

طراحی سیستم پشتیبان تصمیم سلسله مراتبی برنامه‌ریزی تولید*

دکتر احمد جعفر نژاد^۱

مسعود باقری^۲

چکیده

در این تحقیق سعی شده است تا با طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم برنامه‌ریزی تولید در "شرکت کارخانجات کابلسازی ایران" بهای تمام شده محصولات را از طریق کاهش هزینه تأخیرات تولید، اضافه‌کاری، هزینه راه‌اندازی و همچنین زمان تأخیر تحویل محصولات به مشتریان را حداقل سازیم و در نهایت هم به یک طراحی مناسب جهت پیاده سازی سیستم پشتیبان تصمیم که بتواند تصمیم‌گیری در موارد مذکور را پشتیبانی کند برسیم. برای رسیدن به این اهداف ما ابتدا وضعیت فعلی برنامه‌ریزی و زمانبندی شرکت را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادیم و در مرحله بعد به واسطه نتایج این تجزیه و تحلیل، سلسله مراتب مورد نیاز برای ساخت مدل‌های ریاضی را تشریح نمودیم و پس از آن یک مدل سلسله مراتبی سه سطحی برای برنامه‌ریزی تولید این شرکت ارائه می‌نماییم. با استفاده از نمودارهای زبان یکپارچه مدلسازی سیستم

* این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه تهران می‌باشد که با راهنمایی

دکتر احمد جعفر نژاد به رشته تحریر درآمده است. تاریخ دریافت ۸۳/۷/۱۰ تاریخ پذیرش ۸۳/۷/۲۵

۱. دانشیار دانشگاه تهران

۲. کارشناسی ارشد دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

(UML) موردهای کاربرد و نمودار کلاس برای طراحی سیستم پشتیبان تصمیم سلسله مراتبی برنامه‌ریزی تولید را مدل نموده و در نهایت هم معماری مورد نیاز جهت پیاده‌سازی این سیستم را پیشنهاد خواهیم کرد.

واژه‌های کلیدی

برنامه‌ریزی تولید، مدل‌های سلسله مراتبی، سیستم پشتیبان تصمیم، زبان یکپارچه مدل‌سازی، معماری سیستم

مقدمه

با ظهور پدیده فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات و بدنبال آن پیچیده شدن محیط کسب و کار در سالهای اخیر، شرکتها در تهیه منابع مورد نیاز خود و همچنین در توزیع محصولات و قطعات تولیدی خود بصورت جهانی عمل می‌نمایند. در زمان حاضر مشتریان دوست دارند کالاهای خود را با سرعت بیشتر و قابلیت اطمینان بالا دریافت کنند و اگر ببینند در تحویل کالاهای خود بطور مرتب با تأخیر مواجه می‌شوند به جستجوی عرضه کنندگان دیگر می‌پردازند. پس می‌توان گفت که در سالهای اخیر برنامه‌ریزی و زمانبندی تولید و عملیات نسبت به گذشته اهمیت روزافزونی یافته است و شاید بتوان دلیل آنرا تاثیر بسزایی دانست که این کارکرد بر موفقیت رقابتی شرکتها دارد. از طرف دیگر یکی از عوامل کلیدی برای کسب جایگاه مناسب در بازار، ارائه محصولات با قیمت رقابتی از سوی شرکت‌هاست، که این مهم، می‌تواند از طریق مدیریت صحیح سیستم تولید و با کاستن از هزینه‌ها و بهای تمام شده محصولات میسر شود. در این مسیر مدیران تولید با مسائل پیچیده‌ای در تصمیم‌گیری مربوط به برنامه‌ریزی تولید با هدف کاهش هزینه‌ها مواجه می‌باشند، بنابراین وجود یک سیستمی که قادر باشد مدیران تولید را در بخشهای مختلف تصمیم‌گیری یاری نماید ضروری به نظر می‌رسد. اما این نکته را نبایستی از نظر دور داشت که سیستم برنامه‌ریزی تولید بایستی تعاملی باشد تا برنامه‌ریز تولید قادر به اصلاح برنامه با کمترین شکست ممکن باشد. اگر یک سیستم، سیستمی کاملاً اتوماتیک باشد دیگر این اجازه را به برنامه‌ریز تولید نمی‌دهد تا بتواند

ترجیحات خود را در زمینه اهداف نامملوس در برنامه دخیل نماید. تحقیقات در زمینه استفاده از سیستمهای کامپیوتری در برنامه‌ریزی تولید نشان می‌دهد که به دلیل عدم یک تعامل مناسب بین برنامه‌ریز (کاربرنهایی) و کامپیوتر، استفاده از این سیستمها را با شکست و عدم موفقیت روبرو کرده است. (Linet Ozdmar, M. Ali Bozyel, S. Ilker Birbil).

مسأله اصلی تحقیق:

مسأله اصلی این تحقیق پاسخ به این پرسش است که چگونه می‌توان یک سیستم پشتیبان برنامه‌ریزی تولید "شرکت کارخانجات کابلسازی ایران" طراحی نمود، که بتواند مدیران و تصمیم‌گیرندگان مسائل تولیدی این شرکت را در امر برنامه‌ریزی تولید یاری نموده و راهکارهای متفاوت و مناسبی را در زمینه کاهش هزینه‌های تولید در شرایط گوناگون در اختیار آنها قرار دهد.

اهداف تحقیق:

- در این تحقیق اهداف زیر دنبال می‌گردد:
- حداقل سازی بهای تمام شده محصولات از طریق:
 ۱. حداقل سازی هزینه اضافه کاری
 ۲. حداقل سازی هزینه تأخیر تحویل محصول به مشتری
 ۳. حداقل سازی هزینه راه اندازی خانواده محصولات
 - حداقل سازی زمان تأخیر تحویل محصولات به مشتریان
 - ارائه یک طراحی مناسب جهت پیاده‌سازی سیستم پشتیبان تصمیم که بتواند تصمیم‌گیری در موارد بالا را پشتیبانی کند.

ادبیات موضوعی

نظر به اینکه هدف نهایی این تحقیق طراحی سیستم پشتیبان برای برنامه‌ریزی تولید است در این قسمت مختصری پیرامون این دو مفهوم بحث می‌شود.

برنامه‌ریزی تولید

مدیریت تولید و عملیات مجموعه‌ای از فعالیتها است که زمان شروع و اتمام کارهایی که باید در سیستم تولیدی انجام شوند را مشخص می‌سازد. فعالیت اصلی مدیریت تولید، برنامه‌ریزی و زمانبندی عملیات است. در برنامه‌ریزی تولید با استفاده از یک سری داده‌ها نظیر تقاضا، ساختار محصول، فرآیند تولید محصول و ظرفیت منابع، برنامه‌ریزی شرکت در طول یک سری از دوره‌های زمانی تهیه می‌گردد. زمانبندی تولید نیز در رابطه با تعیین زمان شروع و اتمام وظایف تولیدی مربوط به سفارشات و منابع تولیدی می‌باشد و یک دوره برنامه‌ریزی را شامل می‌شود (ناجی، آر^۱، ۱۹۹۱)

مسائل مدیریت تولید در دنیای واقعی پیچیده می‌باشند. لذا روشها و متدهایی مورد نیاز می‌باشد که علاوه بر کاهش دادن این پیچیدگی، قابلیت کاربرد در جهان واقعی را نیز داشته باشند. در برنامه‌ریزی و زمانبندی تولید از لحاظ تئوریک، تا کنون مطالعات زیادی انجام پذیرفته است ولی باید اذعان داشت که اکثر مدلها و طرحهای برنامه‌ریزی تولید^۲ ارایه شده در ادبیات تحقیق کمترین مقبولیت و توجه را از طرف صنعت داشته است. مدلهای زیادی تا کنون جهت برنامه‌ریزی جامع بلند مدت و همچنین زمانبندی کوتاه مدت ارایه گشته است که به آنها اشاره می‌گردد:

