.

$HA=\{1,2,..,z=7\}$ افق زمانی برنامه‌ریزی که به هفت دوره فرعی تقسیم شده است

$H=\{1,2,...,Z.\ z=42\}$ افق زمانی برنامه‌ریزی که به ۴۲ دوره ابتدایی تقسیم شده است

دو) پارامترهای مدل

پارامترهای مدل شامل دو سطح خرد و جامع است.

ـ پارامترهای سطح خرد

$|M| = |12|$ کارگاهی شامل ۱۳ منبع

$M= \{m_1, m_2, ..., m_{|12|}\}$ مجموعه منابع

$|P| = |25|$ تعداد قطعات

$P= \{P_1, P_2, ..., P_{|25|}\}$ مجموعه قطعات

$t_{j,w}$ زمان مورد نیاز برای تکمیل عملیات $O_{j,w}$

$I=<O_{j,w}>_w^{n_j}$ سلسله عملیات یا مسیر تولید قطعه P_j

n_j تعداد عملیات قطعه P_j

y_j ضریب مصرف قطعه P_j

d_j^k تقاضا برای قطعه P_j که تا آخرین دوره ابتدایی باید تأمین گردد.

$U_{j,w}^k$ حجم تولید قطعه P_j در عملیات تولیدی $O_{j,w}$ در kاُمین دوره ابتدایی

$S_{j,w}^k$ سطح موجودی P_j در آخر عملیات $O_{j,w}$ در آخر kاُمین دوره ابتدایی

N_{mi} تعداد ماشینهای نوع i

E1 ساعات کاری شیف عادی روزانه

E2 ساعات کاری شیفت اضافه کاری روزانه

E3 ساعات کاری شیفت شب

H1 تعداد افراد روزکار

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

$H2$ تعداد افراد شب کار

$T1_{mi}$ زمان در اختیار برای ماشین i در شیفت‌های عادی روز کاری و در افق زمانی مربوط.

$T2_{mi}$ زمان در اختیار برای ماشین i در شیفت‌های اضافه کار عادی و در افق زمانی مربوط

زمان در اختیار برای ماشین i در شیفت‌های شب کاری و در افق زمانی مربوطه

$\mathring{S}_{j,w}$ سطح موجودی ابتدایی در بافر خروجی عملیات $O_{j,w}$

$C_{j,w}$ قیمت تمام شده قطعه در پایان عملیات$O_{j,w}$

ـ پارامترهای مدل سطح جامع

$|F| = |15|$ تعداد افرازها از قطعات تولیدی شرکت

$F = \{f_1, f_2, ..., f_{15}\}$ یک مجموعه‌افزار از ۲۵ قطعه تولیدی شرکت، به‌طوری که برای:

$$P = \bigcup_{r=1}^{|15|} f_r \quad \text{و} \quad a \neq b \quad \text{برای} \quad f_a, f_b \in F \quad f_a \cap f_b = O$$

$T_{f,w}$ زمان مورد نیاز برای تکمیل عملیات $O_{r,w}$

$1 = \langle O_{r,w}^{n_{fr}} \rangle_w$ سلسله عملیات یا مسیر تولید خانواده r

n_r تعداد عملیات خانواده r

y_r ضریب مصرف خانواده f_r

$T^K_{r,w}$ زمان پردازش مورد نیاز برای یک واحد قطعه در خانواده f_r به منظور تکمیل عملیات $O_{r,w}$ و در طول kاُمین دوره فرعی

$\tilde{U}^k_{r,w}$ حجم تولیدی قطعات در خانواده f_r در عملیات $O_{r,w}$ در طول دوره فرعی

D^k_r تقاضای مستقل قطعات در خانواده f_r در شروع kاُمین دوره فرعی

$\tilde{S}^k_{r,w}$ موجودی‌قطعات در خانواده f_r در انتهای‌عملیات $O_{r,w}$ و درانتهای kاُمین‌دوره‌فرعی

$C_{r,w}$ قیمت تمام شده خانوادهf_r در پایان عملیات $O_{r,w}$

$\tilde{S}^o_{r,w}$ سطح موجودی ابتدیی در بافر خروجی عملیات $O_{r,w}$

S_r موجودی احتیاطی خانواده f_r

MO_{mi} مجموعه عملیاتی که بر روی ماشین i انجام می‌شود.

