

دسته‌بندی‌های ساخت: ارتباط با سیستم‌های کنترل تولید^۱

ترجمه: مهدی ساعدی^۲

چاپ شده در مجله روش، شماره ۷۰، بهمن ماه ۱۳۸۰، صفحه ۲۷-۲۲

کلمات کلیدی: برنامه ریزی، زمانبندی، ساخت، مدیریت تولید

چکیده:

از اوایل دهه ۱۹۷۰، سیستم‌های برنامه‌ریزی تولید سیر تکاملی خود را از برنامه‌ریزی نیازمندیهای مواد (MRP) به برنامه‌ریزی منابع ساخت (MRPII) و سپس به برنامه‌ریزی منابع شرکت (ERP) با توسعه همزمان سیستم‌های کنترلی مرتبط نظیر نظریه محدودیتها (خلاصه شده OPT)، درست سر وقت (JIT)، و غیره طی کرده‌اند. یکی از نواحی کلیدی همه شرکتهای تولیدی، فعالیت برنامه‌ریزی و کنترل است. برای کمک در رسیدن شرکتهای به نیازمندیهای برنامه‌ریزی و زمانبندی خود، پهنه وسیعی از نرم‌افزارهای نوعا اختصاصی وجود دارد. مشکل تجربه شده بوسیله بسیاری از شرکتهای، تنها در آزمایش نرم‌افزارهای در دسترس نیست، بلکه مشکل در درک تعادل بین نیازهای سازمان و تواناییهای آن نرم‌افزار است. این مقاله ابتدا سیستم‌های دسته‌بندی متداول ساخت را توضیح می‌دهد و سپس تلاش می‌کند تا آنها را در مقابل، بر دیدگاههای پذیرفته شده در برنامه‌ریزی و کنترل تولید تصویر کند. این تحلیل، نیاز به رویکردی قوی‌تر در انتخاب نرم‌افزار را تایید می‌کند و بیان می‌کند که قبل از آنکه بتوان این رویکرد را بدست آورد، فهم و درکی کامل از محرکهای فرآیند کنترل تولید لازم است. این مقاله با کمک به ایجاد طیفی از مدل‌های مرجع برای برنامه‌ریزی و زمانبندی تولید، روشی را برای به تصویر کشیدن این محرکها ارائه می‌دهد.

^۱ اصل مقاله:

Keith Porter; David Little; Matthew Peck; Ralph Rollins; "Manufacturing classifications: relationships with production control systems"; Integrated Manufacturing Systems; 1999; Vol. 10; No. 4; 189-198.

^۲ دانشجوی دکترای مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس

تجربه نشان داده است که راه کارهای مختلفی برای دسته‌بندی، ساختاردهی و توصیف سیستم‌های تولیدی وجود دارد. هدف از دسته‌بندی، درک بهتر این سیستم، درک فرآیندهایی که در آنهاست، درک محدودیتها و درک کنترل‌هایشان است. درک بهتر این سیستم‌ها به درک نقاط قوت و ضعف و حفظ مزیت رقابتی و مدیریت تغییر تسهیلات منجر می‌شود.

MIS حدود یک ربع کل سرمایه‌گذاری‌های تکنولوژی اطلاعات (IT) در شرکتهای تولیدی را به خود اختصاص داده است. در انگلستان ۷۵٪ شرکتهای تولیدی، هنوز از MRP و MRPII استفاده می‌کنند در حالی که نیازهایشان چیزی دیگر است (Little et al 1997). اما در شرکتهای تولیدی کوچکتر با مقدار کمتر از ۲۰۰ نفر، تنها ۲۵٪ آنها از MRP استفاده می‌کنند. یکی از دلایل این موضوع، متفاوت بودن نیازهای شرکتهای کوچک از بزرگ در IT است. شرکتهای کوچکتر اغلب به تواناییهای کامل سیستم‌های مورد نیاز شرکتهای بزرگ نیاز ندارند.

سیستم‌های MRP، MRPII و ERP به طور همزمان با، TOC، OPT و JIT از اوایل دهه ۱۹۷۰ رشد کرد. سیستم‌های ERP توسط شرکتهای مهمی در دنیا رهبری شدند و بیش از ۱۰،۰۰۰ مورد در دنیا نصب گردیدند. نصب این نرم‌افزارها بسیار گران و طولانی مدت است و به همین دلیل شرکتهای کوچک‌تر به دنبال نرم‌افزارهای مناسب و استاندارد برای نوع سازمان خود هستند.

تحقیق اخیر نشان داده است که وظیفه‌ای مهم به نام کنترل تولید، از کلیدی‌ترین نواحی همه شرکتهای تولیدی است. پهنه وسیعی از نرم‌افزارهای موفق در برنامه‌ریزی و زمانبندی وجود دارد. مشکل در انتخاب نرم‌افزار، نه تنها در تجربه کردن نرم‌افزار قابل دسترسی است بلکه در پاسخگویی به نیازهای شرکت است. ما ابتدا به دسته‌بندی سیستم‌های متداول تولیدی می‌پردازیم و سپس تلاش می‌کنیم تا آنها را بر یک دیدگاه پذیرفته شده از برنامه‌ریزی و کنترل تولید سوار کنیم. تحلیل موفقیت یا خلاف آن بر این سوار کردن، ضروری بودن ایجاد رویکردی مستحکمتر برای انتخاب نرم‌افزار را نشان می‌دهد و بیان می‌کند که یک درک کامل از محرکهای فرآیند کنترل تولید، قبل از رسیدن به آن مورد نیاز است. این مقاله سپس با بحث بر روشی برای سوار کردن این محرکها ادامه می‌دهد تا به ایجاد یک سری از مدل‌های مرجع برای برنامه‌ریزی و زمانبندی تولید پردازد.

دیدگاههای دسته‌بندی

تجربه ادبیات نشان می‌دهد که سیستم‌های دسته‌بندی زیادی برای یک محیط تولیدی وجود دارد. نظیر: کارگاهی/دسته‌ای/پیوسته (Job/Batch/Continuous) و پیچیدگی/عدم اطمینان (Complexity/Uncertainty). بنابراین مرور بر برخی از این دسته‌بندی‌های متداول این ارزش را دارد که خطر قضاوت‌های ساده را در انتخاب مناسب نرم‌افزار نشان می‌دهد. بیش از ۲۰ نوع طبقه‌بندی ارائه شده است که در ادامه با برخی مهمترین‌ها آشنا می‌شویم.