- الف - متدهای تحلیلی
- ب - رویه‌های جستجو کننده
- ج - متدهای بهینه ریاضی
- د - روشهای ابتکاری
- ه - روشهای شبیه‌سازی

1 . Nagi.R.1991

2 . Production Planning

همچنین تعدادی از شیوه‌های ارایه شده در رابطه با زمانبندی کوتاه مدت که شامل رویه‌های تعیین اندازه انباشته بهینه و تکنیک‌های تعیین کننده توالی عملیات می‌شود به شرح زیر است:

الف - مقدار تولید اقتصادی

ب - بالانس پریود قطعه

ج - الگوریتم واگنر - ویتین

د - متدهای نموداری

و - قوانین تقدم

هـ - طرح‌های بهینه سازی

ی - سیستم‌های بارگذاری محدود

اما لازم به ذکر است که در دنیا فقط چند روش وجود دارد که می‌توانند این دو وظیفه مهم را بصورت روشن و دقیق بهم متصل سازند. کوشش‌های اولیه جهت مرتبط نمودن برنامه‌ریزی کوتاه مدت با بلند مدت منتهی به شیوه یکپارچه^۱ گردید که در آن برنامه‌ریزی جامع تولید و مسئله زمانبندی عملیات با هم ترکیب می‌شوند تا یک مسئله بسیار بزرگ که اغلب عدد صحیح نیز می‌باشد را ایجاد نماید.

در واقع مطالعات اولیه بر مجزا بودن فعالیت‌های برنامه‌ریزی از فعالیت‌های زمانبندی تاکید داشتند در سال ۱۹۷۵ هکس و میل^۲ مدل برنامه‌ریزی سلسله مراتبی تولید^۳ (Hpp) را ارایه کردند. این مدل یک نگرش جامع و سیستماتیک به مسایل برنامه‌ریزی و زمانبندی دارد و فعالیت‌های برنامه‌ریزی و زمانبندی را بعنوان یک نهاد سیستماتیک در نظر می‌گیرد و بر کل سیستم برنامه‌ریزی تولید تمرکز دارد.

1 . Monolithic Approach

2 . Hax & Meal 1975

3 . Hierarchical Production Planning

در Hpp فعالیتهای برنامه‌ریزی بر فعالیتهای زمانبندی و توالی عملیات نظارت دارد و برای حفظ هماهنگی بین برنامه‌ریزی و زمانبندی یک مکانیزم بازخور نیز در مدل در نظر گرفته شده است.

مهمترین مزیت Hpp این است که علاوه بر کاهش پیچیدگی‌های برنامه‌ریزی تولید، هماهنگی خوب بین سطوح مختلف برنامه‌ریزی تولید را با در نظر گرفتن خصوصیات تصمیمات هر سطح، تضمین می‌کند.

با گذشت زمان، Hpp با مطالعات و تحقیقاتی که توسط هیلون (۱۹۸۸)، می‌یر (۱۹۸۹)، ناجی (۱۹۹۱)، واویس (۱۹۹۰)، تامپسون (۱۹۹۳) و ... انجام شد، توسعه و تکامل یافت (Mehra, A 1995).

سیستمهای پشتیبان تصمیم

از آنجایی که در اوایل دهه ۱۹۴۰ هدف اصلی استفاده از کامپیوتر انجام فعالیتهای عملیاتی بصورت کامل بود تکنیک‌های پردازش داده بصورت مستمر پیشرفت نمودند و این پیشرفت تا اواخر دهه ۱۹۵۰ ادامه داشت، بطوریکه خیلی از سازمان‌ها استفاده از سیستم‌های پردازش تراکنش (TPS)^۱ یا پردازش الکترونیکی داده‌ها (EDP)^۲ را در زمینه خودکارسازی وظایف مشخص و روتینی مانند حقوق دستمزد، کنترل موجودی و تنظیم صورتحساب آغاز نمودند. در دهه ۱۹۶۰ ما شاهد ظهور سیستم‌های اطلاعات مدیریت (MIS)^۳ همراه با توسعه سیستم‌های مدیریت پایگاه داده‌ها (DBMS)^۴ برای جمع‌آوری، سازماندهی، ذخیره و بازیابی داده‌ها بودیم. MIS از طریق استخراج اطلاعات بالارزش مدیریت که ترکیب و خلاصه سازی حجم زیادی از داده‌های تراکنش را در بر می‌گرفت و به کاربر اجازه می‌داد تا از طریق سوالات مدیریتی با سیستم ارتباط برقرار

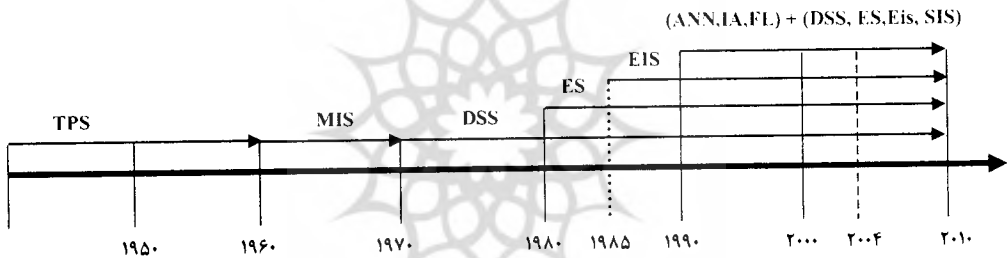
-
- 1 . Transaction processing systems
 - 2 . Electronic processing systems
 - 3 . Management information systems
 - 4 . Data base management system

کند، توسعه پیدا کرد. همچنین با استفاده از مدلسازی ساده و متدهای آماری که بعنوان اجزاء MIS بودند به کاربران اجازه اتخاذ تصمیمات روتین (ساختار یافته) را می‌دادند. این پیشرفت و توسعه سیستم‌های اطلاعات مدیریت تا ۱۹۷۰ بیشتر بطول نیاچامید و در ابتدای این دهه بود که محققین در زمینه سیستم‌های اطلاعات کامپیوتری اقدام به شناسایی نقش مهم سیستم‌های اطلاعات در پشتیبانی مدیریت در زمینه فعالیت‌های تصمیم‌گیری نیمه ساختار یافته و بدون ساختار نمودند. از اینرو در دهه ۱۹۷۰ مطالعات DSS بعنوان یک بخش ضروری از سیستم‌های اطلاعات کامپیوتری (CBIS) شناخته شد. در دهه ۱۹۸۰ ما شاهد موج دیگری از تکنولوژی‌های اطلاعاتی و سیستم‌های خبره (ES) مبتنی بر هوش مصنوعی بودیم، که سعی در جایگزین شدن یا تقلید از تصمیم‌گیری انسان در تصمیمات تکراری در یک دامنه محدود بودند. در اواسط دهه ۱۹۸۰ سیستم اطلاعات مدیریت اجرایی بعنوان یک ابزار مهم در ارائه اطلاعات مورد نیاز مدیران اجرایی ظهور پیدا کرد (کینگ، دی، ۱۹۹۳).

سیستم‌های اطلاعات مدیریت اجرایی (EIS) اطلاعات مهم و بموقع را بصورت پالایش شده و فشرده برای پیگیری و کنترل اهداف فراهم می‌آورد. آخرین تکنولوژی‌های اضافه شده CBIS شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) می‌باشد.