سه) ادغام

در این مطالعه دو نوع ادغام صورت می‌پذیرد: ادغام بر روی محصولات و ادغام بر روی زمان.

ادغام بر روی محصولات به این طریق است که قطعات هم شکل و اندازه و دارای فرایند تولید یکسان را در یک خانواده جمع می‌کنیم. بعضی از قطعات نیز ادغام نمی‌شوند. در مجموع از ۲۵ قطعه فلزیِ پروژه داشبورد، ۱۵ خانواده تشکیل داده‌ایم. با توجه به این که تمام این قطعات

برای یک پروژه مصرف می‌گردند و ضریب مصرف آنها نیز ثابت و مشخص است نیازی به خارج سازی از ادغام وجود ندارد و به طور مستقیم می‌توان از ضریب مصرف برای محاسبه تعداد تولید هر قطعه در خانواده مربوط استفاده کرد.

ادغام دیگری که در این تحقیق انجام شده به زمان مربوط است، به نحوی که هر ۱۲ روز کاری را در یک دوره فرعی ادغام کرده‌ایم. بعد از اینکه مدل در سطح جامع و با استفاده از زمانها ادغام شده حل گردید، در سطح دوم، به سرشکن کردن طرح تولید حاصل از سطح اول بر روی دوره‌های زمانی ابتدایی می‌پردازیم.

چهار) فرمولی کردن سطح جامع سلسله مراتب

مسأله جامع، شامل تعیین تعداد تولید از خانواده قطعات در هر عملیات و در طول دوره زمانی فرعی است. معیار استفاده در سطح جامع، به حداقل رساندن قیمت تمام شده کالاهای در جریان ساخت و موجودی قطعات تکمیل شده در انبار است.

برای صورت‌بندی ریاضی مدل APP ابتدا باید رابطه $T^{k}_{r,w}$ ، $\bar{S}^{o}_{r,w}$ و D^{k}_{r} را تعریف کنیم:

$$T^{k}_{r,w} = \sum_{Pj \in fr} t_{j,w} \qquad \forall w = \{1, 2, ..., n_j\} \qquad \forall f_r \in F$$

$$\bar{S}^{o}_{r,w} = \sum_{p_j \in f_r} S^{o}_{j,w} / Y_r \qquad \text{به طوری که} \quad n_r = n_j \qquad \forall p_j \in f_r$$

$$D^{k}_{r} = \sum_{k=[k-1]z+1}^{k-z} \sum_{p_j \in f_r} d^{k}_{j} / y_r \qquad \text{که} \quad n_r = n_j \qquad \forall P_j \in f_r$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

با توجه به تعاریف بالا، مدل APP به صورت زیر صورت‌بندی می‌گردد:

مسأله APP

$$\text{Minmize} \sum_{W=1}^{\bar{n}_r} \sum_{k \in H_A} \sum_{f_r \in F} C_{r,w} \cdot \bar{S}^{k}_{r,w} / Z$$

S.t:

$$\bar{S}^{k}_{r,w} = \bar{S}^{k-1}_{r,w} + \bar{U}^{k}_{r,w} - \bar{U}^{k}_{r,w} + 1 \qquad (۲$$

$$\bar{S}^{k}_{r,w} = \bar{S}^{k-1}_{r,\bar{n}r} + \bar{U}^{k}_{r,\bar{n}r} - D^{k}_{r} \qquad \forall K \in H_A, \forall f_r \in F, \forall_w = 1, 2, ...\bar{n}_{r-1} \qquad (۳$$

$$\sum_{Or,w \in MOmj} [\bar{U}^{k}_{r,w}. T^{k}_{r,w}] = T^{1}_{mi} + T^{2}_{mi} + T^{3}_{mi} \qquad \forall K \in H, \forall_{mi} \in M \qquad (۴$$