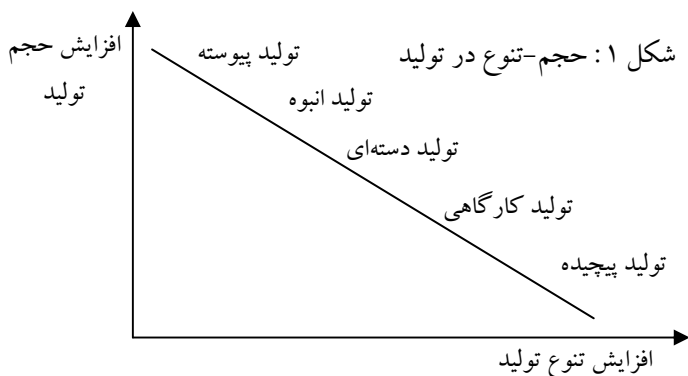
یکی از مشکلات شرکتهای در انتخاب نرم‌افزارهای کنترلی این است که نمی‌دانند خودشان را در مقابل طیفهای اندازه‌گیری در چه دسته‌ای قرار دهند.

۱) کارگاهی به پیوسته (Job to Continuous)

فعالیت تولیدی می‌تواند به عنوان مجموعه‌ای از کارهای به هم پیوسته دیده شود و این خود می‌تواند به دو دسته مجزا تفکیک گردد. (Brown et al (1996) می‌گوید که فرایند پیوسته غالباً در فرآیند تولید مواد شیمیایی بجای فیزیکی یا مکانیکی کاربرد دارد. با توجه به شکل ۱ به توصیف زیر بخشهای مجزای این نوع نگرش می‌پردازیم.

تولید کارگاهی

از ویژگیهای این نوع تولید، حجم کم تولید به دلیل درخواست پایین (مثلاً یکبار) و یا طولانی بودن دوره تکرار درخواست است. در این دسته، تنوع محصولات تولیدی زیاد است و پیش‌بینی تقاضای محصول بسیار سخت است. ظرفیت تولید کارخانه مشکل است تا با ترکیبی از محصولات در یک مدت زمانی تعریف گردد. مسیریابی در این نوع امکانات تولیدی بوسیله نیازهای تولیدی در تک تک محصولات دیکته می‌شود. چیدمان مرکز کار نیز بر



اساس فرآیندهای تولیدی است. از جمله نیازهای این دسته از تولید، نیروی کار بسیار ماهر و توانمند در استفاده از تسهیلات تولید انعطاف‌پذیر است که غالباً به عنوان کارگاه (job shop) معروف است. مثالی از این نوع تولیدات، تولید جامه و پوشاک‌های با مد بالا و نیز تولید تجهیزات سرمایه‌ای نظیر ابزار مخصوص برای یک مشتری خاص است.

تولید پیوسته و انبوه

از مشخصه‌های این نوع تولید (تولید پیوسته و انبوه)، حجم تولید بالا با تنوع کم در محصولات استاندارد است. تقاضا در کوتاه و میان مدت، ثابت است. تغییرات طراحی در طول عمر محصول، حداقل است. ظرفیت کارخانه قابل محاسبه است و بوسیله خروجی فرآیندهای گلوگاهی مشخص می‌شود. مسیریابی در بین تسهیلات تولید، ثابت است. چیدمان کارخانه مبتنی بر نیازهای محصول است. نیازهای این دسته از تولید از نظر مهارت نیروی کار در مقابل حالت کارگاهی، پایین‌تر است. از جمله مثالهای این نوع تولید، صنعت خودروسازی است.

تولید دسته‌ای

تولید دسته‌ای ادامه تولید کارگاهی است که به تولید پیوسته نزدیک است و از خصوصیات آن، حجم تولید کم یا متوسط و با تنوع محصولات در حد متوسط است [Brown et al 1996]. در این تولید برای ایجاد یک دسته کوچک از محصولات بوسیله چند عملیات، هر عملی نوعاً بر روی کل دسته انجام می‌شود قبل از آنکه عمل بعدی شروع شود. بسیاری از پیچیدگیهای تولید کارگاهی در محیط تولید دسته‌ای آشکار هستند. چیدمان ماشین‌آلات چند منظوره و انعطاف‌پذیر، بوسیله فرآیند دیکته می‌شود. پیش‌بینی تقاضا مشکل است و ظرفیت به ترکیب محصول در زمان وابسته است. اکثر محصولات تولید شده بوسیله تولید دسته‌ای، اینقدر تقاضا ندارند که هزینه سرمایه تولید انبوه - جایی که یک ماشین مخصوص برای تولید راه‌اندازی می‌شود - را راضی کنند.

تولید پروژه‌ای یا پیچیده

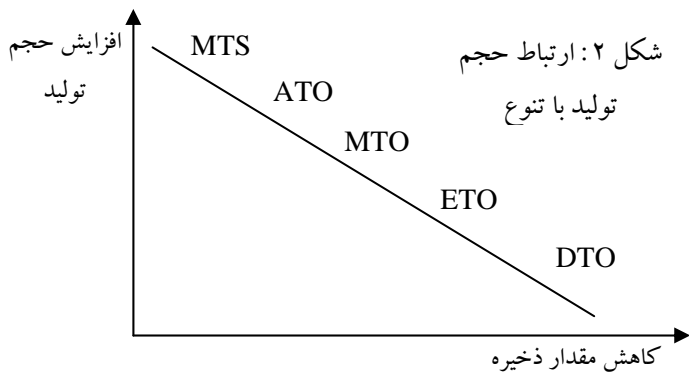
تولید پروژه‌ای یا پیچیده به تولید محصولات یگانه می‌پردازد. در این نوع تولید، تقاضای محصول بسیار پایین است و معمولاً پروژه‌ای انجام می‌شود و به همین دلیل نیز در بالاترین تنوع واقع می‌شود. (Hill 1991) تولید پروژه‌ای را تهیه کردن یک محصول یگانه تعریف می‌کند که به ورودیهای زیادی نیاز دارد تا برای تأمین نیازمندیهای مشتری به کار گرفته شوند.

ظرفیهای درون این دسته از تولید، متغیر و به جدول زمانی پروژه وابسته است. غالباً با مبنا قرار دادن جایگاه (سایت) مورد استفاده، ورودیها، منابع و فعالیتهای ضروری برای تولید یک محصول در طرح پروژه زمانبندی می‌شوند. برخی از ورودیهای پروژه بر روی سایت و در چارچوب زمانبندی پروژه تولید می‌شوند اما عمده ورودیها از بیرون تأمین می‌گردند تا بر روی سایت مونتاژ شوند که ممکن است هر یک از آنها توسط هر یک از دسته‌بندیهای دیگر تولید شده باشند. مواد در جریان ساخت در طول عمر پروژه زیاد می‌شود که در مراحل پرداخت مشتری توسط وی پرداخت می‌شود.

۲) تولید برای انبار در مقابل تولید / مونتاژ برای سفارش

انبار تولیدی برای ذخیره کردن محصول بین تولید و مشتری، ویژگی مسلط بر بسیاری از صنایع است در حالی که موفقیت در بخشهای دیگر بر واکنش به تقاضای مشتری قرار دارد. جهت‌گیری اصلی سرمایه‌گذاری تولید بر آوردن سریع تقاضای مشتری قرار دارد. برای بسیاری شرکتها، موفقیت آینده یا بقا به توانایی‌شان در ایجاد تعادل بین انبار و سرعت پاسخ‌گویی به بازار وابسته است. مکانیزم دسته‌بندی در اینجا، تعیین تفاوت بین انبارسازی و سفارش به سیستم‌های تولیدی است. در این مفهوم، سرمایه‌گذاری، پیشنهاد پنج دسته سیستم تولیدی می‌کند که عبارتند از:

- ساخت برای انبار (Make to Stock: MTS)
- مونتاژ برای سفارش (Assemble to Order: ATO)
- ساخت برای سفارش (Make to Order: MTO)
- مهندسی برای سفارش (Engineer to Order: ETO)
- طراحی برای سفارش (Design to Order: DTO)



دسته ساخت برای انبار (MTS) سیستم تولیدی را توصیف می‌کند که تقاضای آن برای یک طیف محصول کاملاً تعریف شده، پیش‌بینی یا شناخته می‌شود. ورود مشتریان خاص برای طراحی و تولید محصول خاص محدود می‌شود. اقتصاد اندازه اغلب منجر به بزرگ کردن حجم تولید محصول می‌شود. رضایت مشتری بر در دسترس بودن محصول در انبار قرار دارد که به

عنوان ذخیره‌ای در مقابل تقاضای نامطمئن عمل می‌کند. هزینه موجودی ذخیره شده بالاست بطوری که خطر یا ریسک کهنگی محصول بالاست و هر دوی اینها باعث افزایش قیمت نهایی محصول می‌شود.

در دسته مونتاژ برای سفارش (ATO)، اجزاء بر اساس پیش‌بینی تولید می‌شوند و ممکن است قطعات مونتاژ و در انبار موقت ذخیره شوند. محصول در محدوده‌ای از مشخصات در دسترس از انبار اجزاء و زیر مونتاژهای اساسی یا مازول‌ها بر اساس دریافت یک سفارش طبقه‌بندی می‌شود. تماس با مشتری اغلب بوسیله سازمان فروش یا یک آژانس سوم برقرار می‌شود. در یک سیستم واقعی مونتاژ برای سفارش هیچ ذخیره موقتی از محصول کامل وجود ندارد و زمان تحویل به در دسترس بودن ذخیره زیرمونتاژ از انبار وابسته است.

در دسته ساخت برای سفارش (MTO)، محصولات استاندارد از یک محدوده از پیش تعریف شده یا کاتالوگ، توسط مشتری یا آژانس‌هایی درخواست می‌شود. اگر چه مواد اولیه ممکن است خریداری و تولید برنامه‌ریزی شده باشد، اما تنها بعد از دریافت یک سفارش در کارخانه، تولید شروع می‌شود.

در دسته مهندسی برای سفارش (ETO)، محدوده‌ای از محصول استاندارد با دسترسی اضافی برای تغییرات و مشتری پسند کردن برای ایجاد یک درخواست، پیشنهاد می‌شود. تماس با مشتری‌ها اغلب به صورت مستقیم است و زمان‌های تحویل (lead time) به طراحی اضافی و زمان ساخت افزایش می‌یابند.

در دسته طراحی برای سفارش (DTO)، ناحیه‌ای از تخصص‌های عمومی بوسیله سازنده پیشنهاد می‌شود. محصول طراحی و ایجاد می‌شود تا نیازهای مشتری خاص را تأمین کند. با این تعریف، همه محصولات ساخته شده از این دسته، یگانه و با زمان تحویل زیاد هستند.

این شکل از دسته‌بندی می‌تواند به صورت پیوسته میان تولید ذخیره‌گرا و سفارش‌گرا به تصویر کشیده شود (شکل ۲ را ببینید). در واقعیت، بیشتر سازمانهای تولیدی به طور کامل در هیچ دسته‌ای نمی‌افتند. سیستم آنها، مرزهای مجازی این توصیفات را قطع می‌کند و عناصری از دسته‌های همسایه را نیز شامل می‌شود.

۳) پیچیدگی و عدم اطمینان

در گزارش مرکز مشاوره PA (۱۹۸۹)، با عنوان «ساخت برای دهه ۱۹۹۰»، استفاده از جدول تولید (ابزاری برای فکر کردن در مورد تجارت) توصیف شده است. یک ماتریس ۲×۲ (شکل ۳ را ببینید) سازمانهای تولیدی را از نظر ویژگیهای محصول و بازار و ارتباطشان با پیچیدگی‌ها و عدم اطمینان‌هایی که در سازمانها وجود دارد، دسته‌بندی می‌کند. یکبار که این دسته‌بندی انجام شد، معیارها و رقابت‌های ضروری برای فعالیت موفق در یک محیط تولیدی خاص، با استفاده از بحثهای روی جدول، توصیف و یا پرسش و پاسخ می‌شود.

PA پیچیدگی را توجه به حجم و تنوع محصولات، اجزاء، فرآیندها و منابع مختلف عرضه یا تأمین توصیف می‌کند. عدم اطمینان، به حجم و پایداری (stability) تقاضا و نیز درجه استحکام طراحی محصول توجه دارد.

چهار ناحیه مقایسه محصول، اینگونه تعریف می‌شوند:

۱) تجهیزات سرمایه‌ای (capital equipment)، که محصول در حد زیادی توسط مشتری تعیین می‌شود و همیشه در معرض تغییرات طراحی است و بسیار پیچیده است.

۲) کالاهای بادوام (durables) به طور معمول پایدار هستند و درجه تغییرات تقاضا و طراحی محدودی دارند ولی دوره عمرشان برای ارضای تغییرات بوجود آمده در بازار، کوتاهتر می‌شود و معمولاً مونتاژهای پیچیده‌تری از کالاهای معمولی (commodity) دارند.

۳) محصولات مد و کارگاهی (Fashion and jobbing products) عموماً پیچیدگی کمتری از دو مورد قبل دارند، اما به تقاضای شدیداً متغیر و طول عمر کوتاه وابسته هستند.

۴) محصولات معمولی (commodity products) که نسبتاً تقاضای پایدار و بادوام دارند و تغییرات طراحی آنها ناچیز است.

شکل ۳: پیچیدگی و عدم اطمینان

		پیچیدگی	
		زیاد	کم
عدم اطمینان	زیاد	تجهیزات سرمایه‌ای A	محصولات مد و کارگاهی B
	کم	کالاهای با دوام مصرفی C	کالاهای معمولی و محصولات با حجم بالا D

ع) ناحیه محصول (Product Sector)

شاید متداولترین و آخرین سیستم مفید دسته‌بندی که حداقل به سیستم‌های کنترل تولید مرتبط است، موردی است که نوع جنس محصول را توصیف می‌کند. به عنوان مثال: مواد شوینده، الکترونیک، البسه، کالاهای روزانه مصرفی و ...

سیستم‌های دسته‌بندی دیگر :

بدون هیچ توضیح اضافی، فقط نام برده می‌شوند:

۵) موضع نگاری صورت مواد (Bill of material topography)

(به عنوان مثال: حرف A نشانگر تعداد زیاد مواد خام با مقدار کم و متنوع است.)