محاسبات شبکه‌های عصبی شامل ساخت سیستم‌های هوشمند برای تقلید از فعالیت مغز انسان است. ANN تلاش می‌کند تا پردازش دانش را مبتنی بر متدهای پردازش موازی مغز انسان، الگوهای شناخت براساس تجربه و بازیابی سریع، حجم زیادی از داده را انجام دهد. منطق فازی، الگوریتم ژنتیک و عامل‌های هوشمند از دیگر تکنیک‌های هوشمند هستند که می‌توان آنها را در کنار شبکه‌های عصبی در بهبود اثر بخشی تصمیم‌گیریهای فردی، گروهی و سازمانی مورد استفاده قرار داد. اطلاعات مهم و حساس که بوسیله EIS تهیه می‌شود می‌تواند در شناسایی علائم متعدد ضعف در انجام فعالیتهای سازمانی در واحدهای وظیفه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. این علائم می‌تواند

زمینه‌ای برای تشخیص مسائل سازمانی باشد. سیستم‌های پشتیبان تصمیم (DSS)، سیستم‌های تصمیم‌گیری مبتنی بر تعامل انسان - کامپیوتر هستند که برای پشتیبانی از قضاوت‌های مدیریتی، شناسایی راه حل مسائل مدیریتی از طریق تهیه و ایجاد اطلاعات لازم، ارزیابی و پیشنهاد راهکارهای تصمیم مورد استفاده قرار می‌گیرند. اکثر مسائل سازمانی نیازمند یک ترکیبی از پردازش داده‌های کمی و کیفی می‌باشند. EISها می‌توانند در اینگونه از مسائل سازمانی به دلیل توانایی در پردازش داده‌های کیفی مفید واقع شوند. سایر زیر مجموعه‌های سیستم‌های اطلاعات کامپیوتری مانند TPSها و MISها داده‌های مورد نیاز DSS را تهیه می‌کنند تا بوسیله مدل‌های DSS به‌مراه قضاوت‌های مدیریتی پردازش شوند. (Eom, S.B 2000).



شکل ۱: سیر تکاملی سیستم‌های اطلاعاتی مبتنی بر کامپیوتر

تعریف سیستم‌های پشتیبان تصمیم

تعاریف مختلف از افراد متعدد در مورد DSS نشان می‌دهند که DSS را می‌توان بعنوان یک سیستم تصمیم‌گیری کامپیوتری مبتنی بر تعامل انسان - کامپیوتر که دارای ویژگیهای زیر است بیان نمود:

- ۱ - تصمیم گیرنده را پشتیبانی می‌کند و جایگزین او نیست.
- ۲ - از داده و مدل بهره می‌گیرد.
- ۳ - مسائل را با درجات مختلفی از ساختار حل می‌کند (نیمه ساختار یافته و ساختار نیافته).
- ۴ - تاکید بر اثربخشی تصمیم‌گیری دارد تا کارایی آن (تسهیل فرایند تصمیم‌گیری).

معماری سیستم‌های پشتیبان تصمیم

یک سیستم پشتیبان تصمیم شامل دو زیر سیستم اصلی، یک فرد تصمیم‌گیرنده و دیگری سیستم کامپیوتری می‌باشد. تفسیر و تشریح DSS بعنوان تنها سیستم نرم‌افزاری و سخت‌افزاری کامپیوتری یک تصور متداول و غلطی است (سایمون^۱ ۱۹۶۰) وظیفه یک فرد تصمیم‌گیرنده بعنوان یک بخشی از سیستم پشتیبان تصمیم ورود داده برای ساخت پایگاه داده نیست بلکه وظیفه او اعمال قضاوت یا بصیرت در تمامی فرایندهای تصمیم‌گیری است.

فرض کنید یک مدیر تولید می‌خواهد برای ۵ سال آینده برنامه‌ریزی نماید. اولین گام در فرایند تصمیم‌گیری با ایجاد یک مدل پشتیبان تصمیم استفاده از یک برنامه یکپارچه DSS مانند ۳ - ۲ - ۱ Lotus، Microsoft Excel، آغاز می‌شود. زیر سیستم مدیریت پایگاه داده و سیستم رابط کاربرد دروازه ورود به سیستم مدیریت پایگاه داده و سیستم مدیریت پایگاه مدل می‌باشد. سیستم مجموعه‌ای از برنامه‌های کامپیوتری جهت ایجاد و اداره پایگاه داده و همچنین کنترل دسترسی به داده‌های ذخیره شده درون آن است. سیستم مدیریت پایگاه داده می‌تواند بصورت یک برنامه مستقل با اینکه درون یک مولد DSS مورد استفاده قرار گیرد تا از طریق کاربر بتواند یک فایل پایگاه داده ایجاد و داده‌های ورودی DSS را درون آن قرار دهد.

سیستم مدیریت پایگاه مدل یک مجموعه‌ای از برنامه‌های کامپیوتری درون مولد DSS جهت ایجاد، ویرایش، به روز کردن و یا حذف مدل است. کاربر مدلها و فایلها پایگاه داده را برای یک تصمیم‌گیر مشخص ایجاد می‌کند. مدلها و فایلها پایگاه داده درون پایگاه مدل و پایگاه داده بر روی ابزاری مانند هارد دیسک جهت دسترسی مستقیم ذخیره می‌شوند. از نقطه نظر کاربر، رابط کاربر بعنوان یک زیرسیستم DSS و تنها وسیله‌ای برای ارتباط آنها با سیستم است. بنابراین برای داشتن یک رابط کاربر موثر بایستی چند موضوع مهم را مورد توجه قرار داد. این موضوعات شامل: انتخاب ابزارهای

ورودی و خروجی، طراحی صفحه نمایش، استفاده از رنگ‌ها، شکل نمایش داده‌ها و اطلاعات، استفاده از رابط کاربرهای متفاوت و غیره می‌باشد. مدل سیستم‌های پشتیبان تصمیم امروزی تنوع وسیعی از سبک‌های مختلف رابط کاربر را برای کاربر مهیا می‌کنند. این سبک‌ها شامل: تعامل از طریق منو، زبان فرمان، پرسش و پاسخ، فرم، پردازش زبان طبیعی و رابط کاربر گرافیکی (GUI) ^۱. GUI از شکل‌های تصویری ^۲، دکمه ^۳، منو میله‌ای ^۴، میله‌ها ^۵، جعبه‌ها ^۶ بصورت وسیعی استفاده می‌کند. و در حال توسعه استفاده از سبک‌های متحرک می‌باشد. سیستم رابط کاربر اجازه دسترسی به موارد زیر را به کاربر می‌دهد:

۱- زیر سیستم داده

• پایگاه داده

• نرم‌افزار مدیریت پایگاه داده

۲- زیر سیستم مدل

• پایگاه داده

• نرم‌افزار مدیریت پایگاه مدل

طراحی سیستم پشتیبان تصمیم

طراحی DSS فرایندی جهت شناسایی تصمیمات کلیدی از طریق تجزیه و تحلیل تصمیم، تعیین نیازمندی‌های اجزاء DSS برای پشتیبانی تصمیمات کلیدی شناسایی

1 . Graphic User Interface

2 . Icon

3 . Button

4 . Pull – down menus

5 . Bars

6 . Boxes

شده از طریق تجزیه و تحلیل تصمیم است (علوی، ام و جاجیمستالدرا^۱، ۱۹۹۲) DSSها برای پشتیبانی تصمیم‌گیری سازمانی و فردی طراحی و پیاده‌سازی می‌شوند. بدون درک جزئیات رفتار تصمیم‌گیری در سازمان، پشتیبانی تصمیم مفهومی نخواهد داشت (کین و اسکات - مورتن^۲، ۱۹۷۸ ص ۶۱). دانشمندان علوم سازمانی، تصمیم‌گیری را در قالب چندین ترم دانشگاهی به چهار دسته طبقه‌بندی کردند: ۱ - مدل‌های منطقی، که تمرکز آنها بر کاراترین راهکارها، با مفروضات منطقی تنها یک کاربر است ۲ - مدل‌های فرایند سازمانی که تاکید بر بخش‌بندی واحدهای متنوعی در هر سازمان دارد ۳ - مدل رضایت بخش، که منعکس کننده مرز منطقی برای پیدا کردن راه حل به اندازه کافی مناسب می‌باشد ۴ - سایر مدل‌ها.