$$T^{1}_{mi} \leq N_{mi}.z.T.E1.\ 3600 \qquad \forall m_i \in M \qquad (۵$$

$$T^{2}_{mi} \leq N_{mi}.z.T.E2.\ 3600 \qquad \forall m_i \in M \qquad (۶$$

$$T^{3}_{mi} \leq N_{mi}.z.T.E3.\ 3600 \qquad \forall m_i \in M \qquad (۷$$

$$\sum_{i=1}^{|M|} T^{1}_{mi} \leq N_{mi}.z.T.E1.H1.\ 3600 \qquad (۸$$

$$\sum_{i=1}^{|M|} T^{2}_{mi} \leq N_{mi}.z.T.E1.H2.\ 3600 \qquad (۹$$

$$\sum_{i=1}^{|M|} T^{3}_{mi} \leq N_{mi}.z.T.E1.H3.\ 3600 \qquad (۱۰$$

$$\bar{S}^{k}_{r,\bar{n}r} \geq S_r \qquad (۱۱$$

$$\bar{U}^{k}_{r,w}, \bar{S}^{k}_{r,w} \geq O \qquad (۱۲$$

تابع هدف مزبور، همان طور که قبلاً نیز اشاره شد، قیمت تمام شده کالاهای در جریان ساخت و موجودی نهایی تکمیل شده را به حداقل می‌رساند و به این ترتیب سعی می‌شود حداقل کالای در جریان ساخت در خطوط تولید وجود داشته باشد و در عین حال، کمترین موجودی نهایی از قطعات از نظر ریالی ذخیره گردد.

محدودیت شماره ۲ مربوط به وضعیت موجودی در جریان ساخت است و محدودیت شماره ۳ به وضعیت نهایی مربوط می‌شود.

محدودیت ۴ بیان می‌کند که ظرفیت مورد استفاده برای تولید قطعات بر روی هر ماشین و در هر دوره فرعی باید مساوی با زمان در اختیار در شیفتهای عادی روزانه، اضافه کاری عادی و شیفتهای شب کاری باشد.

محدودیتهای شماره ۵، ۶ و ۷ بیان می‌کنند که کل زمان در اختیار در هر شیفت کاری برابر است با تعداد ماشین آلات از هر نوع، ضرب در تعداد دوره ابتدایی در دوره فرعی در ساعات شیفت مربوط که به ثانیه محاسبه می‌گردد.

محدودیتهای ۸، ۹ و ۱۰ نیز کل زمان در اختیار در هر شیفت کاری را کنترل می‌کند، بدین ترتیب که کل زمان در اختیار در هر شیفت کاری باید کوچکتر و مساوی با مجموع تعداد دوره‌های ابتدایی در هر دوره فرعی باشد که در ساعات کاری شیفت مربوط ـ که به ثانیه محاسبه می‌شود ـ و در تعداد نیروی انسانی در آن شیفت ضرب می‌گردد. محدودیت ۱۱ نیز

بیان می‌کند که موجودی قطعات نهایی باید بزرگتر یا مساوی با موجودی احتیاطی باشد.
محدودیت ۱۳ غیر صفر بودن متغیرها را نشان می‌دهد.

پنج) فرمولی کردن سطح خرد سلسله مراتب

با توجه به اینکه در سطح خرد فقط از ادغام خارج سازی انجام می‌شود، مدل ریاضی این سطح شبیه به مدل سطح جامع است، با این تفاوت که به جای دوره‌های فرعی باید دوره‌های ابتدایی قرار گیرند و همچنین محدودیت زیر که برای اطمینان از رسیدن به اهداف تعیین شده در سطح اول است به مدل اضافه می‌گردد:

$$\sum_{k\in H} \bar{U}^{k}_{r,w} = \bar{U}^{k}_{r,w} \qquad \forall w = 1, 2,..., \bar{n}_r, \forall f_r \in F \qquad (۱۳$$

محدودیت فوق بیان می‌کند که مجموع تولیدات خانواده r در عملیات $O_{r,w}$ و در هر دوره ابتدایی باید برابر با مقدار اولیه تولید تعیین شده توسط سطح جامع برای هر خانواده در عملیات $O_{r,w}$ و به ازای دوره فرعی مربوط باشد.