۶) نقطه ویژه سفارش مشتری (Customer order decoupling point)

(نقطه‌ای در طول زنجیره تامین، وقتی که تولید، خاص یک مشتری می‌شود؛ کم = مواد اولیه کاملاً مخصوص سفارش

یک مشتری)

۷) تعداد اجزاء هر محصول نهایی در مقابل زمان بین واحدهای تولید شده (No. of components per end item vs time

(between manufactured units

[که ناظر بر مقدار مواد در جریان ساخت (WIP) است: مترجم]

۸) ارتباط شدت میان نیاز به سرمایه و نیروی کار (Relationship between intensity of capital and labour

(requirement

بسته به دید، ممکن است دسته‌بندی‌های زیاد دیگری نیز قابل طرح باشد.

رویکردهای جاری برنامه‌ریزی

در این بخش، رویکردهای متداول برنامه‌ریزی و کنترل تولید به صورت مختصر مرور می‌شود:

درست سروقت (Just in Time: JIT)

JIT هم یک فلسفه است و هم یک تکنیک برنامه‌ریزی و کنترل تولید. بیشتر افراد معتقدند که این رویکرد به طور سنتی در محیط‌های با محصول و فرآیند ساده، بهترین کاربرد را دارد اگر چه هم اکنون کاربردهای موفق آن می‌تواند در محیط‌های تولیدی غیر تکراری و پیچیده‌تر نیز دیده شوند. بهترین کاربرد تکنیک‌های JIT در محیط‌های تولیدی تکراری (repetitive) یا پیوسته و جریانی (flow)، به خصوص در FMS یا تولید سلولی که تقاضای توافقی می‌تواند ایجاد شود، دیده می‌شود. به طور خلاصه JIT با کشیدن (pull) مواد اولیه برای پردازش کار می‌کند، آن هم از طریق زمانبندی رو به عقب (back-scheduling) بر فرآیندهای پیش‌رونده یا عقبی.

کارتهای کابنان اغلب برای مکانیزم کنترل استفاده می‌شوند که سیگنال کنترلی را (یک کارت یا یک بدل الکترونیکی) به عنوان ماشه فعال کننده به فرآیند عقبی می‌فرستد تا فوراً فرآیند جلویی (پس‌رونده) را تغذیه کند. موفقیت زمانی است که بافر حین کار به طور کامل قبل از رسیدن محموله جایگزین، مصرف نشود.

کاربرد موفق تکنیک JIT نیازمند پیش‌شرط‌های خاصی است که در اینجا برمی‌شماریم. معمولاً فرآیندهای متصل، برای جریان مواد، تراز شده‌اند و کمی ظرفیت اضافه نیاز دارند تا وقایع غیرمنتظره را در جریان کار حل کنند. همه تأمین کنندگان (چه بیرونی و چه فرآیندهای درونی سازمان) بایستی قابل اعتماد (reliable) باشند. به عنوان محرک اولیه، برخی شکلهای برنامه‌ریزی مورد نیازند تا نرخ جریان و ترکیب کارها ایجاد شود. این اغلب بوسیله MRP یا شکل ساده‌ای از زمانبندی ایجاد می‌شود.

PERT و CPM

این رویکرد برای فرآیندهای تولید محصولاتی که کم، بزرگ، دارای قطعات خاص و دوره زمانی زیاد هستند، بهترین رویکرد است. فرآیند ضرورتاً باید پشت سر هم باشد (یعنی تا فعالیتی به اتمام نرسد، فعالیت دیگری نمی‌تواند شروع شود). البته برخی فعالیتها می‌توانند به طور مستقل موازی با هم انجام شوند. مشخصات این رویکرد برنامه‌ریزی و کنترل عبارت است از:

- به طور معمول هزینه راه‌اندازی (setup) بالاست.
- اغلب از تکنولوژی پایین اما با نیروی کار بسیار ماهر استفاده می‌شود.
- زمان تحویل زیاد است (شاید سال و نه ماه)
- اتصال فرآیندها پیچیده است.
- استفاده از پیمانکاران از ویژگیهای معمول این رویکرد است و کنترل فرآیندهای پیمانکاران معمولاً با سختی انجام می‌شود.

زمانبندی بر مبنای محدودیت (Constraint based scheduling: CBS)

بسیاری از محیط‌های تولیدی، دارای محدودیت یا گلوگاه‌هایی در ساختار فرآیندهایشان هستند. آقای گلدراٹ (Goldratt) در کار در خور تحسینش، رویکردی شناسایی کرد که می‌گوید:

- (۱) گلوگاه‌ها وجود دارند.
 - (۲) قدم‌هایی باید طی شود تا عملیات درون گلوگاه در همه زمانها سرپا نگه داشته شود.
 - (۳) دیگر منابع غیر گلوگاهی بایستی فقط در زمان نیاز برای خدمت‌دهی به محدودیت کار کنند.
- به طور خلاصه، یک «گلوگاه» همیشه در ساختار فرآیند وجود دارد. تکنیک برنامه‌ریزی عبارت است از تعیین گلوگاه، زمانبندی عملیاتش بر اساس تاریخ تحویل و اطمینان از اینکه خروجی واقعی (throughput) به حداکثر می‌رسد و زمانبندی دیگر عملیات به گونه‌ای است که جریان کار گلوگاه برپا و محفوظ بماند. عملیات قبل از گلوگاه، زمانبندی رو به عقب می‌شوند و عملیات بعد از آن، زمانبندی رو به جلو می‌شوند.
- یکی از دلایلی که چرا CBS به طور وسیع بکار گرفته نشده، این است که اصولش به شدت حسی و شهودی هستند. در این دیدگاه، نه راه‌اندازی یک مرکز کار و نه داشتن زمان بیکاری برای همه کارها، هیچکدام با فرهنگ مدیریت تولید مغایر نیستند به طوری که اغلب فشار خردکننده‌ای برای راه‌اندازی یک فرآیند وجود دارد. به عنوان مثال: «باز یافت سربارها، بهبود کارایی، و پایین آوردن موجودی در مقابل اوج تقاضا»

زمانبندی جریان فرآیند (Process Flow Scheduling: PFS)

فلسفه این رویکرد بر ساختار فرآیند بجای ساختار محصول - که اساس MRP است - استوار است. به علاوه، این مفهوم به عنوان نتیجه ناتوانی رویکرد MRP در انجام عملیات با اندک کارایی در محیط‌های فرآیندی است. اینجا مسئله برنامه‌ریزی و کنترل به تغییرات زیاد تقاضا توجه دارد، شاید با نظر به منبع تغییرات، و جایی که جوابهای تقریبی سریع برای دسترسی به محصول، خیلی ارزشمندتر از راه‌حل‌های دقیق هستند تصمیمات متعادل بین دسترسی به منبع و/یا استفاده‌اش، در مقابل هزینه‌های عملیاتی، خدمات به مشتری و شاید هزینه‌های ترابری، اینقدر پیچیده هستند که راه‌حل‌های دقیق بی‌ارزشند و در چنین شرایطی، هر ارزیابی همانطور که محاسبه می‌شود، مورد تغییر نیز واقع می‌شود.

این رویکرد برای برنامه‌ریزی، ویژگیهای زیر را دارد:

- برنامه‌ریزی و زمانبندی در یک توالی عمومی و سلسله مراتبی نظیر MRP انجام می‌شود اما از منطق زمانبندی ظرفیت محدود استفاده می‌شود.
- در PFS در محیط‌های تولیدی با حجم بالا، نزدیک به تکرار و با خانواده نزدیک به هم، خیلی موفق شناخته شده است. نوعاً هزینه‌های پایین واحد کالا، BOM غیر پیچیده، مفید بودن اجرای طولانی و وابستگی‌های راه‌اندازی (setup) و توالی (sequence)، از عناصر کلیدی زمانبندی «کارا» هستند.
- فرآیند بایستی به صورت جریانی قابل شناسایی باشد که گذرگاه همه تولیدات از آن مراحل به هم متصل شده است.
- فرآیند اغلب دارای تکنولوژی بالاست و نیروی کار با مهارت کم/متوسط می‌خواهد.

برنامه‌ریزی منابع ساخت و مشتقاتش (Manufacturing Resource Planning: MRP)

به طور خلاصه، MRP به صورت زیر توصیف می‌شود:

- فلسفه‌اش بر ساختار محصول استوار است. جریان تولید از طریق مسیریابی و صورت مواد (BOM)، مدل می‌شود.
- اغلب به عنوان سیستمی «فشاری» (push) توصیف می‌شود که از تاریخ‌های تحویل پایانی از طریق ساختار محصول زمانبندی رو به عقب انجام می‌دهد.
- MRP برای محیط‌هایی که کنترل مواد، پیچیده است، بسیار مناسب است. به عنوان مثال تولید محصول پیچیده، وجود امکان تولید از راه‌های مختلف، مشکل تشخیص دادن بسیاری از خصوصیات جریانی متداول.
- برای محیط‌هایی که محصولات جدید، مرتباً معرفی می‌شوند، قطعات مشترک بسیار زیاد است، اجزاء دارای زمان تحویل طولانی هستند، دوره عمر محصول برخی اوقات نامعین است، تغییر مشخصات مرتباً انجام می‌شود، افزایش در تنوع محصول وجود دارد، کیفیت خروجی وابسته به تنوع است، MRP مناسب است. این آشفتگی‌ها که اغلب کنترل آنها مشکل است، باعث زمانبندی مجدد نیز می‌شود.
- نظارت بر جریان کار (مواد در جریان تولید (WIP)، وضعیت کار، زمان تحویل و ...)، هسته این تکنیک است.
- برنامه‌ریزی مواد یا مبتنی بر زمان (time-phased) - از طریق نقطه سنتی سفارش مجدد یا سیستم‌های تقاضای وابسته نظیر برنامه‌ریزی نیازمندی‌های مواد (معروف به MRP کوچک) - است یا مبتنی بر نرخ (rate-phased) - شبیه آنچه برای PFS وجود دارد -.

زمانبندی ظرفیت محدود (Finite Capacity Scheduling: FCS)

توسعه‌های اخیر FCS شامل تلاش‌هایی است برای زمانبندی فهرست‌های کار-به (work-to list) که از ابزارهای برنامه‌ریزی سطح بالاتر نظیر MRP مشتق می‌شوند. با منطق MRP، زمانبندی کلان تولید (MPS) در رویکرد ظرفیت محدود استفاده می‌شود تا یک برنامه شدنی ایجاد شود. بسیاری عرضه‌کنندگان MRP با پیشنهاد ماژول FCS که تحت موتور MRP کار می‌کند بر خریداران منت می‌گذارند، چرا که دید کوتاه مدت بیشتری را به کاربر می‌دهد. این موضوع در روزهای اخیر با FCS تنها، در رقابت است. اکنون مشخص شده است که منطق FCS اساساً از MRP متفاوت است و با داشتن قدرت محاسباتی پیشرفته، صلاحیت زمانبندی دقیق و تقریباً بدون نیاز به جزئیات برنامه‌ریزی سطح بالاتر را دارد. تعداد راه‌حل‌های نرم‌افزاری نیز رو به رشد است که اساساً هدفشان به ناحیه‌ای خاص قرار دارد (نظیر مواد خوراکی و نوشیدنی، ...) که نیازی به منطق MRP برای اجرای آن نیست و منبع داده‌هایی که فراهم می‌شود (داده منابع، صورت مواد (BOM)، مسیرها و ...) در مدل زمانبندی قرار می‌گیرد و یا اینکه می‌تواند بوسیله آن دسترسی یابد.

ارتباط دیدگاه‌های دسته‌بندی و رویکردهای برنامه‌ریزی

حال به تحلیل این موضوع می‌پردازیم که چگونه تکنیک‌های فوق، سیستم‌های مختلف دسته‌بندی تولید را به تصویر می‌کشند و اگر سازگاری بین آنها وجود داشته باشد که چند درجه انتخاب رویکرد مناسب کنترل و برنامه‌ریزی را راحت و معتبر می‌کنند.

وولمن و همکاران (Vollman et al. 1994) پیشنهاد می‌کنند که یک رویکرد برنامه‌ریزی و کنترل تولید کارخانه بایستی یک مجموعه یکپارچه متشکل از رویکردی مناسب به MPS باشد، چه با MRP مبتنی بر زمان و چه MRP مبتنی بر نرخ، که همراه با یک رویکرد کنترل کف کارخانه یا با MRP و یا با JIT باشد. در زمینه MPS، ایشان پیشنهاد می‌کنند که انتخاب بین ATO، MTO و MTS قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر وضعیت ATO/MTO/MTS، تعیین‌کننده رویکرد برنامه‌ریزی است. برای بیشتر سازمانها (بجز در مورد ETO)، این نکته مستدل در نظر گرفته شود که بازار و فرآیندهای تولید، وضعیت ATO/MTO/MTS را دیکته می‌کنند. بسیاری از سازمانها تنها علاقمند به تولید برای سفارش (MTO) هستند، چرا که عدم اطمینان را می‌کاهد. بسیاری نیز در جستجوی افزایش عنصر سفارش محوری بجای انبار محوری در تولید از طریق رویکردهایی شبیه موجودی مدیریت شده در تأمین‌کنندگان هستند.

تیلور و بولاندر (Taylor and Bolander 1994) ترجیح می‌دهند تا تولید را بر اساس موقعیتش در پوشش دادن محیط‌های کارگاهی (jobshop) در میان محیط‌های جریان (flowshop) تحلیل کنند. آنها معتقدند که می‌توان همه کارخانه‌ها را در جدولی قرارداد که محورهایش بر اساس خصوصیات کار و جریان است و نیز جدولی که محورهایش بر اساس تولید محصول گرا و فرآیند گرا است. بطور مشخص، هیچ سیستم برنامه‌ریزی به خوبی بر یک محیط تولیدی منطبق نمی‌شود (با یک گل هم که بهار نمی‌شود) اما ترکیب بهینه برای یک محیط می‌تواند وجود باشد.

این موضوع معانی مهمی در زمان در نظر گرفتن توسعه استراتژیک کارخانه‌ها دارد. یک سیستم برنامه‌ریزی و زمانبندی خوب ممکن است وقتی که جهت‌گیری بازار آن کارخانه (برای مثال: مشتری‌ها، عرضه محصول) تغییر کند، نامناسب شود. به طور عملی هر سازمانی دوست دارد که به طور پیوسته از کار تکی و مستمر به سمت بهره‌برداری از مزایای اقتصاد اندازه‌ها حرکت کند، اما در همان زمان هر سازمانی به دنبال مشتری پسندی بیشتر است تا محصولات متفاوتی را به مشتریانش بدهد. در اینجا مشتری‌پسندسازی مجازی یا انبوه (مثلاً در خودروها)، میانگینی معمول است.

به طور مشخص، دسته‌بندی‌های به صورت کدهای دسته‌بندی صنعتی استاندارد (SIC)، اصلاً مناسب نیستند. حتی توصیف‌های عمومی نظیر «لوازم الکتریکی مصرفی، خودرو و ...» در هیچ دسته مشخصی از سیستم‌های برنامه‌ریزی و زمانبندی قرار نمی‌گیرند.

موفقیت‌هایی در بکارگیری دسته‌بندی ساختار BOM بخصوص در بازار ابزارهای FCS وجود داشته است (Harrison, 1994). به علاوه، برخی مشاورین از این رویکرد برای کمک به انتخاب بسته نرم‌افزاری مناسب در یک محیط خاص استفاده می‌کنند. در این رویکرد، زمانبندی‌کننده‌ها (scheduler) به چند دسته تقسیم شده‌اند: زمانبندی‌کننده‌های مبتنی بر نرخ استفاده (rate-of-use)، زمانبندی‌کننده‌های سفارش کار (post-works order) و زمانبندی‌کننده‌های ساختارمند (structured) که هر نوع آنها به یک ساختار BOM تخصیص داده شده‌اند. مثالهای

خوبی از موفقیت رویکرد FCS وجود دارد. به نظر می‌رسد که سنگین‌ترین تمرکزها بر کالاهای مصرفی با سرعت زیاد (Fast Moving Consumer Goods (FMCG)) و صنایع فرآیندی متمرکز است. یک تولیدکننده ابزارهای برقی و ابزارهای باغبانی برقی، یک زمانبندی‌کننده با نتایج خوب نصب کرده است که در دسته‌بندی FMCG قرار ندارد. شاید این نکته نشان می‌دهد که این ناحیه، یک بازار است و راهی است که در آن کارخانه‌ای برای سازماندهی خودش، در خدمت‌دهی به آن بازار خاص انتخاب می‌شود. این یک معیار مهمتر سیستم برنامه‌ریزی و زمانبندی تولید از دیگر دسته‌بندی‌های ساده است. همانطور که قبلاً نیز ذکر شد یک رویکرد مناسب برای انتخاب سیستم برنامه‌ریزی و زمانبندی در این حیطه وسیع از محیط‌های تولیدی وجود ندارد و در برخی نواحی تولیدی، ترکیبی از رویکردها می‌تواند مناسب و موفق باشد. به عنوان مثال یک تولیدکننده مواد پاک‌کننده از MRP در ارتباط با زمانبندی محدود، برای زمانبندی کوتاه مدت در کنترل عملیات کوتاه و متوسط مدت استفاده می‌کند. ایشان برای عرضه محصولات جدید به بازار از نرم‌افزارهای کنترل پروژه برای کنترل پیشرفت پروژه و حوادث کلیدی استفاده می‌کنند. در این جنبه MRP و زمانبندی محدود مفید نیست. بنابراین در حالی که کنترل تولید «رویتن» از طریق زمانبندی مبتنی بر نرخ بدست می‌آید، «عرضه محصول جدید» از طریق تکنیک‌های برنامه‌ریزی پروژه کنترل می‌شود.

موقعیت کارخانه در طول عمر محصولش به مقدار زیادی به سیستم برنامه‌ریزی و زمانبندی وابسته است. Raltson, 1996 معتقد است که در طول مراحل «رشد و نزول» محصول، ترکیبی از MRP و JIT برای کنترل برنامه‌ریزی و زمانبندی مناسب است، در حالی که در طول مرحله «ثبات»، زمانبندی مبتنی بر نرخ مناسب است. از این موضوع برمی‌آید که در طول رشد فروش، استفاده از MRP نادرست است چرا که همه پارامترهای اندازه‌دسته، زمان پردازش و غیره به طور پیوسته در حال تغییر هستند و باعث نیاز به تنظیم دوباره سطوح ذخیره، نقاط سفارش مجدد و مقدار سفارش مجدد می‌شوند. در این شرایط بدون یک نظم مناسب و مدیریت داده‌ها، کنترل به آسانی از دست می‌رود.

بنابراین هیچ یک از مکانیزم‌های پذیرفته شده برای تعریف دسته‌بندی تولید، یک علامت یا نشانگر یگانه برای انتخاب «صحیح» سیستم کنترل تولید یا بهترین سیستم برنامه‌ریزی و زمانبندی بدست نمی‌دهد (جدول ۱ را ببینید). مطمئناً انتخاب یک سیستم کنترل بر مبنای آنچه که دیگر اعضای صنعت استفاده می‌کنند، یا نوع محصول، یا هر یک از مکانیزم‌های توصیف شده فوق برخلاف ادعای تولیدکنندگان نرم‌افزار موفقیت‌آمیز نیست.

به منظور کسب بهترین درک از «مناسبترین» رویکرد برنامه‌ریزی و زمانبندی، یک کارخانه به فهم و درک فرآیندهای تجاری اصلی‌اش - هم، آنهايي که در حال حاضر مهم هستند و هم، آنهايي که در آینده در جهت‌گیری استراتژیک سازمان قرار می‌گیرند - نیازمند است. سیستم کنترل مطلوب از تعدادی بلوک‌های ساختمانی (اجزاء فرآیندی سازمان) تشکیل می‌شود که برای خودشان عمومی هستند اما در ترکیب با یکدیگر برای هر کارخانه‌ای یگانه می‌شوند. بر این اساس پیشنهاد می‌شود که این ترکیب نیازی ندارد تا بر اساس تولید کارخانه مشخص گردد که مثلاً MTO است یا MTS، یا اینکه تولید فرآیندی است یا کارگاهی.

صرف نظر از این مطالب، مباحثات فوق، مؤلفین مقاله را برای تحقیق در اینکه «چه محرکهایی بایستی در رویکرد برنامه‌ریزی و زمانبندی تعیین شود» برانگیخت. از طریق درک فرآیندهای تجاری کلیدی - درگیر شده در تعدادی از محیط‌های تولید - و ایجاد تعدادی مدل‌های مرجع، می‌توان به ایجاد یک معماری یگانه در بازار خاص خود دست یافت. تحلیل اجزای تجاری اصلی می‌تواند از طریق بکارگیری قوی نرم‌افزارهای مدل‌سازی فرآیند انجام شود.

با عین استفاده از ابزارهای نرم‌افزاری برای مدل‌سازی فرآیندهای تجاری، باز هم تعداد قابل توجهی از دیگر خصوصیات تجاری مهم می‌تواند در نظر گرفته نشود، به عنوان مثال: ارزش افزوده زمان در مقایسه با کل زمان تحویل، زمانی که یک سفارش در قسمتهای مختلف پردازش صرف می‌کند، تعیین فعالیت‌های تکراری و غیرضروری و غیره.

جدول ۱: جدول مقایسه دیدگاه‌های دسته‌بندی و رویکردهای برنامه‌ریزی

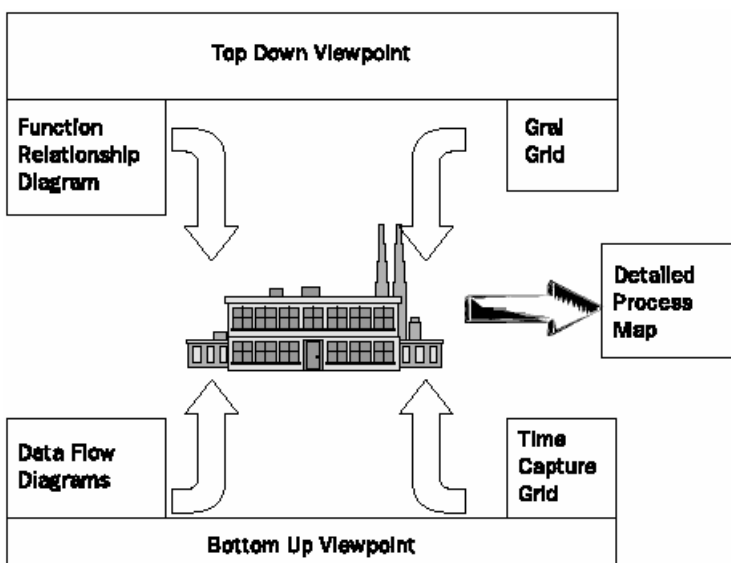
Mechanism type	PERT/CPM techniques	MRP systems	MRP/JIT systems	Shopfloor scheduling	Process scheduling
1	Complex	Jobbing	Batch	Mass	Continuous
2	DTO/MTO	MTO	MTO/MTS	MTS/ATO	MTS
3	Uncertainty high Complexity low	→	→	→	Uncertainty low Complexity high
4		Engineering environments	?	?	Food and drink General process
5	A	A, V	A, V, T, X	A, T, X, I	I
6	Many components Long intervals	→	→	→	Few components Short intervals
7	WIP low	→	→	→	WIP high
8	Capital low Labour high	High	Low	Low	Capital high Labour low

برنامه تحقیقاتی

روش

طیفی از شرکت‌های مورد مطالعه که به پرسشنامه پاسخ دهند برای ایجاد متغیرهای مفهومی و عملیاتی جمع خواهند شد. مدل پیچیدگی/عدم اطمینان PA با گروه‌بندی کردن بر اساس نوع محصول استفاده خواهد شد. هر کارخانه مورد مطالعه منوط خواهد بود به ایجاد تصویری قوی از فرآیند تکمیل سفارشش، با بکارگیری ترکیبی از IDEF، GRAI GRIDS (Doumeingts et al., 1993) و ابزار مدل‌سازی (Scheer, 1994) ARIS. مورد اخیر اکنون به صورت وسیعی برای ارزیابی پیکره سیستم‌های ERP استفاده می‌شود.

شکل ۴: روش مدل‌سازی

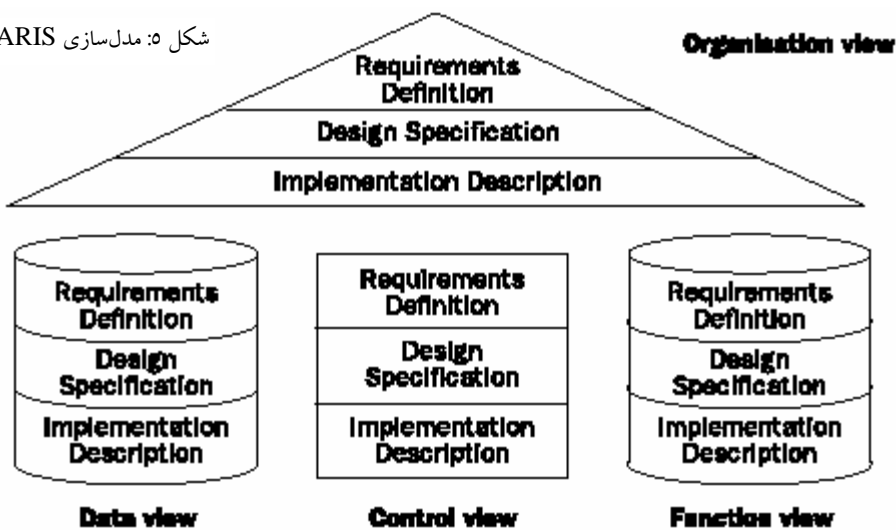


مراحل اساسی در این فرآیند (که در شکل ۴ نشان داده شده است) به صورت زیر است:

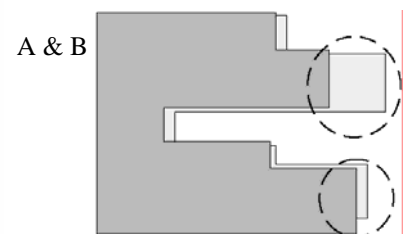
- استفاده از رویکرد «بالا به پایین» برای مرور بر ساختار شرکت، استراتژی و عملیات با استفاده از:
 - نمودار ارتباط وظیفه‌ای
 - GRAI GRIDS برای بیان فرآیندهای تصمیم‌سازی
 - نمودار سازمانی
- استفاده از رویکرد «پایین به بالا» برای تعیین زیرفرآیندها و

- مشخصات، بوسله ایجاد یک نمودار جریان داده (DFD) برای نمایش جریان منابع و کاغذهای کاری یا دستورات صفحه نمایش از فعالیتی به فعالیت دیگر در هر فرآیند، مطابق با روش IDEFO.
- (۳) ایجاد جداول تسخیر داده‌ها برای تفصیل دادن به همه فعالیت‌های زیرفرآیندها.
- (۴) ممیزی و تایید مدل‌هایی که با ورودی به مطالعات کارخانه ایجاد می‌شود.
- (۵) وارد کردن اطلاعات فوق به ARIS و ایجاد مجموعه‌ای از مدلها.
- (۶) ایجاد تصویر فرآیند برنامه‌ریزی و زمانبندی برای مطالعات کارخانه با استفاده از ARIS و اعتبارسنجی آن با کارخانه.
- (۷) ایجاد یک سری از تصویرهای فرآیند از مطالعه شرکت‌های مختلف در یک بخش انتخاب شده.
- (۸) ایجاد یک مدل مرجع برنامه‌ریزی و زمانبندی اولیه برای آن نوع شرکتها از تصاویر فرآیندهای مطالعات کارخانه در بخش انتخاب شده.
- (۹) بدست آوردن یک روش ممیزی شرکتها بر پایه قدم‌های ۱-۵ که رویکرد جاری برای برنامه‌ریزی و زمانبندی را امتحان کند و اختلافات را با مدل مرجع تعیین نماید. شکل ۵ با استفاده از ابزار تصویرسازی فرآیند (ARIS)، تفاوت‌های میان فرآیندهای تجاری شرکت مورد نظر را نشان می‌دهد. مدل مرجع می‌تواند درشت‌نمایی شود و برای توضیح تفاوت‌های درون رویکردها متناسب با برنامه‌ریزی و زمانبندی استفاده گردد.
- (۱۰) تعیین تفاوت‌های کلیدی (نظیر شکل شماتیک ۶) و در صورت مناسب بودن، ارزیابی گزینه‌های بهبود، و حرکت به سوی یک معماری یگانه برای آن شرکت که از طریق آن، برنامه‌ریزی و زمانبندی و بنابراین انتخاب نرم‌افزار سیستم کنترل، پایه‌گذاری می‌شود.
- بر اساس رویکرد فوق، این انتظار می‌رود که یک شرکت بجای آنکه نرم‌افزارش را بر اساس انتخاب دیگر شرکت‌های هم حوزه‌اش خریداری کند، قادر باشد تا مناسبترین سیستمی که با محرک‌های خاص تجاری‌اش، روش‌های عملیاتی و ... مطابقت دارد را انتخاب کند. این روش به شرکت‌های کوچکتر این امکان را می‌دهد تا نیازمندی‌هایشان را بدون نیاز به تجربه تصویرسازی طولانی فرآیند که اغلب نصب سیستم‌های مهم ERP را به همراه دارند، ارزیابی کنند.

شکل ۵: مدل‌سازی ARIS



شکل ۶: شکل شماتیک ارزیابی



نتایج

تحقیقات اخیر (Little et al., 1997) نشان داده است که در حالی که سیستم‌های کنترل تولید با منطق MRP در نواحی تولیدی انگلستان، بسیار متداول است، هنوز در بسیاری موارد این سیستم در عرضه مزایای مورد انتظار شکست می‌خورد و تقریباً در محیط‌های با فرآیندهای حجم بالا بی‌فایده است. در این محیط، ابزارهای زمانبندی ظرفیت محدود اغلب با موفقیت خوبی استفاده می‌شدند و حتی هنوز شرکت‌هایی بر اساس عملکرد شرکت‌های تولیدی مشابه در به‌کارگیری چنین سیستم‌هایی، اقدام به نصب همان سیستم‌های نرم‌افزاری می‌کنند.

در دهه گذشته، سیستم‌های ERP از MRPII منتج شدند که با بازار تحت سیطره شرکت‌های BAAN، SAP و ORACLE همراه بود. این، نکته قابل توجهی است که این سیستم‌ها برای سازمان‌های بزرگ هدف‌گذاری شده بودند و بنابراین با پیاده‌سازی بسیار طولانی و با هزینه‌های نصب هنگفت مواجه می‌شدند. رویکرد بکار رفته بوسیله این شرکت‌ها، تحلیل تفصیلی فرآیند تجاری و بیکره‌بندی پیوسته مدل ERP برای انعکاس این معماری فرآیند بود. همینطور که تعداد نصب این نرم‌افزارها زیاد می‌شد، نیاز به تحلیل عمیق شرکت‌ها کاهش می‌یافت، چرا که کتابخانه نصب‌های قبلی راه ایشان را کوتاه‌تر می‌کرد.

متأسفانه در زمان حاضر، سازمان‌هایی که نمی‌توانند به سیستم‌های ERP روی آورند و یا به آن احتیاج ندارند، هنوز بایستی از بازار MRP عمومی، نرم‌افزار خود را انتخاب کنند که با توصیه‌های یک‌جانبه پدیدآورندگان آنها همراه است. نویسندگان مقاله - که بر اساس برنامه تحقیقاتی حاضر در حال کاوش هستند - معتقدند که یک تحلیل ساده شده از فرآیند تجاری - که انجامش توسط خود شرکت‌ها امکان‌پذیر باشد - انتخاب بهتر و آگاهانه نرم‌افزار را اجازه خواهد داد. این کار از مسیر کسب درک و فهم فرآیندهای کلیدی کسب و کار حاصل خواهد شد و نه از خرید نرم‌افزار استاندارد یک بخش صنعتی.

منابع:

Browne, J., Harhen, J. and Shivnan, J. (1996), Production Management Systems, 2nd edition, Addison-Wesley.
Doumeings, G., Chen, D., Vallespir, B. and Fenie, P. (1993), GIM (GRAI Integrated Methodology) and Its Evolutions - A Methodology to Design and Specify Advanced Manufacturing Systems, IFIP, pp. 101-17.
Harrison, M. (1994), "Finite capacity moves to the heart of MRPII", Manufacturing Systems, May, pp. 12-16.
Hill, T. (1991), Production/Operations Management; Text and Cases, Prentice-Hall.
Kenworthy, J.G., Little, D., Jarvis, P.C. and Porter, J.K. (1992-1994), SERC/ACME Grant GR/H/20473; Investigation of Best Practice in Shortterm Scheduling, University of Liverpool.
Little, D., Gavin, C., Hodgson, N. and Guenaoui, D. (1997), "Survey of SME information systems for planning and operations, CONTROL", Institute of Operations Management, No. 5, June, pp. 17-20.
PA Consulting Group (1989), "Manufacturing into the late 1990s", HMSO ISBN 0-11-515206-7, London.
Ralston, D. (1996), "A brief history of manufacturing control systems", Control (publication of the Institute of Operations Management), Parts 1-4.
Scheer, A.W. (1994), Business Process Engineering, Reference Models for Industrial Enterprises, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg ISBN 3-540-58234-7.
Taylor, S.G. and Bolander, S.F. (1994), Process Flow Scheduling, APICS.
Vollmann, T.E., Berry, W.L. and Whybark, D.C. (1994), Manufacturing Planning & Control Systems, 4th edition, Irwin.
Wild, R. (1980), Production Operations Management, 2nd edition, Holt, Rinehart and Winston.