سیستم پشتیبانی تصمیم سلسله مراتبی برنامه‌ریزی تولید

مدل‌ها کمی قابل استفاده در برنامه‌ریزی تولید همانا کاربرد مدل‌های تحقیق در عملیات در حل مسائل مدیریت تولید هستند. تحقیق در عملیات خود به عنوان کاربرد روشهای علمی در حل مسائل تصمیم‌گیری تعریف می‌گردد. مدلسازی ریاضی اجازه خواهد داد که مشکلات و مجهولات مربوط به مسئله تصمیم‌گیری در قالب یک چارچوب ریاضی منطقی ریخته شود به طوری که این مدل قابل حل بوده و بعلاوه هر تغییر در آن قابل اعمال باشد. این قدرت عمل ممکن است به مدیر اجازه دهد که مسئله خود را به صورتی موثر و کاراتر حل کند. روشهای حل مسائل مدیریت از طریق مدل‌های کمی نه تنها راه حل بهینه را برای وضعیت فعلی به مدیران نشان خواهد داد بلکه به آنان کمک خواهد نمود که به سوالاتی از قبیل "چه خواهد شد اگر" (تجزیه و تحلیل شرطی) نیز

1. Alavi, M. And Joachimsthaler

2. Keen and Scott-Morton

پاسخ گویند و حال آنکه پاسخ اینگونه سوالات از طریق تجربی و عملی ممکن است هزینه‌زا و در بسیاری از موارد غیرممکن باشد.

سیستم پشتیبان تصمیم سلسله مراتبی برنامه‌ریزی تولید، برنامه‌ریز تولید را قادر می‌سازد تا تمامی دانش خود را درون فرایند برنامه‌ریزی تولید قرار دهد. این سیستم یک جعبه سیاه پیچیده نیست بلکه تماماً در کنترل برنامه‌ریز تولید می‌باشد. بعلاوه از طریق یک تعامل کامپیوتری شده در سیستم برنامه‌ریزی تولید مانند سیستم پشتیبان تصمیم سلسله مراتبی مانند برنامه‌ریزی تولید می‌توان تغییرات محیطی را از طریق ترکیب داده‌ها با یک سیستم مدیریت مدل امکان پذیر نمود.

سیستم پشتیبان تصمیم سلسله مراتبی برنامه‌ریزی تولید یک سیستم کامپیوتری مبتنی بر مدل‌های ریاضی بسیار قوی است که قادر است فرایند تصمیم‌گیری را در هر سطحی پشتیبانی نماید. در این حالت ضرورتی ندارد که برنامه‌ریز تولید (کاربر نهایی) برای استفاده از سیستم پیش زمینه مدلسازی و یاریابی داشته باشد.

متدولوژی تحقیق

در تحقیق حاضر سعی داریم برای کمک به فرایند تصمیم‌گیری در خصوص میزان تولید بهینه و بموقع محصولات با حداقل هزینه جریمه تأخیرات، اضافه کاری و Set-up محصولات در شرکت کارخانجات کابلسازی ایران یک سیستم پشتیبان سلسله مراتبی طراحی نماییم برای انجام این تحقیق ما مراحل زیر را انجام داده‌ایم.

مرحله ۱) تجزیه و تحلیل برنامه‌ریزی تولید و سیستم زمانبندی شرکت

مرحله ۲) طراحی سلسله مراتب

مرحله ۳) طراحی مدل تحقیق در عملیات برنامه‌ریزی سلسله مراتبی سه سطحی

مرحله ۵) تجزیه و تحلیل و طراحی (مدل سازی) سیستم پشتیبان تصمیم برنامه

ریزی تولید با استفاده از ابزارهای زبان مدل‌سازی یکپارچه (UML).


مرحله ۴) پیشنهاد یک معماری مناسب برای پیاده‌سازی سیستم پشتیبان تصمیم برنامه‌ریزی تولید.

در ادامه به تشریح مراحل انجام متدولوژی تحقیق می‌پردازیم:

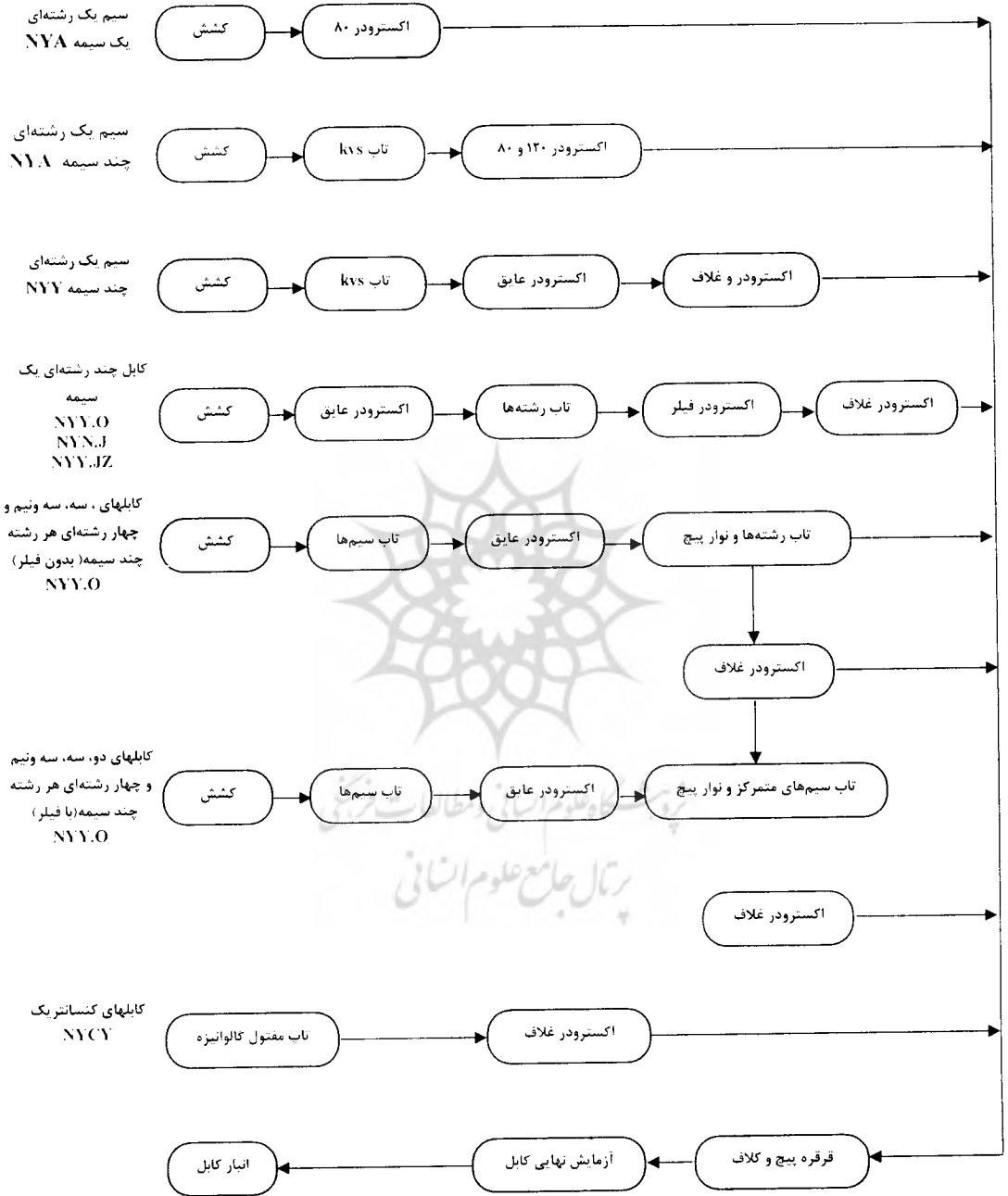
مرحله ۱- تجزیه و تحلیل برنامه‌ریزی تولید و سیستم زمانبندی شرکت

هدف این مرحله توسعه یک مدل برنامه‌ریزی تولید تجزیه شده برای این شرکت است. این فرایند نیازمند اطلاعات (سیستم اطلاعاتی) راجع به سیستم فیزیکی (مشخصات کارخانه) و سیستم تصمیم است.