پس به این ترتیب فقط کافی است که تغییرات فوق در مدل قبلی داده شود و سپس از آن برای سرشکن کردن تولیدات جامع در طول دوره زمانی کوتاه، استفاده گردد. مدل مزبور برنامه‌ریزی تولید در هر دو روز را برای تمام خانواده قطعات و در هر عملیات تولیدی به دست می‌دهد.

علاوه بر این می‌توان بحث مقاطعه کاری را به هر دو سطح مراتب افزود، به این طریق که در تابع هدف عبارت $[P_{mr}\cdot X_{mr}^{k\text{یا}K}]$ و در سمت راست محدودیتِ ۳ عبارت زیر اضافه شود:

$$[+X_{mr}^{k\text{یا}K}]$$

در این عبارت P_{mr} قیمت تمام شده مقاطعه کاری خانواده r و $X_{mr}^{k\text{یا}K}$ مقدار تولید خانواده r از طریق مقاطعه کاری در دوره زمانی مربوط است که ضرورت دارد در تولید استفاده گردد.

لازم به توضیح است که بحثهای مربوط به مقاطعه کاری، شیفتهای کاری و همچنین فرمت خاص تابع هدف که برعکس توابع هدف مدلهای پیشین به حداقل سازی مجموع ارزش ریالی کالای در جریان ساخت و قطعات نهایی انبار شده می‌پردازد، از ابتکارات ویژه این تحقیق است و موارد مشابه در هیچ یک از مدلهای قبلیِ موجود دیده نمی‌شود.

۴. حل مدل

مدلهای ارائه شده در بخش قبلی بر اساس اطلاعات و داده‌های گردآوری شده از شرکت مورد مطالعه (ایپاکو) بازنویسی و سپس با استفاده از نرم‌افزار لینگو حل گردید.

بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از وضعیت فعلی شرکت، به طور متوسط در هر نقطه از زمان نزدیک به ۱۷ میلیون تومان کالا در جریان ساخت و یا موجودی نهایی وجود دارد که اگر

این عدد را با جواب به دست آمده از سطح AP مدل برنامه‌ریزی تولید سلسله مراتبی (۱۲/۵ میلیون) مقایسه کنیم مشخص می‌گردد که مسأله مزبور این عدد را نزدیک به ۴/۵ میلیون تومان، بهبود داده است. به عبارت دیگر در صورت اجرای این سیستم برنامه‌ریزی می‌توان ۴/۵ میلیون تومان از سرمایه در گردش در جریان تولید را آزاد کرد. اگر از لحاظ درصدی نیز حساب کنیم حدود ۲۷ درصد کاهش کالای در جریان ساخت و یا کاهش موجودی نهایی وجود خواهد داشت. اما باید خاطر نشان کرد که از نظر ما بهبود فوق فقط بخش کوچکی از مزایای پیاده سازی HPP را نشان می‌دهد و از مزایای مهم دیگر این روش می‌توان موارد زیر را ذکر کرد:

۱. در سیستمهای دستی و تجربی به خاطر اشتباهات یا فراموشکاری اغلب مشاهده می‌گردد که در خط تولید، کمبود قطعه حادث گردیده که این خود باعث ضرر و زیان می‌گردد و شرکت را مجبور می‌سازد که تا زمان رفع کمبود مورد نظر، تولیدات ناقص انجام پذیرد تا بعد از تهیه کردن قطعه، تولیدات اصلاح گردند؛ ولی در این سیستم به خاطر اینکه موجودی احتیاطی به اندازه کافی و همیشگی موجود است و خود سیستم، کنترل آن را بر عهده دارد، کمبود در خط تولید به وجود نخواهد آمد.

۲. برای برنامه‌ریزی تولید، کنترل تولید، صدور سفارش کار و عملیات مربوط به برنامه‌ریزی و کنترل عملیات، پرسنل زیادی به کار گرفته می‌شوند، در صورتی که در صورت اجرای این سیستم اکثر این کارها توسط سیستم انجام می‌گیرد و نیاز به نیروی انسانی برای برنامه‌ریزی و کنترل تولید به شدت کاهش می‌یابد، و به علاوه دقت عمل نیز بسیار بالا می‌رود.