سیستم فیزیکی. مشخصات سیستم تولید بصورت جزئی از سیستم فیزیکی بدست می‌آید و شامل جزئیات مراکز کاری یا ماشین آلات مورد استفاده در فرایند تولید محصولات و نوع محصولات است:



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۲ - جزئیات سیستم فیزیکی شرکت مورد بررسی

سیستم تصمیم. از طریق تجزیه مشخصات مدیریت سیستم تصمیم، چهارچوب تصمیم ساخته می‌شود. آگاهی از چارچوب تصمیم برای طراحی سلسله مراتب مدیریت تولید ضروری است. مشخصات مدیریتی شامل: اهداف (کمی، غیر کمی)، منابع یا کنترلرها و محدودیتها است. در شرکت کارخانجات کابلسازی ایران اهداف برنامه‌ریزی تولید به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- تعیین مقدار تولید ماهانه محصولات با حداقل سازی هزینه تأخیرات تولیدی و هزینه اضافه کاری

- تعیین مقدار تولید هفتگی محصولات با حداقل سازی هزینه‌های راه‌اندازی آنها در این شرکت برای رسیدن به اهداف ذکر شده محدودیت‌های زیر وجود دارند:

۱. محدودیت ظرفیت ماهانه ماشین‌آلات

۲. محدودیت مواد اولیه میزان مس در دسترس

۳. محدودیت اضافه کاری

۴. محدودیت تقاضا

۵. محدودیت ظرفیت هفتگی ماشین‌آلات

سیستم اطلاعاتی: انعکاس ویژگیهای درست سیستم فیزیکی برای ایجاد جزئیات مربوط به سیستم‌های اطلاعاتی ضروری است. این سیستم می‌تواند بوسیله یک پایگاه داده معمولی یا هر سیستم یکپارچه دیگری پشتیبانی شود. استفاده از اطلاعات بعنوان یک پایه برای تعریف ویژگیهای مدیریتی بکار برده می‌شود. این اطلاعات بایستی درون یک سیستم اطلاعاتی قرار بگیرند تا بصورت درست در فرایند تصمیم‌گیری مورد استفاده واقع شوند. بنابراین اطلاعاتی در خصوص سیستم فیزیکی و سیستم تصمیم این شرکت بایستی جمع‌آوری شوند که شامل موارد ذیل است:

اطلاعات سیستم فیزیکی:

۱. اطلاعات مربوط به ظرفیت ماشین‌آلات

۲. اطلاعات مربوط به ترکیب تقاضا

۳. اطلاعات مربوط به موادبری (مس بری) محصولات

۴. اطلاعات مربوط به میزان مس در دسترس در همراه
اطلاعات سیستم تصمیم:
۱. اطلاعات مربوط به هزینه‌های اضافه کاری ماشین آلات
 ۲. اطلاعات مربوط به هزینه‌های تأخیرات تولیدی
 ۳. اطلاعات مربوط به هزینه‌های راه‌اندازی محصولات
 ۴. اطلاعات مربوط به گروه بندی محصولات در قالب خانواده‌ها

مرحله ۲ - طراحی سلسله مراتب

بخش بندی یک تصمیم پیچیده در خصوص مساله به چندین زیر مساله ، با تفسیر دو موضوع مهم یعنی سلسله مراتب ساختاری و سازمانی ارتباط دارد. سلسله مراتب‌های ساختاری ممکن است منتهی به یک الگوریتم سلسله مراتبی شوند، که مقدار اشتباهات محاسباتی مساله برنامه‌ریزی را کاهش دهد. در سلسله مراتب‌های ساختاری یک تصمیم‌گیرنده در نقاط، زمان و موقعیت مشابه در هر سطح تصمیمات متفاوتی اتخاذ می‌نماید (تشابه در وضعیت اطلاعات).

از طرف دیگر سلسله مراتب سازمانی شامل سطوحی است که تصمیمات در نقاط و زمان مختلف اتخاذ می‌شوند، بنابراین مبتنی بر اطلاعات متفاوت می‌باشد (عدم تقارن در موقعیت اطلاعاتی). در چنین مواردی ساختار سلسله مراتبی باعث فهم و هدایت یک سیستم خواهد شد (انانث سرینی واسان، دیوید ساندارام^۱، ۲۰۰۰) همچنین یک سلسله مراتب ساختاری می‌تواند در یک بخش از سطح سلسله مراتب سازمانی برای تسهیل رویه حل مساله مورد استفاده قرار گیرد.

در این بخش ما سیستم برنامه‌ریزی تولید شرکت مورد مطالعه را به سه سطح تقسیم نمودیم.

در سطح اول هدف را تعیین می‌کنیم که شامل میزان تولید ماهانه محصولات با حداقل سازی هزینه تأخیرات تولید محصولات و هزینه اضافه‌کاری ماشین‌آلات است. محدودیت‌های رسیدن به این اهداف شامل موارد زیر است:

- محدودیت ظرفیت ماهانه ماشین‌آلات
- محدودیت مواد اولیه میزان مس در دسترس
- محدودیت اضافه‌کاری
- محدودیت تقاضا

افق این سطح برابر با طولانی‌ترین تاریخ تحویل سفارشات است. برای مثال اگر چهار سفارش برای برنامه‌ریزی آماده باشند و تاریخ تحویل آنها به ترتیب ۱ - ۲ - ۳ - ۴ باشد افق برنامه‌ریزی برای تولید آنها ۴ ماه خواهد شد و در پایان ماه اول اگر سفارشات جدید وارد شده به برنامه تولید، تاریخ تحویلی بیشتر از ۴ داشته باشند افق برنامه‌ریزی در این سطح به این مقدار افزایش خواهد یافت.

در سطح دوم هدف تعیین میزان تولید هفتگی خانواده محصولات با حداقل سازی هزینه راه‌اندازی^۱ محصولات است و تنها محدودیت عملیاتی این سطح ظرفیت هفتگی ماشین‌آلات است و سایر محدودیت‌ها شامل محدودیت کنترلی برای حفظ جواب سطح اول است.

سطح سوم در تجزیه‌کننده جواب‌های بدست آمده از سطح دوم است و نتایج آن شامل میزان تولید هفتگی هر یک از کابل‌های برنامه‌ریزی شده می‌باشد.

مرحله ۳ - طراحی مدل تحقیق در عملیات برنامه‌ریزی سلسله مراتبی سه سطحی

بیشتر امکانات تولیدی قادرند محصولاتی را از خانواده‌های مختلف تولید کنند. یک خانواده به یک گروه از محصولات شبیه به هم اطلاق می‌شود که از نظر اقتصادی و تکنولوژیکی عاقلانه است که یکجا تولید شوند. ما در اینجا معیار تشکیل خانواده را فرایند

تولید قرار دادیم به عبارت دیگر محصولاتی که دارای فرایند تولید مشابه هستند را در یک خانواده قرار می‌دهیم.

مدل اول تحقیق در عملیات میزان تولید خانواده‌های محصولات را برای یک افق برنامه‌ریزی منحصر به فرد که از ویژگی‌های این شرکت است و در یک دوره ماهانه محاسبه می‌کند.

تابع هدف این مدل حداقل سازی مجموع هزینه تأخیرات در تولید خانواده‌های محصولات و مجموع هزینه‌های اضافه کاری ماشین‌آلات در نظر گرفته شده است.

محدودیت‌های این مدل:

۱. ظرفیت ماشین‌آلات

۲. میزان اضافه کاری

۳. مصرف مس

۴. محدودیت تقاضا

لازم به ذکر است که این محدودیت‌ها مهمترین محدودیت‌هایی بودند که مد نظر برنامه‌ریزان این شرکت بوده است. بدیهی است که سایر محدودیت‌ها نظیر سایر مواد اولیه می‌تواند وجود داشته باشند ولی فعلاً برای برنامه ریزان فاقد اهمیت می‌باشد. ما در اینجا مدل را بصورت پارمتریک ارائه می‌کنیم و در ادامه شرح هر یک از پارامترها و متغیرهای مدل آمده است.

میزان تولید خانواده I ام در مدت زمان t ام (FP_{it}) بعنوان خروجی این مدل در مدل سطح بعدی نقش کنترلی را بازی خواهد کرد، به عبارت دیگر به عنوان یک محدودیت به مدل سطح بعدی اضافه می‌گردد تا جواب‌های آن، مدل سطح بالاتر خود را نقض نکند.

مدل سطح اول) برنامه ریزی مقدار تولید ماهانه هر خانواده و میزان اضافه کاری هر ماه

$$\min \sum_i \left(C_i TR_i + \sum_j \sum_t CO_{jt} XO_{jt} \right) \quad \begin{array}{l} j=1,2,\dots,10 \quad \text{تعداد ماشین} \\ t=1,2,\dots,d \quad \text{تعداد پرپود} \\ i=1,2,\dots,n \quad \text{تعداد خانواده} \end{array}$$

$$\sum_t (FP_{it} \times MF_{it}) \leq M_{jt} + XO_{jt}$$

$$XO_{jt} \leq O_{jt} \quad \text{طولانی ترین تاریخ تحویل}$$

$$\sum_i (FP_{it} \times r_i) \leq R_i \quad (1)$$

(۲)

$$TR_i = \left(D_i \sum_t FP_{it} \right) T_i \quad (3)$$

(۴)

$$S = D_i \sum_t FP_{it}$$

$$TR_i = (S_{it}) T_i$$

متغیر	شرح
FP _{it}	میزان تولید خانواده i ام در مدت t ماه
XO _{jt}	میزان اضافه کاری ماشین i ام در مدت t ماه
S _{it}	میزان کمبود خانواده i ام در مدت t ماه
جدول ۱ - متغیرهای مدل سطح یک	
پارامتر	شرح
C _i	هزینه تأخیر خانواده i ام به ازای یک واحد میزان تأخیر زمانی
TR _i	میزان تأخیر زمانی خانواده i ام
CO _{jt}	هزینه اضافه کاری ماشین j ام در مدت t ماه
M _{jt}	زمان در اختیار ماشین j ام (عادی) در مدت t ماه
MF _{jt}	زمانبری هر واحد از خانواده i ام روی ماشین j ام
O _{jt}	حداکثر زمان اضافه کاری ماشین j ام در مدت t ماه
R _i	حداکثر میزان مس در مدت t ماه
r _i	میزان مس بری خانواده i ام
D _i	تقاضای خانواده i ام در افق برنامه ریزی
T _i	زمان مورد نیاز برای تولید میزان کمبود خانواده i ام

جدول ۲ - پارامترهای مدل سطح یک

مدل دوم: نتایج مدل اول برای مدل دوم بعنوان پارامتر عمل می‌کند. در این مدل افق برنامه‌ریزی یک ماهه به ۴ پی‌یود هفتگی قابل تقسیم خواهد بود که خروجی این مدل میزان تولید هر خانواده کابل در طول هفته را مشخص می‌سازد.

تابع هدف این مدل حداقل سازی هزینه راه‌اندازه ماشین آلات برای تولید خانواده‌ها می‌باشد. به عبارت دیگر این مدل مقدار تولید ماهانه هر خانواده که در مدل قبل بدست آمده را طوری در بین چهار هفته همان ماه تقسیم می‌کند که هزینه راه‌اندازی ماشین‌آلات حداقل گردد.

محدودیت‌های مهم در نظر گرفته شده در این سطح شامل موارد ذیل است:

(۱) محدودیت کنترل برابری میزان مجموع تولید خانواده‌ها در چهار

هفته با مقدار تولید ماهانه آنها

(۲) محدودیت ظرفیت هفتگی ماشین‌آلات

(۳) محدودیت ارتباط متغیر عدد صحیح با متغیر تولید

برای جلوگیری از محاسبه هزینه راه‌اندازی برای خانواده‌ای که تولید ندارد یک متغیر صفر و یک (Y_{it}) تعریف کردیم تا از بی‌جواب شدن مدل جلوگیری نماید.

مدل سطح دوم) برنامه‌ریزی مقدار تولید هفتگی هر خانواده در طول یک ماه

$$\min \sum_i \sum_w Cs_i Y_{iw}$$

تعداد ماشین $j=1,2,\dots,10$

تعداد ماه $t = 1,2,\dots,d$

تعداد خانواده $i = 1,2,\dots,n$

طولانی‌ترین تاریخ تحویل $d.d$

تعداد هفته ۴ و ۳ و ۲ و ۱ $w = 1,2,3,4$

$$\sum_w fp_{iw} = Fp_{i\prime}$$

$$\sum_w fp_{iw} \times MF_{i\prime} \leq \frac{1}{4} (M_{i\prime} + Xo_{i\prime}) \quad (1)$$

$$fp_{iw} \leq MY_{iw} \quad (2)$$

$$Y_{iw} = 0,1 \quad (3)$$

متغیر	شرح
fp_{iw}	مقدار تولید خانواده آم در هفته ۱۷م
Y_{iw}	متغیر صفر و یک

جدول ۳ - متغیرهای مدل سطح دو

پارامتر	شرح
Fp_{it}	مقدار تولید خانواده آم در مدت (ماه) t ام (پریود تحت برنامه ریزی)
X_{jt}	مقدار اضافه کاری ماشین j ام در مدت (ماه) t ام (پریود تحت برنامه ریزی)
M_{jt}	زمان در اختیار ماشین j ام (عادی) در مدت (ماه) t ام (پریود تحت برنامه ریزی)
MF_{ij}	زمانبری هر واحد از خانواده آم روی ماشین j ام
Cs_i	هزینه راه اندازی خانواده آم
D_i	تقاضای خانواده آم
M	عددی بسیار بزرگ
$1/4$	ضریب تبدیل ظرفیت ماهانه ماشین آلات به ظرفیت هفتگی

جدول ۴ - پارامترهای مدل سطح دو

در سطح بعدی یا میزان تولید خانواده آم در هفته ۱۷م به آیتم‌های (کابل‌های) تشکیل دهنده این خانواده تجزیه می‌شود.