۳. در سیستمهای دستی امکان انجام برنامه‌ریزی تولید برای کمتر از یک هفته وجود ندارد و اغلب برنامه‌ریزیها، هفته‌ای یا ماهانه انجام می‌شود، در صورتی که در HPP حتی می‌توان برنامه‌ریزی ساعتی و لحظه به لحظه انجام داد.

۴. در صورت حدوث رخدادها یا پیشامدهایی مثل خرابی ماشین‌آلات، یا غیبت کارکنان به راحتی می‌توان مسأله را دوباره حل کرد و برنامه جدید را مطابق با نیازها و اهداف شرکت ارائه داد.

۵. با اجرای این سیستم، ظرفیت مورد استفاده یا ظرفیت بلااستفاده تمامی ماشین آلات و دستگاهها در دوره‌های زمانی مختلف مشخص می‌گردد و شرکت در مواقع گرفتن سفارشهای جدید به راحتی می‌تواند برای اتخاذ تصمیمات لازم و تنظیم برنامه‌های مورد نیاز اقدام کند.

۶. سیستم HPP این خاصیت را دارد که می‌توان در زمانهای مختلف ظرفیتهای مختلفی را برای برنامه‌ریزی تولید تخصیص داد. برای مثال اگر قرار است بعد از ۲ ماه یک دستگاه پرس به کارگاه اضافه شود به راحتی می‌توان برای مدل تعریف کرد که از ماه سوم ظرفیت ماشین آلات پرس را به اندازه یک دستگاه افزایش دهد، در صورتی که در سیستمهای قبلی چنین کاری را

نمی‌توان به راحتی انجام داد.

۷. در شرکتهایی که اغلب در آنها برنامه‌ریزیها دستی و تجربی انجام می‌شود، اغلب وقت مدیران به عملیات روزانه و کوتاه مدت سپری می‌شود و فرصت انجام دادن کارهایی را که در ارتباط با برنامه‌ریزی استراتژیک یا اهداف بلندمدت هستند پیدا نمی‌کنند، در صورتی که با اجرای سیستم حاضر، فکر و وقت مدیران بیشتر آزاد می‌گردد و می‌توانند بر فعالیتهای دیگر متمرکز شوند.

۸. با اجرای سیستم هر لحظه می‌توان لیست موجودی کالای در جریان ساخت را در هر مرحله تولید و موجودی نهایی ذخیره شده در انبار را به دست آورد؛ در صورتی که در سیستمهای دستی برای محاسبه موجودیهای قطعات ـ چه در سالن و چه در انبار ـ باید هم وقت زیادی سپری گردد و هم ساعات نیروی انسانی زیادی صرف شود.

۹. در صورت وجود برنامه‌ریزی و زمان‌بندی دقیق و روزانه، پرسنل واحد تولیدی بهتر می‌توانند کارهای خود را سازماندهی کنند و از تنش فکری مدیران و پرسنل بخش تولیدی کاسته می‌شود.

۱۰. یکی از مزیتهای بسیار مهم استفاده از این سیستم این است که چون از طریق این تکنیک برنامه‌ریزی تولید دقیق و مشخص است، با استفاده از این برنامه، خرید و کنترل مواد خام به راحتی و با هزینه بسیار پایین انجام می‌پذیرد و از انباشت حجم زیادی از مواد که باعث هزینه‌های انبارداری و راکد ماندن سرمایه می‌شوند، جلوگیری به عمل می‌آید. همان گونه که مهرا بیان کرده استفاده همزمان از HPP و MRP می‌تواند ثمرات بسیار زیادی برای شرکت داشته باشد. لذا باید از این دو سیستم به صورت مکمل هم استفاده کرد. به عبارت دیگر برای برنامه‌ریزی و کنترل مواد قبل از مرحله ساخت از MRP و برای برنامه‌ریزی و کنترل تولید از HPP استفاده شود.

۱۱. در صورتی که شرکت بخواهد از سیستمهای یکپارچه تولیدی نظیر ERP[1] و MES[2] استفاده کند، حجم زیادی از کار کاهش می‌یابد، زیرا بخش مهمی از این سیستمها به برنامه‌ریزی و کنترل عملیات مربوطند که در صورت وجود سیستم HPP فقط کافی است این تکنیک (HPP) به عنوان یک عملکرد به سیستم مجتمع اضافه گردد.