مدل سوم: در این قسمت با توجه به در اختیار بودن مقادیر لازم تولید هفتگی، خانواده‌ها به کابل‌ها (Item) شکسته شده و خروجی، میزان تولید هفتگی هر کدام از کابل‌هایی که تقاضا داشته‌اند، می‌باشد. این سطح تنها یک الگوریتم تجزیه خانواده به آیتم می‌باشد. بدینصورت که هر کابل به نسبت تقاضای آن به تقاضای خانواده خود از میزان تولید آن خانواده سهم می‌گردد.

$$y_i = \left[\frac{d_i}{D_i} \right] \left(fp_i + \sum Inv_i \right) - \sum Inv_i$$

متغیر	شرح
Y_1	سطح تولید کابل I ام

جدول ۵ - متغیرهای مدل سطح سه

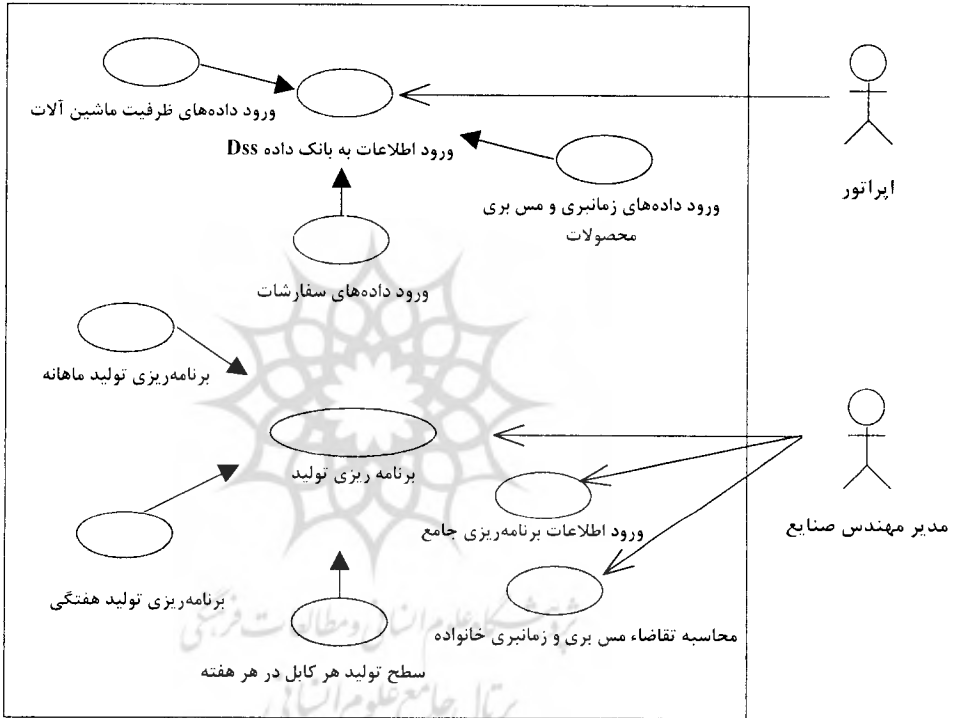
پارامتر	شرح
Fp_i	سطح تولید هفتگی خانواده ام
Inv_i	سطح موجودی خانواده ام
Inv_1	سطح موجودی آیتم I ام
d_i	مقدار تقاضای کابل ام
D_i	مقدار تقاضای خانواده ام

جدول ۶ - پارامترهای مدل سطح دو

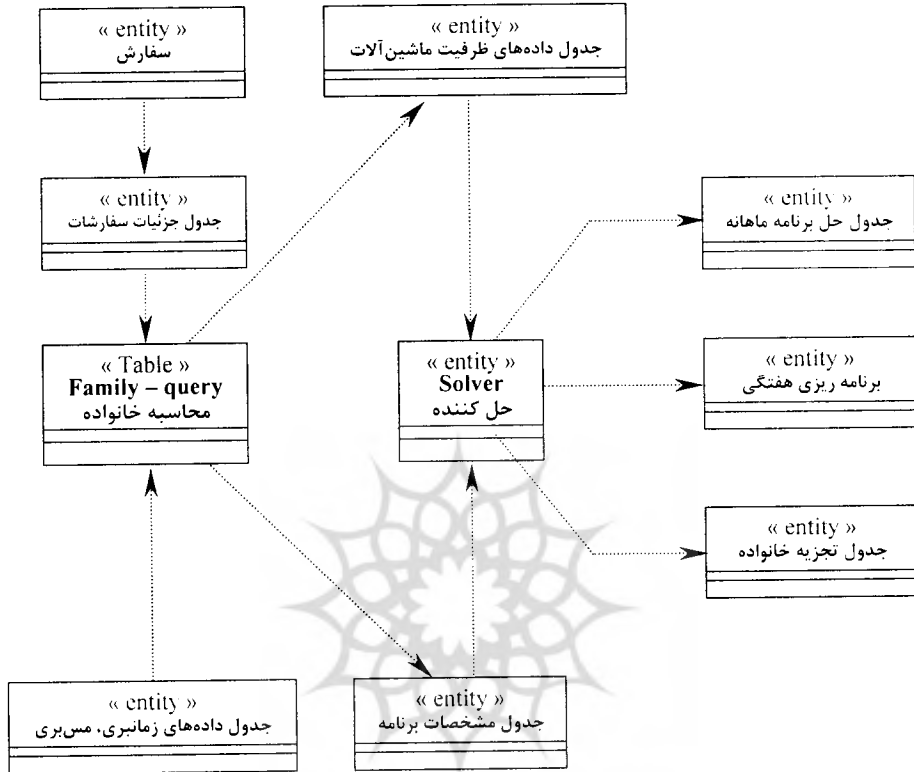
مرحله ۴ - تجزیه و تحلیل و طراحی (مدل سازی) سیستم پشتیبان تصمیم برنامه ریزی تولید با استفاده از ابزارهای زبان مدل سازی یکپارچه (UML).
 با توجه به مزیت‌های تحلیل و طراحی شی گرا نسبت به سایر متدلوژیهای تحلیل و طراحی سیستم‌های اطلاعاتی، ما از این متدلوژی و ابزار آن یعنی UML و نرم افزار (Rational Rose) برای طراحی این سیستم پشتیبان تصمیم استفاده نموده‌ایم. UML دارای نمودارهای متفاوتی برای هر کدام از مراحل چرخه توسعه سیستم اطلاعاتی است (توانا، ۱۳۸۱). ما هم بر حسب نوع نیازمان که شناسایی نیازهای عملیاتی سیستم (موردهای کاربرد)، شناسایی اشیاء مورد نیاز و ارتباط آنها برای اجرای موردهای کاربرد باشد به و ارائه آنها در قالب کلاسها برای برنامه نویسی و پیاده‌سازی سیستم پشتیبان تصمیم پرداخته‌ایم. با توجه به موارد ذکر شده ما از نمودارهای Use Case, Sequence, Collaboration, Class استفاده نموده‌ایم.

پس از مصاحبه و گفتگو با کاربران نهایی سیستم پشتیبان مورد نظر موردهای کاربرد زیر شناسایی شده است که ما آنها را در قالب نمودار مورد کاربرد (Use Cases)

بصورت نمودار زیر نمایش می‌دهیم. در ادامه هم نمودار کلاسهای مورد نیاز ارتباط بین آنها برای پیاده‌سازی این سیستم پشتیبان سلسله مراتبی نمایش داده شده است.



نمودار ۱ - موردهای کاربرد سیستم پشتیبان سلسله مراتبی برنامه ریزی تولید



نمودار ۲ ارتباط بین کلاسهای مورد نیاز برای سیستم پشتیبان سلسله مراتبی برنامه‌ریزی تولید.

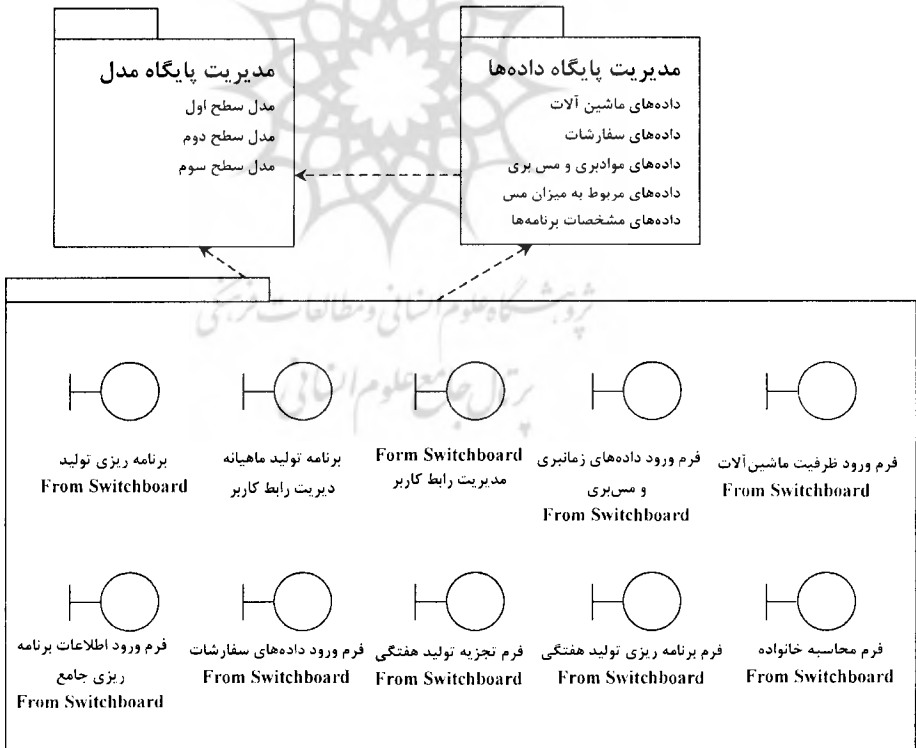
مرحله ۴ - معماری سیستم پشتیبان تصمیم سلسله مراتبی برنامه ریزی تولید.

تجربه سایر علوم و مهندسی ثابت کرده است که عاملهایی نظیر ابعاد، پیچیدگی، قابلیت گسترش نیازمندیهای خاص، مهمترین پارامترهای تصمیم‌گیری در رابطه با لزوم هر نوع معماری به حساب می‌آیند. به عبارت دیگر هر جا نیاز به طراحی موجودیت یا سیستمی باشد که ابعاد یا پیچیدگی آن از یک حد معین فراتر رفته، یا نیازمندیهای خاصی را برآورده نماید، نگرشی همه جانبه را لازم خواهد داشت که در اصطلاح به آن "معماری" گفته می‌شود. معماری ترکیبی است از علم، هنر و تجربه که در رشته‌هایی نظیر ساختمان دارای قدمتی چند هزار ساله است.

با توجه به مرحله قبل، یک معماری برای پیاده سازی نرم افزار و سخت افزار سیستم پشتیبان تصمیم ارائه می‌نماییم که این معماری شامل پایگاه داده، پایگاه مدل، رابط کاربر نوع سخت افزار پیشنهادی و سایر اجزاء می‌باشد.
جدول زیر اجزاء معماری را نشان می‌دهد:

اجزاء معماری	شرح
مدیریت پایگاه داده	Microsoft Access
مدیریت پایگاه مدل	Lingo Solvers
مدیریت رابط کاربر	Visual Basic
سیستم عامل	Microsoft Windows 2000. XP
سخت افزار	Personal Computer P4

جدول ۷ - اجزاء معماری سیستم پشتیبان تصمیم



نمودار ۳ - ارتباط بین اجزاء معماری سیستم پشتیبان سلسله مراتبی برنامه ریزی تولید.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه در شرکت مورد مطالعه هیچگونه مدل برنامه‌ریزی علمی و آکادمیکی برای تولید وجود نداشت، اقدام به مطالعه مدل‌های برنامه‌ریزی تولید نمودیم و با توجه به مزیت‌های مدل سلسله مراتبی برنامه‌ریزی تولید نسبت به سایر مدل‌های برنامه‌ریزی تولید از آنها جهت مدل نمودن برنامه‌ریزی تولید شرکت مذکور استفاده نمودیم.

ابتدا پس از یک بررسی کامل از شرکت مورد مطالعه از جنبه‌های مواد، ماشین‌آلات، محصولات و دسته‌بندی محصولات بر اساس فرایند تولید و با توجه به سایر مشکلات برنامه‌ریزی تولید ما یک سلسله مراتبی برای برنامه‌ریزی تولید طراحی نمودیم که این مدل دارای سه سطح با محدودیت‌های متفاوت است در سطح ۱ هدف مدل حداقل کردن هزینه‌های تأخیرات و نگهداری خانواده محصولات می‌باشد و در سطح دوم هدف مدل حداقل سازی هزینه راه‌اندازی خانواده‌هاست. در سطح سوم هدف از ادغام، خارج سازی خانواده‌های محصولات و تجزیه آنها به محصولات می‌باشد. و با توجه به این اهداف هر یک از سلسله مراتب به ترتیب میزان تولید خانواده‌ها و میزان اضافه‌کاری ماهانه، مقدار تولید هفتگی هر خانواده و مقدار تولید هفتگی هر محصول را به ما جواب خواهند داد. برای تست این مدلها از ده سفارش که در برگیرنده هشتاد محصول بوده استفاده نمودیم و نتایج زیر بدست آمد:

درصد بهبود	تفاضل	نتایج مدل	وضعیت فعلی
۰/۳۲۲۰۴۴	۱۴۴۹/۲	۳۰۵۰/۸	۴۵۰۰
۱	۱۳۸۳۰	۰	۱۳۸۳۰
۰/۱۱۶۶۶۷	۳/۵	۲۶/۵	۳۰

در گام بعدی نیازهای کاربران (برنامه ریزان) را به سیستم پشتیبان این مدل در قالب نمودار موردهای کاربرد و نمودار کلاس‌های شناسایی شده برای پیاده‌سازی هر یک از این موردهای کاربرد توسط نمودارهای UML در محیط نرم افزار Raitomal Rose طراحی نمودیم. همچنین نمودار معماری این سیستم طراحی شده است تا راهنمایی برای پیاده سازی نرم‌افزار این سیستم پشتیبان قرار گیرد.

منابع:

1. Alavi, M. and Joachimsthaler, E.A (1992) Revisiting DSS implementation research: a meta – analysis of the literature and suggestions for researchers, MIS Quarterly 16 (1): 95 – 116. (A rigorous and quantitative review of the empirical DSS implementation literature.)
2. Ananth Srinivassan, David Sundaram (2000), an object relational approaches for the design of decision support Systems an object relational approach for the design of decision support Systems 127 594- 610
3. David R. Aronott (1998) A Framework for Understanding Decision Support Systems Evolution,
4. Eom, S.B. (2000) Decision support systems implementation research: review of the current state and future directions, in: Proceedings of the Ninth International Conference on Information Systems Development, Christiansand, Norway (forthcoming) (The current state of DSS implementation research is reviewed based on author co citation analysis of a bibliometrical data compiled over the period of 1991 – 1997 and suggest future implementation research directions.)
5. Hax & meal, (1975). putting production Decisions where they belong, Harvard Business Teview Mar/Apr 1984. V62 n2, PP.102-111
6. King, D. (1993) Intelligent support systems: art, augmentation, and agents, in R.H Spragus, Jr and H.J Watson (eds), Decision Support Systems: Putting Theory into Practice. 3rd edn, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. (An account of integrated intelligent system development trends and the future of DSS and expert systems.)
7. Mehra.A (1995). Hierarchical Production planning for job shops, ph. D THESIS. pp 9 – 12.
8. Nagi. R (1991). Design and Operaion of Hierarchical Production Management Systems, Ph. D THESIS, pp. 4 – 16.
9. Simon, H.A. (1960) The New Science of Management Decision, New York: Harper & Row. (This book provides foundational concepts of decision – making and lays the groundwork for further development of DSS.)

۱۰ - توانا، مهرداد، عاطفه شیجونی، مرجع کامل UML، چاپ اول، تهران: موسسه فرهنگی هنری نقش

سیمرغ، ۱۳۸۲.