۱۲. کاهش کالای در جریان ساخت تولید می‌تواند، جدا از منافع مالی، باعث کاهش حوادث در محیط کار شود و ایمنی این محیط را بالا ببرد؛ زیرا بسیاری از حوادثی که در خط تولید اتفاق می‌افتند ناشی از وجود تراکم بسیار کالای در جریان ساخت در خط تولیدند.

۱۳. با توجه به اینکه سیستم HPP در محیطهایی که سیستم تولیدی آنها کارگاهی یا

1. enterprise resourse plsnning
2. manufacturing executive systems

دسته‌ای است قابلیت استفاده و ثمره بیشتری دارد در کارخانجاتی که حجم قطعات تولیدی و همچنین اندازه و ارزش آنها زیاد است حتی بهبود چند درصدی در کاهش کالای در جریان ساخت یا موجودی نهایی قطعات می‌تواند منجر به صرفه جویی بسیار برای شرکت گردد.

سرانجام باید خاطرنشان کرد که علاوه بر این مزیتها و مزایای دیگر HPP، اجرای این سیستم رفته رفته به عنوان یک امر اجتناب‌ناپذیر برای شرکتها درخواهد آمد؛ به ویژه از آن رو که جهان به سمت تبدیل شدن به یک دهکده جهانی پیش می‌رود و درهای کشورها بر روی هم باز می‌شود و لذا در صورتی که شرکتی نتواند کالای تولیدی خود را با قیمت تمام شده کمتر و با سرعت بیشتر تولید به دست مشتری برساند، محکوم به فنا خواهد بود. بنابراین با توجه به مثل معروف «پیش‌گیری بهتر از درمان است» ضرورت دارد که ما خود را برای رویارویی با رقیبان قدرتمند آماده سازیم تا بتوانیم سهمی در بازار و صنعت داشته باشیم.

۵. نتیجه‌گیری

این تحقیق مؤید این مطلب است که استفاده از دانش علمی و تلاش برای کاربردی کردن آنها برای اجرا در محیطهای واقعی چه قدر می‌تواند سودبخش باشد. لذا فارغ از پیچیدگیهایی که در اکثر مطالب علمی وجود دارد و در بیشتر مواقع مانع بزرگی برای اجرا پدید می‌آورد، باید سعی کنیم دانش نظری موجود در متون تحقیق را به مرحله عمل بکشانیم و با ایجاد تغییرات و اصلاحات لازم، به منظور سازگار کردنشان با محیط واقعی، استفاده کاربردی از آنها را ممکن سازیم. همان گونه که قبلاً نیز محققان و اندیشمندان سیستم برنامه‌ریزی تولید سلسله مراتبی مطرح کرده‌اند و به آنها اشاره شد، در انجام تحقیق حاضر نیز ما دریافتیم که مدلی عمومی و بهینه برای همه موقعیتها نمی‌توان فراهم کرد و باید برحسب موقعیت مکانی و شرایط کارخانه و محصولاتی که تولید می‌کند مدل مناسب آن را ایجاد کرد؛ اما مدلهای مورد استفاده و پیشنهاد شده توسط محققان در این زمینه می‌تواند چهارچوبی مشخص و راهنمایی مفید برای انجام این مهم باشد. توصیه ما به دست اندر کاران صنعت و صاحبان صنعت نیز این است که در خصوص پژوهشهای علمی با دید و آغوش باز به استقبال بروند، زیرا هیچ امری جز پیاده کردن روشها و تکنیکهای نو مدیریتی و تولیدی نمی‌تواند پویایی سازمان را تضمین کند.

۶. پیشنهادها

الف) پیشنهادهای کاربردی

۱. با توجه به اینکه مدل پیشنهادی در این تحقیق برای حالت خاصی است که در آن، قطعات تولیدی مربوط به یک پروژه خاص می‌گردند می‌توان از مدل مزبور برای صنایعی که دارای چنین ویژگیهایی هستند استفاده کرد. البته لازم است تغییراتی به فراخور نیاز داده شود.

۲. برای برخی صنایع ـ به ویژه خودروسازی ـ می‌توان از مدل مزبور به عنوان یک چهارچوب مفید برای برنامه نبرد تولید کارگاهی و دسته‌ای استفاده کرد.

۳. با توجه به اینکه برنامه‌ریز تولید سلسله مراتبی فقط برنامه زمان‌بندی تولید در سطح خرد و کلان را آماده می‌سازد بهتر است از مدل پیش بینی مناسب قبل از مدل سلسله مراتبی برنامه‌ریزی تولید استفاده شود تا پیش بینیهای تقاضا بر اساس آن تعمیر و در مدل استفاده شود.

۴. از برنامه‌ریزی منابع تولیدی برای برنامه‌ریزی مواد استفاده گردد. به عبارت دیگر، برنامه تولیدی حاصل از HPP باید به زبان MRP ترجمه شود تا تمامی مواد خام مورد نیاز به موقع، تهیه و در اختیار تولید قرار داده شوند.

۵. در صورت تهیه یک برنامه کامپیوتری که بتواند مدلهای، HPP، MRPII و مدل پیش بینی را به صورت یکجا در یک مدل جمع کند، انجام برنامه‌ریزی تولیدی با سهولت و دقت بیشتری انجام خواهد پذیرفت.

ب) پیشنهادهای پژوهشی

۱. در مورد برنامه‌ریزی تولید مونتاژ و پیوسته نیز تحقیقاتی صورت گیرد و قابلیت استفاده از HPP در چنین محیطهای محک زده شود.

۲. درباره امکان سنجی انجام مدل HPP در صنایع ایران مطالعات مفصل انجام پذیرد تا بتوان صرفه جویی ناشی از آن را برای صنایع کشور محاسبه کرد.

۳. با توجه به اینکه در رابطه با برتری HPP بر روشهای دیگر مثل MRPII مطالعات بسیار کمی انجام گرفته، تحقیق در این رابطه بسیار سودمند خواهد بود.

۴. در خصوص قرار دادن عملگر HPP در ERP یا MES مطالعاتی صورت گیرد؛ چرا که در حال حاضر در این سیستمها معمولاً از MRPII استفاده می‌گردد و تا کنون روش HPP برای این گونه سیستمهای تولیدی مجتمع مورد آزمون قرار نگرفته است.

۷. منابع

[1] Mehra A, «Hierarchical Production Planning for Job Shops», Ph.D Thesis, University of Maryland, 1995.

[2] Harhalakis G., R. Nagi and J. M. Proth, *Heriachical Modeling Approach for Production Planning*, Technical Research Reporting, University of Maryland, 1992.

[3] Mehra A, I. Minis, and J. M. Porth, *Hierarchical Production Planning for Complex Manufacturing Systems*, Technical Resaerch Report, University of

Maryland, Harward University and Industry, 1994.

[4] Nagi, R, Design and Operation of Hierarchical Management Systems, Ph.D thesis, University of Maryland, 1992.

[5] Herrman J. W., A. Mehra, I. Minis and J. M. Proth, *Hierarchical Production Planning with Part, Spatial and Time Aggregation*, Technical Research Report, University of Maryland, 1994.

[6] Thomson S. D. *et al*, «A Comprative Study of Aggregate Production Planning Stratgies under Conditions of University and Cyclic Product Demands», *International Journal of production Research,* Vol. 31, No. 8, PP. 1257-79.

[7] Bowers. M. R. and J. P. Jarris, «A Hierarchical Production Planning and Scheduling Model», *Decision Scinces*, Vol. 23, 1992, PP. 144–159.

[8] Silver, Edward. E, David F. Pyke & Rein Peterson, «Inventory and Production Planning and Scheduling», *Journal of Management*, 1998.

[9] Axsaters, "On the Design of Aggregate Moddel in a Hierachical Production Planning System", *Engineering and Process–Economics*, Jun. 1979, Vol. 47, No. 2, PP. 89–97.

[10] Saad, G. H, «Hierarchical Production Planning Systems: Extentions And Modifications», *Journal of the Operational Research Society*, Jul. 1990, P. 624.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی