بررسی تاثیر تکنولوژی گروهی
بر کارایی سیستم تولید با استفاده از شبیه سازی

ابوالفضل کزازی[۱]

علیرضا منصوری[۲]

چکیده

این مطالعه به بررسی تاثیر تکنولوژی گروهی بر کارایی سیستم تولید می‌پردازد. کارایی سیستم تولید بر مبنای شاخص‌های متوسط زمان تولید قطعات، متوسط زمان‌های تنظیم، میانگین کار درجریان فرایند و تعداد ماشین آلات مورد نیاز دردوسیستم تولید سفارشی وتکنولوژی گروهی مورد مقایسه قرار می گیرد. برای این منظور قطعات بر اساس تشابهات موجود درمراحل وتوالی عملیات تولیدی آنها و براساس روش دسته بندی به ترتیب رتبه به خانواده‌هایی تقسیم گردیده‌اند. سپس سلول‌های تولیدی برای تولید هر یک از این خانواده‌ها مدل‌سازی و شبیه سازی شده است. نتایج بدست آمده از اجرای مدل‌های شبیه سازی شده نشان ازکاهش متوسط زمان تولید قطعات، متوسط زمان‌های تنظیم و میانگین کار در جریان فرایند در اثر به‌کارگیری تکنولوژی گروهی دارد. اما تأثیرتکنولوژی گروهی برکاهش تعداد

---

۱. عضو هیات علمی و رئیس دانشکدهٔ مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طبا طبایی

۲. مدرس موسسه آموزش عالی شیخ بهائی

ماشین‌آلات مورد نیاز تأیید نمی‌گردد. بررسی دقیق‌تر نتایج بدست آمده نشان می‌دهد هرچند در تغییر سیستم به سمت تکنولوژی گروهی نیاز به سرمایه‌گذاری برای ماشین آلات جدید می باشد اما میزان ظرفیت‌های ایجادشده در اثر اضافه کردن این ماشین‌ها افزایش می‌یابد و میزان ظرفیت ایجاد شده و درصد تحقق آن رابطه زیادی با ترکیب محصولات وسفارشات جدید و تغییرپذیری در ترکیب محصولات خواهد داشت

واژه‌های کلیدی

تکنولوژی گروهی ، تولید سلولی ، کارایی سیستم تولید ، تجزیه و تحلیل جریان تولید ، متوسط زمان تولید ، متوسط زمان‌های تنظیم ، میانگین کار در جریان فرایند.

۱- مقدمه

تکنولوژی گروهی به عنوان یک سیستم تولید یا یک مفهوم، فلسفه یا استراتژی برای بالا بردن کارایی فرایندهای تولیدی معرفی گردیده است. شرکت‌های صنعتی لزوم ایجاد فرایندها و سیستم‌های تولیدی با کارایی بالاتر را در خود حس نموده‌اند تا اولاً با کاهش هزینه‌های تولید و افزایش کیفیت محصولات، توانایی رقابت با سایر تولیدکنندگان و ورود به بازارهای رقابتی را داشته باشند و ثانیاً با ایجاد انعطاف‌پذیری لازم در فرایندهای تولیدی خود، توانایی واکنش سریع نسبت به تغییرات بازار را در خود بوجود آورند. در این شرایط تغییر و اصلاح فرایندهای تولیدی با اتخاذ مفاهیم تکنولوژی گروهی می تواند سطح بالایی از انعطاف پذیری را همراه با کاهش در هزینه های تولید و افزایش کیفیت محصولات بوجود آورده و منجر به بهبود وضعیت رقابتی برای شرکت گردد. لذا به‌کارگیری مفاهیم تکنولوژی گروهی و تغییر سیستم تولید شرکت به سمت تکنولوژی گروهی و استقرار سلولی با توجه به وضعیت و موقعیت یک شرکت خاص می تواند نتایج متفاوتی را ایجاد نماید و در صورت وجود پتانسیل‌های مورد نیاز، یک شرکت را در جهت ایجاد

توانایی لازم برای رقابت و ایجاد شرایط مناسب برای طرح‌های توسعه و دریافت سفارشات جدید در مراحل طراحی و تولید یاری رساند.

تکنولوژی گروهی استفاده از تشابهات موجود در قطعات برای طراحی و تولید بهتر محصولات است که این تشابهات ممکن است از لحاظ طراحی قطعه (شکل، اندازه) یا تولید قطعه (توالی مراحل عملیات تولید) باشند (گلشنی ،۱۳۷۲). تکنولوژی گروهی با تشکیل خانوادهٔ قطعات آغاز می‌گردد و سپس هریک از خانواده‌های تشکیل شده درون سلول‌هایی که از ماشین‌های غیرمشابه تشکیل شده‌اند پردازش و تولید می‌شوند (Burbidge,1996).

تکنولوژی گروهی در صنایعی که محصولات متنوع با استفاده از سیستم‌های تولید سفارشی و پردازش دسته‌ای تولید می‌شود کاربرد دارد. بدین ترتیب که با ایجاد سلول‌های تولیدی و تبدیل استقرارهای فرایندگرا یا وظیفه ای به یک سری استقرار محصول‌گرا یا خطی، به تولید هر یک از خانواده‌های قطعات مشابه درون یک سلول می پردازند (Frazier & Spriggs,1996).

۲- بازنگری ادبیات تکنولوژی گروهی

ادبیات تکنولوژی گروهی نشان داده است که شرایط محیطی یک کارگاه نقش بزرگی در تعیین اثربخشی فلسفه تکنولوژی گروهی ایفا می‌نماید (Morris & Tersine , 1990).

همچنین یافتن وضعیتی که در آن استقرار مبتنی بر تکنولوژی گروهی بهتر از استقرار وظیفه ای عمل نماید به مراتب مشکل تر از نشان دادن اینکه زمان بندی مبتنی بر تکنولوژی گروهی مفید می باشد خواهد بود. برای مثال جنسن نشان داد که فلسفه تکنولوژی گروهی می تواند به طور سودمند برای تصمیمات زمانبندی کارگاه‌هایی که نمی توانند از نظر فیزیکی به ایجاد و استقرار سلول‌های تولیدی بپردازند به‌کار گرفته شود. همچنین وی و همکارانش اعتقاد دارند که تصمیم به

اتخاذ استقرار سلولی وابسته به یک تصمیم هوشمندانه برای تبادل انعطاف پذیری تولید با مزایای تنظیم، کاهش در هزینه های جابجایی مواد و بهبود در بهره وری کارکنان که نمی تواند به تنهایی از تصمیمات زمانبندی به‌دست آیند خواهد بود (Jensen et. al., 1995).

در مطالعهٔ دیگری نحوهٔ استقرار وظیفه‌ای با استقرار سلولی در برابر شاخص‌های زمان پردازش، زمان تنظیم، زمان انتقال و الگوی تقاضا مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج این مطالعه نشان می دهد که استقرار سلولی برای شرکت‌هایی که زمان‌های تنظیم بالایی دارند مناسب و استقرار وظیفه ای در سطح متوسط زمان‌های تنظیم بهتر از استقرار سلولی عمل می‌نماید. همچنین این مطالعه نشان می دهد که زمانی که الگوی تقاضا ثابت باشد استقرار سلولی بهتر از استقرار وظیفه‌ای عمل می کند زیرا قطعات در یک فاصله منظم و با یک توالی از پیش تعیین شده، وارد فرایندمی شوند و باعث کاهش ازدحام قطعات در هر سلول می‌گردند (Morris & Tersine,1990).

در تحقیقی که توسط سه نفر[1] از اساتید دانشگاه‌های کلمبیا انجام شده است انعطاف پذیری فرایند در برابر اختصاصی کردن ماشین‌ها در یک محیط تکنولوژی گروهی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این مطالعه سه سیستم با سه نحوهٔ استقرار متفاوت مقایسه شده‌اند. اولین سیستم، تولید سفارشی با استقرار وظیفه‌ای، دومین سیستم، سیستم تکنولوژی گروهی با ایجاد سلول‌های انعطاف پذیر که بیشتر از یک ماشین از هر نوع در یک سلول وجود دارد وسومین سیستم، سیستم تکنولوژی گروهی با سلول‌هایی که از ماشین‌های غیرمشابه و اختصاصی تشکیل می‌شوند می‌باشد. این تحقیق نشان می‌دهد که هر چند اختصاصی کردن ماشین‌ها منجر به کاهش زمان‌های تنظیم می شود اما این موضوع باعث از بین رفتن انعطاف‌پذیری لازم در سلول‌های تولیدی می‌گردد. لذا این تحقیق سلول‌های

۱. Jensen, Malhotra, Philipoom

تولیدی انعطاف پذیر را به عنوان سیستم بهینه برای به‌کارگیری در محیط های عملی معرفی می‌نماید (Jensen et. al.,1995).

مطالعهٔ دیگری نشان می‌دهد که استفاده از تکنولوژی گروهی و ایجاد سلول‌های تولیدی به دو طریق بر تنظیم ماشین آلات تاثیر می‌گذارد. نتایج این مطالعه همچنین نشان می‌دهد که مزایای تخصیص ماشین از نتایج به‌دست آمده از گروه‌بندی فیزیکی ماشین‌ها به سلول متفاوت هستند. مطالعات آنها نخست عملکرد ماشین‌های چند منظوره را در استقرار وظیفه‌ای و سلولی مقایسه کرد. آنها نتیجه گرفتند که در حالیکه گروه‌بندی ماشین‌ها باید منجر به زمان‌های تنظیم پایین شود و بنابراین بهره‌گیری زمانی کارگاه پایین‌تر باشد منجر به ایجاد صف طولانی‌تر و موجودی کار در جریان فرایند بیشتر شده است. لذا دریافتند که نتایج به دست آمده از زمانبندی مناسب کار در کارگاه می تواند متفاوت از گروه‌بندی فیزیکی ماشین آلات باشد، به عبارت دیگر حتی در محیط‌های کارگاهی می توان با زمانبندی مناسب قطعات به مزایای حاصله دست یافت، بدون اینکه انعطاف پذیری لازم را از دست بدهیم (Flynn & Jacobs ,1987).

مطالعات متعدد دیگری در جنبه های مختلف تکنولوژی گروهی و استقرار سلولی انجام گرفته است اما ادبیات تکنولوژی گروهی قادر به دستیابی به یک توافق عمومی برای تعریف محیطی که در آن سیستم تکنولوژی گروهی و استقرار سلولی از محیط کارگاهی و استقرار وظیفه ای بهتر عمل نماید نبوده است و شرایط محیطی یک کارگاه خاص نقش بزرگی در تعیین اثربخشی فلسفه تکنولوژی گروهی ایفا می‌نماید (Flynn & Jacobs,1986).

۳- متدولوژی تحقیق

این مطالعه به صورت مورد کاوی[۱] و به وسیله بررسی عمیق و وسیع از یک واحد خاص انجام شده است. واحد مورد مطالعه، یک شرکت تولید قطعات می‌باشد. سیستم تولید این شرکت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و قطعات تولیدی آن بررسی و به خانواده‌هایی تقسیم شده و سپس سلول‌های تولیدی تشکیل گردیده‌اند. از شبیه سازی به عنوان ابزاری برای شناسایی رفتار سیستم تولید در وضعیت موجود این شرکت (سیستم تولید سفارشی) و سپس برای سیستم تولید مبتنی بر تکنولوژی گروهی استفاده شده است. و بر این اساس مدل‌هایی از این دو سیستم تولیدی با هدف شناساندن رفتار واقعی آنها و در راستای آزمون فرضیه‌های زیرتشکیل گردیده‌اند.

به‌کارگیری تکنولوژی گروهی برکاهش متوسط زمان تولید قطعات[۲] تاثیر دارد.

به‌کارگیری تکنولوژی گروهی بر کاهش متوسط زمان های تنظیم[۳] مجدد موثراست.

به‌کارگیری تکنولوژی گروهی بر کاهش میانگین کار در جریان فرایند[۴] تاثیر دارد.

به‌کارگیری تکنولوژی گروهی برکاهش تعدادماشین آلات مورد نیاز موثراست.

اطلاعات مورد نیاز از طریق بررسی اسناد و مدارک و مشاهده مستقیم گردآوری شده است. مهمترین این اطلاعات شامل فرایند تولید، نوع عملیات و توالی آنها، برنامه زمانبندی تولید، زمان پردازش هر قطعه بر روی هر ماشین، زمان‌های تنظیم (راه اندازی مجدد)، اندازهٔ دسته برای هر قطعه، فواصل ایستگاه‌های کاری متوالی از یکدیگر و سرعت انتقال موادو قطعات، تعداد توقفات ماشین آلات،

---

۱. Case Study

۲. Throughput Time

۳. Setup Time

۴. Work in Process

فواصل زمانی بین توقفات و مدت زمان تعمیر در هر بار خرابی ماشین آلات می‌باشد.

۳-۱- تشکیل خانواده قطعات

در این مطالعه روش تجزیه و تحلیل جریان تولید[۱] (PFA) برای گروه‌بندی قطعات به خانواده ها مورد استفاده قرار گرفته است. لذا نیازهای پردازش و توالی عملیات تولیدی مبنای تقسیم‌بندی قطعات به خانواده‌ها می‌باشد(Burbidge,1989).

بنابراین ابتدا اطلاعات مورد نیاز در ارتباط با کل قطعات تولیدی و چگونگی مسیرهای عملیاتی آنها از طریق نمودارهای فرایند عملیات موجود در شرکت مورد مطالعه و همچنین، مشاهدهٔ مستقیم برخی قطعات در حال تولید به نحوی که در نمودار قطعه/ ماشین در جدول ۱ نشان داده می شود بدست آمد. در مرحلهٔ بعد و مهمترین گام در تشکیل خانوادهٔ قطعات بر طبق روش PFA به تجزیه و تحلیل نمودار قطعه/ ماشین و تغییر آن در جهت رسیدن به الگوی مطلوب برای خانوادهٔ قطعات پرداخته شد. برای این منظور «روش دسته بندی به ترتیب رتبه»[۲] که قابلیت و توانایی خاصی در شناخت عناصر استثنایی (قطعاتی که نمی توان آنها را به راحتی در یک خانواده جا داد) و همچنین ماشین‌های گلوگاه دارد به‌کار گرفته شد. در این روش که توسط کینگ[۳] در سال ۱۹۶۰ معرفی گردیده است نظم رتبه‌ای بدست آمده، در ماتریس اول با نظم ردیفی مقایسه و در مرحلهٔ بعد نظم رتبه‌ای جدید با نظم ستونی ماتریس مقایسه می‌گردد و این اقدام تا جایی ادامه یافته تا نظم رتبه ای با نظم ردیفی یا ستونی یکسان باشد که در این صورت ماتریس نهایی بدست آمده است (Galagher & Knight ,1986).

---

۱. Production Flow Analysis

۲. Ranking Order Clustering

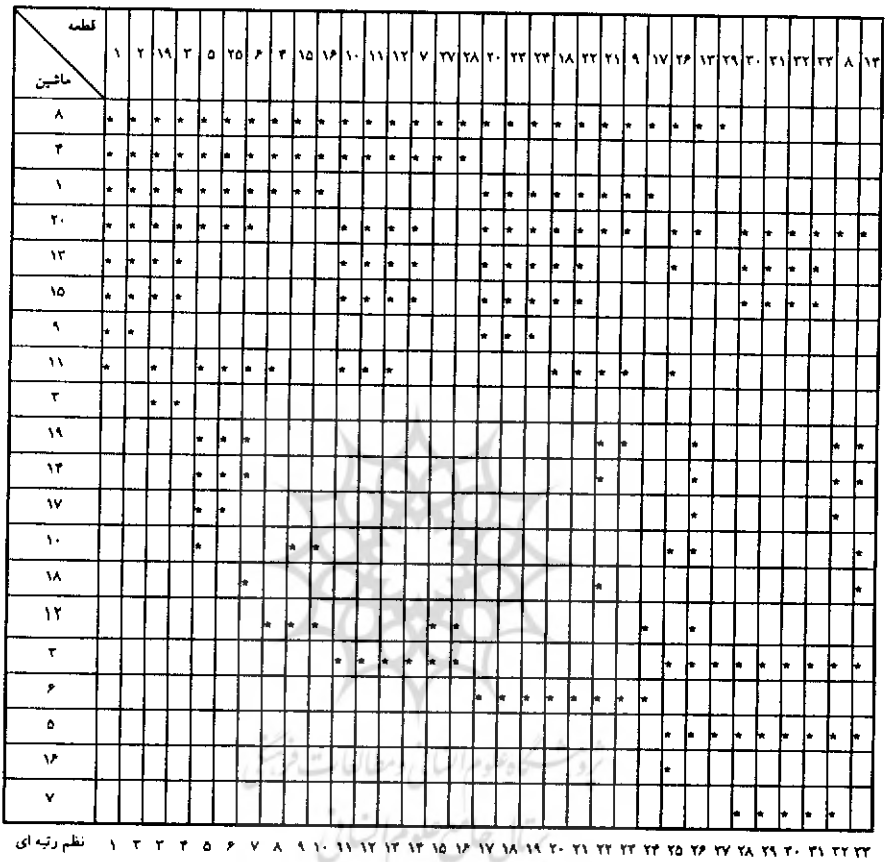
۳. King

دراین مطالعه ماتریس نهایی بدست آمده ازروش دسته بندی به ترتیب رتبه درجدول ۲ نشان داده می شود. در این ماتریس نظم رتبه ای بدست آمده با نظم ستونی ماتریس یکسان می باشد. بنابراین این ماتریس مبنایی برای تحلیل‌های بعدی وتشکیل خانوادهٔ قطعات قرار می گیرد.

جدول شمارهٔ (۱): ماتریس قطعه/ماشین اولیه

ماشین \ قطعه	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥	۱٦	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲٤	۲٥	۲٦	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱	۳۲	۳۳
۱	*	*	*	*	*	*			*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*									
۲							*	*		*	*	*	*	*												*	*	*	*	*	*	*	*
۳			*																*														
٤	*	*	*	*	*	*	*			*	*	*			*	*			*						*		*	*					
٥								*					*	*												*			*	*	*	*	*
٦									*								*	*		*	*	*	*	*									
۷								*																						*	*	*	*
۸	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
۹	*	*																		*			*	*									
۱۰					*								*	*	*	*										*							
۱۱	*			*	*	*			*	*	*	*						*	*		*	*			*	*							
۱۲				*									*		*	*	*										*	*					
۱۳	*	*	*				*			*	*	*						*	*	*		*	*	*		*				*	*	*	*
۱٤					*	*		*					*	*							*				*								
۱٥	*	*	*				*			*	*	*						*	*	*		*	*	*						*	*	*	*
۱٦																										*							
۱۷					*			*					*												*							
۱۸						*								*							*												
۱۹					*	*		*	*					*							*				*							
۲۰	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*	*	*

جدول شمارهٔ (۲): ماتریس قطعه/ ماشین در تکرار آخر



قبل از تحلیل ماتریس مندرج در جدول ۲ و تعیین خانوادهٔ قطعات ذکر این نکته ضروری است که کار تشکیل خانوادهٔ قطعات و به طور کلی تئوریهای مطرح شده در این زمینه در عمل با محدودیت‌هایی مواجه می گردند. این محدودیت‌ها ناشی از شرایط محیطی خاص یک شرکت می‌باشد. در این تحقیق و در شرکت مورد مطالعه دو دسته محدودیت شناسایی گردیده اند که کار تشکیل بهترین خانوادهٔ قطعات در محیط تکنولوژی گروهی را محدود می کنند:

۱- اولین محدودیت ناشی از انجام عملیات مشابه بر روی قطعات متفاوت، توسط ماشین‌های متفاوت می‌باشد. بطوریکه هر مجموعه از قطعات توسط یکی از ماشین‌آلات موجود در یک کارگاه پردازش می شوند .لذا همهٔ ماشین‌آلات موجود در یک کارگاه وظیفه‌ای، توانایی پردازش همه قطعات را ندارند و در نتیجه این موضوع باعث کاهش انعطاف پذیری لازم در جهت تشکیل مناسب‌ترین خانوادهٔ قطعات با توجه به وضعیت موجود شرکت مورد مطالعه شده است.

۲- دومین محدودیت ناشی از تعداد ماشین آلات مورد نیاز می باشد . هر چند نیاز به ماشین آلات جدید و یا حتی حذف برخی ماشینها در سیستم تکنولوژی گروهی امری کاملاً طبیعی به نظر می رسد اما دراین تحقیق به دلیل اینکه هدف، مقایسه دو سیستم تولید سفارشی و تکنولوژی گروهی در شرایط یکسان می باشد این عامل به عنوان یک محدودیت در تشکیل خانوادهٔ قطعات مناسب تلقی می گردد.

لذا به‌منظور غلبه بر محدودیت‌های فوق و نتیجه گیری مناسب، دو مجموعه خانوادهٔ قطعه مجزا تشکیل شده و به تبع آن دو سری مدل برای این دو مجموعه شبیه سازی و اجرا گردید. نتایج این دو مدل با مدل وضعیت موجود (تولید سفارشی) به صورت جداگانه مقایسه می گردد. این دو مجموعه مدل‌ها با دو پیش فرض زیر بنا شده اند:

۱) اولین مجموعهٔ مدل‌ها با در نظر گرفتن محدودیت تعداد ماشین آلات تشکیل شده است که در این مطالعه سیستم تکنولوژی گروهی با رویکرد اعمال محدودیت تعداد ماشین آلات نامیده می شوند. در این رویکرد سعی گردیده است تشکیل خانوادهٔ قطعات با هدف اضافه کردن حداقل تعداد ماشین آلات پیگیری شود و حتی الامکان تعداد ماشین کمتری در تغییر سیستم از تولید سفارشی به تکنولوژی گروهی اضافه گردد. لذا دو خانواده قطعه به صورت جدول ۳ بدست آمده و

چنانکه نشان داده می‌شود حتی با در نظر گرفتن محدودیت مذکور ماشین[1] شماره ٤ در هر دو خانواده تکرار می شود و نیاز به سرمایه گذاری دارد. همچنین مجموعه عملیات آخر که عملیات حرارتی می‌باشند و در یک کارگاه انجام می‌شوند در هر دو خانواده تکرار می گردند.

۲) دومین مجموعه مدل‌ها بدون در نظر گرفتن محدودیت تعداد ماشین آلات در تشکیل خانوادهٔ قطعات می‌باشند که در این مطالعه سیستم تکنولوژی گروهی با رویکرد عدم اعمال محدودیت تعداد ماشین‌آلات نامیده می شوند. محدودیتی از نظر سرمایه گذاری برای ماشین آلات بیشتر وجود نخواهد داشت. لذا با توجه به ماتریس نهایی و در نظر گرفتن رویکرد مذکور، چهار خانواده قطعه به صورت جدول ٤ خواهیم داشت.

۳-۲- مدل‌سازی سیستم و توسعه مدل شبیه سازی

در این مطالعه نرم افزار Extend LT که یکی از مفیدترین نرم افزارهای شبیه‌سازی به خصوص در زمینه شبیه سازی سیستم‌های تولید است و قابلیت مدل‌سازی و اجرای مدل را دارا می‌باشد به کار گرفته شده است (Render & Heizer ,1999). دراین تحقیق که هدف سنجش کارایی سیستم تکنولوژی گروهی با توجه به شاخص‌های ارائه شده در مقایسه باسیستم وضعیت موجود (تولید سفارشی) در شرکت مورد مطالعه می باشد ابتدا مدلی از فرایند موجود شبیه سازی و سپس مدل تکنولوژی گروهی برای هر خانواده قطعه تشکیل، شبیه سازی و با مدل وضعیت موجود مقایسه می شود. در مدل‌های تشکیل شده ضمن سعی بر رعایت جامعیت در معرفی فرایند موجود شرکت یا فرایند تکنولوژی گروهی، ارزیابی شاخصهای در نظر گرفته شده در این تحقیق از قبیل میانگین کار

۱- هرچند در جدول شماره ۳ ماشین‌های ۲۰،۱۹،۱۸،۱۷،۱۵،۱٤،۱۳،۱۲،۱۱،۱۰،۸ نیزدرهردوگروه تکرار شده اند اما بدلیل وجود دودستگاه یابیشتر از این ماشین‌ها درشرکت مورد مطالعه، نیاز به سرمایه گذاری مجدد ندارند.

در جریان فرایند، متوسط زمان تولید قطعات، متوسط زمان‌های تنظیم مجدد و تعداد ماشین آلات موردنیاز مدنظر می‌باشد.

در انجام این تحقیق، برنامه زمانبندی تولید شرکت، برای یک دورهٔ یکساله موردمطالعه قرار گرفته و قطعات بر مبنای این برنامه زمانبندی به مدل‌های تشکیل شده وارد گردیده‌اند. بررسی دقیق‌تر برنامه ریزی و زمانبندی تولید این شرکت نشان می دهد که برنامه کلی تولید که بر حسب برنامه‌های ماهانه تنظیم گردیده به یک سری برنامه های جزئی‌تر تقسیم شده که درآنها چگونگی اولویت انجام سفارشات هر ماه و ترتیب قرار گرفتن آنها در خط تولید مشخص می‌گردد. روش کوتاهترین زمان انجام سفارش[۱] برای اولویت بندی و زمان بندی انجام سفارشات در این شرکت به کارگرفته شده است که درآن سفارشاتی که در هر ماه می بایست در برنامه تولید قرار گیرند به ترتیب کوتاهترین زمان تولید انتخاب و در اولویت قرار گرفته اند. لذا روش مذکور در زمانبندی انجام سفارشات در مدل‌های شبیه‌سازی نیز در نظر گرفته شده است. در مدل‌های تکنولوژی گروهی نیز زمان بندی و اولویت بندی انجام سفارشات به ترتیبی که در وضعیت موجود شرکت انجام می‌شود عمل گردید. لذا برای هر سلول تولیدی که به پردازش یک خانواده قطعه می‌پردازد برنامه زمانبندی بر مبنای همین اصول و روش‌های به‌کارگرفته شده تنظیم شده است و قطعات موجود در هر خانواده بر این اساس اولویت بندی گردیده اند تا با رعایت شرایط تساوی در مقایسه مدل‌های وضعیت موجود و تکنولوژی گروهی هدف این مطالعه را تحقق بخشد. بنابراین روش به‌کار گرفته شده برای زمان بندی انجام سفارشات در مدل‌های تکنولوژی گروهی، روش متوسط زمان پردازش[۲] می‌باشد که قطعاتی با کوچکترین متوسط زمان پردازش در برنامه تولید ماهانه در اولویت قرار می‌گیرند.

---

۱. Shortest Process Time (SPT)

۲. Average Process Time (APT)

قطعه / ماشین	۱	۲	۱۹	۳	۵	۲۵	۶	۴	۱۵	۱۶	۲۰	۲۳	۲۴	۱۸	۲۲	۲۱	۹	۱۷
۱	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۳			*	*														
۴	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*								
۶											*	*	*	*	*	*	*	*
۸	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۹	*	*									*	*	*					
۱۱	*		*		*	*	*	*						*	*	*	*	
۱۰					*				*	*								
۱۲								*	*	*								*
۱۳	*	*	*	*							*	*	*	*	*			
۱۵	*	*	*	*							*	*	*	*	*			
۱۴					*	*	*									*		
۱۸							*									*		
۱۷					*	*												
۱۹					*	*	*									*	*	
۲۰	*	*	*	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	

(a)

قطعه / ماشین	۷	۸	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱	۳۲	۳۳
۲	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۴	*		*	*	*				*	*					
۵		*				*	*	*			*	*	*	*	*
۷		*										*	*	*	*
۸	*		*	*	*	*		*	*	*	*				
۱۱			*	*	*			*							
۱۰						*	*	*							
۱۲						*			*	*					
۱۳	*		*	*	*			*				*	*	*	*
۱۵	*		*	*	*							*	*	*	*
۱۶								*							
۱۴		*				*	*								
۱۷		*				*									
۱۸							*								
۱۹		*				*	*								
۲۰	*	*	*	*	*	*	*	*				*	*	*	*

(b)

جدول شمارهٔ (۳): ماتریس خانواده‌های قطعات با رویکرد اعمال محدودیت

ماشین \ قطعه	۱۰	۱۱	۱۲	۷	۲۷	۲۸
۲	*	*	*	*	*	*
۴	*	*	*	*	*	*
۸	*	*	*	*	*	*
۱۱	*	*	*			
۱۳	*	*	*	*		
۱۵	*	*	*	*		
۲۰	*	*	*	*	*	*

(b)

ماشین \ قطعه	۱	۲	۱۹	۳	۵	۲۵	۶	۴	۱۵	۱۶
۱	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۳			*	*						
۴	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۸	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۹	*	*								
۱۰					*				*	*
۱۱	*		*		*	*	*	*		
۱۳	*	*	*	*						
۱۵	*	*	*	*						
۱۴					*	*	*			
۱۹					*	*	*			
۱۷					*	*				
۱۸							*			
۲۰	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

(a)

ماشین \ قطعه	۲۰	۲۳	۲۴	۱۸	۲۲	۲۱	۹	۱۷
۱	*	*	*	*	*	*	*	*
۶	*	*	*	*	*	*	*	*
۸	*	*	*	*	*	*	*	*
۹	*	*	*					
۱۱				*	*	*	*	
۱۳	*	*	*	*	*			
۱۵	*	*	*	*	*			
۱۴						*		
۱۹						*	*	
۱۸						*		
۲۰	*	*	*	*	*	*	*	*

(c) (d)

ماشین \ قطعه	۲۶	۱۳	۲۹	۳۰	۳۱	۳۲	۳۳	۸	۱۴
۲	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۵	*	*	*	*	*	*	*	*	*
۸	*	*	*						
۷				*	*	*	*	*	
۱۰	*	*							*
۱۱	*								
۱۲		*							
۱۳	*			*	*	*	*		
۱۵				*	*	*	*		
۱۶	*								
۱۳		*						*	*
۱۹		*						*	*
۱۷		*						*	
۱۸									*
۲۰	*	*		*	*	*	*	*	*

جدول شمارهٔ (٤): ماتریس خانواده‌های قطعات با رویکرد عدم اعمال محدودیت

۳-۳ اجرای شبیه سازی و آزمون فرضیه ها

مرحله اجرا از مهمترین مراحل فرایند شبیه سازی است. قبل از اجرای مدل در نرم افزار بکار گرفته شده نیاز به تنظیم شبیه سازی است. برای این منظور اطلاعات مربوط به تنظیم شبیه سازی از قبیل زمان شروع و پایان شبیه سازی، تعداد اجرا و واحد زمانی مورد استفاده در دیالوگ تنظیم وارد گردیده است. واحد زمانی به‌کارگرفته شده در این مطالعه ثانیه می باشد و کلیه اعداد مربوط به زمان شبیه سازی و همچنین زمان‌های عملیاتی از قبیل زمان پردازش، زمان تنظیم، سرعت انتقال مواد و ... که به عنوان ورودی مدل شبیه سازی در دیالوگ‌های مربوطه در مدل‌ها وارد گردیده‌اند نیز بر اساس واحد زمانی ثانیه بوده است و نتایج وخروجی‌های مدل نیز طبعاً بر اساس ثانیه می باشند. زمان شروع شبیه سازی از ابتدای شبیه سازی وبرابر صفر در نظر گرفته شده و زمان پایان شبیه‌سازی نیز براساس زمان‌های کاری در سال مورد مطالعه تعیین گردیده است. بدین ترتیب تعداد روزهای کاری هر ماه در سال مذکور از اسناد و مدارک موجود شرکت استخراج شده و کل ساعات کاری تعیین و به ثانیه تبدیل و به عنوان زمان پایان شبیه سازی قلمداد شد. برای گرفتن نتایج دقیق‌تر و برای اینکه حالات مختلف ورود قطعات به مدل در طیف زمانی تعیین شده در نظر گرفته شود، شبیه سازی برای ۳۰ بار متوالی اجرا و نتایج ثبت شد و میانگین هر شاخص در۳۰ بار تکرار شبیه سازی ملاک ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور پس از ثبت اطلاعات حاصل از ۳۰ بار اجرای متوالی، میانگین و واریانس این داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS به‌دست آمده و فرض‌های آماری مناسب برای نتیجه گیری در ارتباط با هر شاخص تشکیل شده است. در تجزیه و تحلیل آماری نتایج به‌دست آمده، از آماره آزمون t با $n_1 + n_2 - 2$ درجه آزادی برای آزمون فرضیه‌ها استفاده گردیده است.

۴- تجزیه وتحلیل اجزای مدل

در این تحقیق وضعیت موجود شرکت مورد مطالعه در قالب یک مدل در برابر مدل‌های تشکیل شده در سیستم تکنولوژی گروهی با دو رویکرد و بر اساس شاخص‌های در نظر گرفته شده در فرضیه‌های تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده ازاجرا و تجزیه و تحلیل آماری چنانچه در جدول ۵ نشان داده می شود حکایت از تأیید ۳ فرضیه و رد یکی از فرضیه‌ها دارد. به‌طوریکه با توجه به وضعیت و شرایط شرکت مورد مطالعه تاثیر تکنولوژی گروهی بر کاهش متوسط زمان تولید قطعات، میانگین کار درجریان فرایند و متوسط زمان‌های تنظیم در هر دو رویکرد اعمال محدودیت و عدم اعمال محدودیت ماشین آلات تائید ولی تاثیر تکنولوژی گروهی بر کاهش تعداد ماشین آلات مورد نیاز، تأیید نگردید.

۴-۱- تجزیه و تحلیل شاخص متوسط زمان تولید قطعات

متوسط زمان تولید قطعات که عبارت از زمانی است که طول می‌کشد تا یک قطعه از ابتدای فرایند تولید به انتهای فرایند برسد شامل زمان‌های انتظار، انتقال، پردازش و تنظیم قطعات می‌شود.

نتایج این تحقیق در ارتباط با شاخص مذکور نشان می دهد که به‌کارگیری سیستم تکنولوژی گروهی بر کاهش متوسط زمان تولید قطعات نسبت به سیستم وضعیت موجود شرکت مورد مطالعه تأثیر دارد. این کاهش نتیجه کاهش در پارامترهای تشکیل دهنده زمان تولید قطعات (به‌جز پارامتر زمان پردازش) یعنی کاهش در زمان‌های انتقال ، انتظار وتنظیم ماشین آلات می باشد.

در تکنولوژی گروهی بدلیل اینکه قطعات در یک سلول تولید گردیده و نحوهٔ استقرار ماشین‌ها تا حدودی به یک استقرار U شکل یا حتی خط مستقیم تبدیل می‌شودو ماشین‌ها درکنار همدیگر قرار گرفته اند زمان‌های انتقال به حداقل کاهش یا به صفر می رسد. از دیگر عوامل موثر بر متوسط زمان تولید قطعات، زمان تنظیم

ماشین‌آلات می‌باشد که چنانچه خانوادهٔ قطعات به گونه‌ای تشکیل گردند که قطعات مشابه در کنار یکدیگر قرار گیرند می توان زمان‌های تنظیم را کاهش داد. همچنین کاهش در زمان‌های انتظار نیز می تواند دلیلی برای کاهش متوسط زمان تولید قطعات در سیستم‌های تکنولوژی گروهی در این مطالعه باشد.

جدول شمارهٔ (۵): نتایج حاصل از اجرای شبیه سازی

شاخص / نوع سیستم	متوسط زمان تولید قطعات	متوسط زمانهای تنظیم	میانگین کار در جریان	تعداد ماشین آلات موردنیاز
سیستم وضعیت موجود (تولید سفارشی)	۱۷۲۳۵۶/۷	۲۱/۹۵۵۳	۱۰۵۲۲/۳۳	–
سیستم تکنولوژی گروهی با رویکرد اعمال محدودیت	۱۵٤۵٦۲	۲۰/۹۱۳۳	۸۹۹۲/۷	۱
سیستم تکنولوژی گروهی با رویکرد عدم اعمال محدودیت	۱۲۵۲٦۷/۵	۱۹/٦۹۸۳	۷۳۷۰/۷	٦

اگر نتایج به‌دست آمده از سیستم وضعیت موجود را با دو رویکرد سیستم تکنولوژی گروهی مقایسه نماییم، مشخص می گردد که اگر شرکت مورد مطالعه، رویکرد اول یعنی محدودیت تعداد ماشین آلات را برای تغییر سیستم موجود خود به سیستم تکنولوژی گروهی اتخاذ نماید متوسط زمان تولید قطعات خود را می‌تواند تا حدود ۱۰٪ کاهش دهد و چنانچه رویکرد دوم یعنی عدم اعمال محدودیت ماشین آلات را بپذیرد می‌تواند حدود ۲۷٪ کاهش در این شاخص ایجاد نماید.

۴-۲- تجزیه و تحلیل شاخص متوسط زمان‌های تنظیم

متوسط زمان‌های تنظیم از طریق تقسیم زمان‌های کل تنظیم در هر سیستم مدل‌سازی شده بر تعداد کل قطعات پردازش شده در آن سیستم به‌دست آمده است. متوسط زمان‌های تنظیم در این مطالعه در سیستم تکنولوژی گروهی نسبت به سیستم وضعیت موجود کاهش پیدا کرد. به طور کلی کاهش در زمان‌های تنظیم به دلیل تشابهات قطعات موجود در یک خانواده است که این تشابهات ممکن است از لحاظ طراحی یا تولید قطعات باشد.

تجزیه و تحلیل قطعات تولیدی این شرکت مؤید این مطلب است که کاهش در زمان‌های تنظیم در اثر به‌کارگیری سیستم تکنولوژی گروهی نمی‌تواند به‌دلیل تشابهات در طراحی قطعات باشد. زیرا موضوع طراحی به‌دلیل تفاوت قطعات از این نظر در تشکیل خانوادهٔ قطعات در نظر گرفته نشده است. بنابراین کاهش ایجاد شده در زمان‌های تنظیم در اثر تغییر سیستم وضعیت موجود به سیستم‌های تکنولوژی گروهی به‌دلیل تشابهات در مسیرهای تولیدی قطعات و برنامه ریزی فرایند مناسب می‌باشد.

تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده نشان می دهد که اگر شرکت مورد مطالعه سیستم تکنولوژی گروهی با اعمال محدودیت تعداد ماشین آلات و یا سیستم تکنولوژی گروهی بدون اعمال محدودیت تعداد ماشین آلات راجایگزین سیستم وضعیت موجود خود نماید می تواند به ترتیب کاهشی در حدود ٤٪ و ۹٪ درزمان‌های تنظیم نسبت به سیستم وضعیت موجود ایجاد نماید.

۴-۳- تجزیه و تحلیل شاخص میانگین کار در جریان فرایند

میانگین کار در جریان فرایند، میانگین تفاوت‌های لحظه‌ای قطعات ورودی به فرایند با قطعات خروجی از فرایند در طول مدت شبیه‌سازی می‌باشد. در سیستم‌های تکنولوژی گروهی، کلیه مدل‌های تشکیل شده به عنوان یک سیستم در نظر گرفته

شده و جمع میانگین کار در جریان فرایند هر سیستم مبنایی ارزیابی و مقایسه با سیستم وضعیت موجود قرار گرفته است.

تجزیه وتحلیل نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که میانگین کار در جریان فرایند در تغییر سیستم وضعیت موجود به سیستم تکنولوژی گروهی با رویکرد اعمال محدودیت و با رویکرد عدم اعمال محدودیت تعداد ماشین آلات، به ترتیب ۱۵٪ و ۳۰٪ کاهش می یابد. کاهش در میانگین کار در جریان فرایند می‌تواند به دلیل کاهش زمان‌های تنظیم، زمان‌های انتقال و انتظار می‌باشد که از این رهگذر قطعات مسیر عملیاتی خود را سریعتر طی نموده و لذا میزان قطعات خروجی از فرایند در هر لحظه بیشتر از قطعات ورودی به فرایند خواهد بود.

۴-۴- تجزیه و تحلیل شاخص تعداد ماشین آلات مورد نیاز

برای استقرار سیستم تکنولوژی گروهی در هر دو رویکرد به‌کار گرفته شده چنانکه در جدول ٦ نشان داده می شود نیاز به سرمایه گذاری برای ماشین آلات جدید می باشد. به‌طوریکه در سیستم تکنولوژی گروهی با رویکرد اعمال محدودیت تعداد ماشین آلات نیاز به سرمایه گذاری برای یک دستگاه پتک DNC و در رویکرد عدم اعمال محدودیت تعداد ماشین آلات نیاز به سرمایه گذاری برای ماشین پرس لقمه بری ۵۰۰، پرس لقمه بری ۲۵۰، پتک DNC، پرس دوره بری ۱۲۵ و دو دستگاه پرس کالیبره ٤۰۰ می باشد.

همچنین مجموعه عملیات حرارتی (۳ ماشین یا عملیات انتهایی جدول ٦) در هر یک از مدل‌ها و خانواده‌های سیستم تکنولوژی گروهی در هر دورویکرد تکرار می‌گردد. اگر به درصد بهره‌گیری زمانی هر یک از ماشین‌ها و عملیات در جدول ٦ نگاه کنیم مجموعه عملیات حرارتی دارای درصد بهره‌گیری بسیار پایینی می‌باشند. این درصد بهره گیری نشان دهنده درصد زمانی از کل مدت شبیه سازی است که هر ماشین مشغول انجام عملیات (شامل زمان پردازش و زمان تنظیم) بر

روی قطعات بوده است. پایین بودن درصد بهره گیری مجموعه عملیات حرارتی که به صورت دسته‌ای به انجام عملیات می پردازند نشان از ظرفیت بالای این ماشین‌ها در پردازش قطعات دارد .لذا در این مطالعه از مفهوم سلول‌های تولیدی انعطاف پذیر و دورگه[۱] استفاده کرده و این مجموعه عملیات را به صورت استقرار وظیفه‌ای اداره می‌نماییم. بدین ترتیب که این شرکت به‌دلیل ظرفیت بالای این مجموعه عملیات می‌تواند برای اجتناب از سرمایه گذاری اضافی، این عملیات را در یک کارگاه مجزا مستقر و همه قطعات در هر سلولی که پردازش می‌شوند چنانچه به عملیات حرارتی نیاز دارند به این کارگاه منتقل گردند تا عملیات مربوطه برروی آنها انجام گیرد.

همچنین همانطور که جدول ٦ نشان می دهد در وضعیت موجود تفاوت بهره‌گیری از ماشین‌ها زیاد می باشد. یکی از دلایل این موضوع را می‌توان تغییر پذیری در ترکیب محصولات تولیدی دانست. اما در سلول‌های تولیدی این تفاوت کمتر شده که نشان از توازن خط تولید و تغییر پذیری کمتر در ترکیب محصولات تولیدی در هر سلول می باشد. این موضوع در مقایسه دو سیستم تکنولوژی گروهی با یکدیگر نیز بیشتر نمود پیدا می کند به‌طوریکه در سلول‌های سیستم تکنولوژی گروهی با رویکرد عدم اعمال محدودیت که ماشین آلات جدید به سیستم اضافه گردیده است خط تولید از تعادل و توازن بیشتری برخوردار می‌باشد. این تعادل و توازن ایجاد شده زمینه ساز افزایش ظرفیت و باعث ایجاد ظرفیت اضافی می‌گردد.
میزان افزایش ظرفیت نیز به تغییرپذیری در حجم و ترکیب سفارشات جدید بستگی خواهد داشت. چنانچه اگر تغییرپذیری در ترکیب سفارشات جدید این شرکت پایین باشد و محصولات جدید از نظر ترکیب سفارش در دوره‌های مختلف تا حد ممکن یکسان باشند و به جای تغییرپذیری در ترکیب محصولات، تغییرپذیری در حجم محصولات ایجاد شود در هر یک از سلول‌های تشکیل شده می توان ظرفیت تولید فعلی را از ۲ تا ۳/۵ برابر با فرض عدم وجود محدودیت در سایر پارامترها برای

---

۱. Hybrid

افزایش ظرفیت بالا برد. به‌طوریکه اگر در سیستم وضعیت موجود بالاترین درصد بهره گیری را ملاک ظرفیت سیستم قرار دهیم و فرض کنیم که سیستم وضعیت موجود با حداکثر ظرفیت خود کار می کند ظرفیت فعلی در سطح بهره گیری ۶۸/۳ درصد (بالاترین درصد بهره گیری) قابل دستیابی است و بنابراین ۳۱/۷ درصد زمانی کل سیستم به دلائل مختلف و بعضاً غیرقابل اجتناب به هدر می رود.

جدول شمارهٔ (٦): ماشین آلات مورد نیاز در هر سیستم و درصد بهره گیری از آنها

نام ماشین	سیستم وضعیت موجود	سیستم تکنولوژی گروهی بارویکرداعمال محدودیت تعداد ماشین‌آلات		سیستم تکنولوژی گروهی با رویکرد عدم اعمال محدودیت تعداد ماشین‌آلات			
		مدل(خانواده قطعه) ۱	مدل(خانواده قطعه) ۲	مدل(خانواده قطعه) ۱	مدل(خانواده قطعه) ۲	مدل(خانواده قطعه) ۳	مدل(خانواده قطعه) ٤
پرس لقمه بری ۲۵۰	۰/۱٤۸	۰/۱٤۸		۰/۰٦۸		۰/۰۷۸۳	
پرس لقمه بری ۵۰۰	۰/۱٦٤		۰/۱٦۲		۰/۰٤٤		۰/۱۲٤
پتک DNC	۰/۲۵۲	۰/۱۵	۰/۰۹٤	۰/۱۵	۰/۰۹۲		
پتک Gack	۰/۲۷۲		۰/۲٦۸				۰/۲۷۸
پتک ۷۵۰	۰/۱۵۹	۰/۱۵۵				۰/۱۵۵	
پرس دوره‌بری ۸۰	۰/٤۵۵					۰/۱۸۹	
پرس دوره‌بری ۱۲۵	۰/۱٤۷	۰/۳۲		۰/۱۳۳	۰/۱۱۹		
پرس دوره بری ۲۵۰	۰/۰۳٤		۰/۳۰				۰/۱۸۹
پرس کالیبره ٤۰۰ شماره ۱	۰/۴	۰/۳۳		۰/۲۱		۰/۱۲۲	
پرس کالیبره ٤۰۰ شماره ۲	۰/۱۱۸		۰/۰۷٦		۰/۰۱۵۵		۰/۰٦۲
کوره رفت	۰/۰۷۳٦	۰/۰۵٦	۰/۰۱۸	۰/۰۰٤٦	۰/۰۰۷۳	۰/۰۵۲	۰/۰۱۰۳
کوره حمام نمک	۰/۰۵۳	۰/۰۱٦	۰/۰۳٤	۰/۰۱۱۲		۰/۰۰۳٦	۰/۰۳٤۱
شات بلاست	۰/۰۱۸	۰/۰۱۵	۰/۰۰۲۵	۰/۰۱٤۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰٦	

حال اگر همین درصد زمان‌های تلف شده را نیز در سیستم‌های سلولی به طور ثابت در نظر گرفته و ظرفیت این سیستم‌ها را نیز حداکثر در سطح ۶۸/۳درصد قابل تحقق بدانیم در سیستم تکنولوژی گروهی با رویکرد اعمال محدودیت که بالاترین درصد بهره‌گیری آن در مدل اول ۳۳ درصد و در مدل دوم ۳۰ درصد می‌باشد حداکثر ظرفیت ایجاد شده می تواند حدود ۲ برابر ظرفیت فعلی و در رویکرد عدم اعمال محدودیت می‌تواند در سلول‌های مختلف از حدود ۳ تا ۵ برابر ظرفیت فعلی و به طور متوسط حدود ۳/۵ برابر ظرفیت فعلی افزایش یابد که این میزان افزایش ظرفیت رابطه زیادی با ترکیب محصولات خواهد داشت.

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

نتایج این تحقیق نشان دهنده افزایش کارایی سیستم تکنولوژی گروهی بر اساس سه شاخص متوسط زمان تولید قطعات، متوسط زمان تنظیم و میانگین کار در جریان فرایند نسبت به سیستم موجود در شرکت مورد مطالعه می‌باشد. اما شاخص چهارم یعنی تعداد ماشین آلات مورد نیاز کارایی تکنولوژی گروهی را نسبت به وضعیت موجود تائید نمی‌کند. البته افزایش تعداد ماشین‌آلات در نتیجه استقرار تکنولوژی گروهی امری طبیعی به نظر می‌رسد و سرمایه گذاری بر روی ماشین آلات موضوعی عادی قلمداد می گردد. اما میزان ظرفیت ایجاد شده بر اثر اضافه کردن این ماشین‌ها با اهمیت می‌باشد و کارایی سیستم تولید را می‌بایست در میزان ظرفیت ایجاد شده جستجو نمود که میزان ظرفیت ایجاد شده نیز چنانکه پیشتر اشاره گردید با فرض عدم وجود محدودیت در سایر پارامترها از قبیل نیروی انسانی مورد نیاز می‌تواند در سیستم تکنولوژی گروهی با رویکرد اعمال محدودیت تا حدود ۲ برابر افزایش و در سیستم تکنولوژی گروهی با رویکرد عدم اعمال محدودیت تعداد ماشین آلات حداکثر تا حدود ۳/۵ برابر ظرفیت فعلی افزایش یابد. این میزان ظرفیت ایجاد شده و درصد تحقق آن رابطه شدیدی با ترکیب محصولات و سفارشات

جدید دریافتی و تغییرپذیری در ترکیب این محصولات دارد. به‌طوریکه اگر الگوی تقاضای این شرکت برای سفارشات جدید بیشتر تابع تغییرپذیری در حجم محصولات باشد تا تغییرپذیری در ترکیب محصولات، این شرکت می تواند به حد بالای افزایش ظرفیت یعنی ۲ تا ۳/۵ برابر ظرفیت فعلی برسد. زیرا اگر افزایش ظرفیت را با فرض عدم ایجاد محدودیت از طرف سایر پارامترها تابعی از درصد بهره‌گیری زمانی ماشین آلات بدانیم این درصد بهره‌گیری خود تابعی از زمان‌های تنظیم و زمان‌های پردازش قطعات خواهد بود که چنانچه تغییرپذیری در ترکیب محصولات پایین باشد باعث کاهش زمان‌های تنظیم و درنتیجه کاهش درصد بهره‌گیری ماشین آلات و افزایش ظرفیت خواهد شد.

همچنین بررسی دقیق‌ترنتایج بدست آمده نشان می دهد که میزان درصد کاهش در شاخص متوسط زمان‌های تنظیم و میزان کار در جریان فرایند در سیستم تکنولوژی گروهی با رویکرد عدم اعمال محدودیت نسبت به سیستم تکنولوژی گروهی با رویکرد اعمال محدودیت حدود ۲ برابر می باشد و در شاخص متوسط زمان تولید قطعات این درصد به حدود ۲/۷ برابر می رسد این در حالیست که میزان ظرفیت ایجاد شده در رویکرد اول (اعمال محدودیت) حداکثر ۲ و در رویکرددوم (عدم اعمال محدودیت) حداکثر ۳/۵ برابر خواهد بود که تفاوت در میزان کاهش این ۳ شاخص می تواند نشانه اهمیت زمان‌های انتقال و انتظار و تاثیر کاهش آنها بر متوسط زمان تولید قطعات باشد.

بررسی شاخص زمان‌های تنظیم همچنین نشان میدهد که اولاً میزان کاهش ایجاد شده در آنها نسبت به سایر شاخص‌ها پایین و همانطور که قبلا تشریح گردید این میزان کاهش در اثر تشابهات در مسیرهای تولیدی قطعات و نه در اثر تشابهات طراحی قطعات می باشد، بطوریکه این کاهش در اثر توالی قطعات و محموله‌های یکسان ایجاد گردیده است.

با توجه به نتایج بدست آمده از انجام این تحقیق و در نظر گرفتن شرایط و اهداف توسعه‌ای این شرکت مبنی بر افزایش میزان تولید فعلی به حدود ۱/۸ برابر در سال ، این افزایش ظرفیت در اثر به‌کارگیری سیستم تکنولوژی گروهی و بارویکرد اعمال محدودیت تحت شرایط خاصی (با توجه به الگوی تقاضا در آینده) قابل تحقق خواهد بود. بنابراین به این شرکت پیشنهاد می گردد در ابتدا با حداقل سرمایه‌گذاری بر روی ماشین آلات جدید به تغییر نحوهٔ استقرار خود پرداخته و به سمت تولید سلولی روی آورد و به بازاریابی برای گرفتن سفارشات جدید بپردازد و با توجه به اینکه این میزان افزایش ظرفیت تنها در صورت رعایت کاهش در تغییرپذیری در ترکیب سفارشات دریافتی برای این شرکت قابل تحقق می باشد و با عنایت به اینکه زمان‌های تنظیم دراین شرکت بسیار بالا بوده و میزان کاهش ایجاد شده در این زمان‌ها در اثر به‌کار گیری تکنولوژی گروهی نیز تنها در اثر تشابهات فرایندی و تولیدی است و تشابهات در طراحی قطعات و استفاده از مزایای این تشابهات کمتر مد نظر قرار گرفته است، بنابراین پیشنهاد می‌گردد در بازاریابی برای سفارشات جدید نخست افزایش حجم محصولات فعلی را مدنظر قرار داده ودر مرحلهٔ بعد تغییرپذیری در ترکیب محصولات را باتکیه بر به‌دست آوردن و استفاده از تشابهات در طراحی محصولات در نظر بگیرد که ضرورتاً لزوم ایجاد یک سیستم مناسب کد گذاری و طبقه بندی قطعات به منظور کاهش در تعداد طراحی‌های جدید برای قطعات مشابه و برنامه ریزی بهتر فرایند احساس می گردد. لذا پیشنهاد می شود این شرکت ضمن استقرار چنین سیستمی بتواند توانایی و انعطاف پذیری خود را دراخذ سفارشات جدید و کاهش هزینه‌ها افزایش دهد و نهایتاً اینکه موفقیت در بازاریابی برای محصولات جدید با به‌کارگیری سیستم تکنولوژی گروهی با رویکرد اعمال محدودیت می‌تواند این شرکت را به سمت سرمایه‌گذاری بیشتر برای ماشین‌آلات و تجهیزات و در صورت تحقق چنین شرایطی در آینده، به

سمت به‌کارگیری سیستم تکنولوژی گروهی با رویکرد عدم اعمال محدودیت ماشین‌آلات سوق دهد.

هر چند مطالعه حاضر به نتایجی برای اتخاذ و استقرار تکنولوژی گروهی در شرکت مورد مطالعه رسیده اما سؤالاتی نیز بدون پاسخ مانده است که می‌تواند مبنایی برای تحقیقات آینده باشد. ازجمله این موضوعات میزان تأثیر پذیری زمان‌های تنظیم از برنامه ریزی فرایند و از تشابهات طراحی قطعات می‌باشد که می‌تواند مبنایی برای انجام مطالعه‌ای جامع و نتیجه گیری راجع به انتخاب الگوی تقاضایی مناسب در شرایطی که شرکت مبادرت به دریافت سفارشات جدید در حجم وسیع نموده است باشد. همچنین چگونگی اجرا و به‌کارگیری یک سیستم کدگذاری و طبقه‌بندی قطعات در این شرکت و شرکت‌های مشابه و تجزیه و تحلیل نیروی انسانی مورد نیاز و تعیین تأثیر تکنولوژی گروهی بر تعداد کارگران و میزان رضایت شغلی آنها و همچنین تعیین نیروی انسانی انعطاف پذیر مورد نیاز در سلول‌های تولیدی از جمله سوالاتی هستند که قبل از استقرار تکنولوژی گروهی باید پاسخ داده شوند. علاوه بر این با توجه به تأثیرپذیری تکنولوژی گروهی از پارامترهای مختلف از قبیل تغییر در اندازه دسته، تغییر در رویه‌های زمان‌بندی و نظایر آنها بررسی این تأثیرات می تواند توسعه‌ای بر این مطالعه باشد.

منابع و ماخذ

- گلشنی، مجتبی. (۱۳۷۲). «آشنایی با تکنولوژی گروهی». چاپ اول، تهران: انتشارات پردیس.
- Burbidge, John. L. (1989). "Production Flow Analysis for Planning Group Technology". Oxford Science Publication, oxford.
- Burbidge, John. L. (1996). " The First Step in Planning Group Technology". International Journal of Production Economics. Amsterdam jun1 , vol. 43.

- Flynn, B.B. & Jacobs, F.R. (1986). "A Simulation Comparison of Group Technology with Traditional Job Shop Manufacturing". International Journal of Production Research . vol. 24, No. 5,pp. 1171-1192.
- Flynn, B.B. & Jacobs, F.R. (1987) ." An Experimental Comparison of Cellular (Group Technology) Layout with Process Layout". Decision Sciences. vol. 18, pp. 562-581.
- Frazier ,Greogory. V. & Spriggs, Mark. T. (1996). "Achieving Competitive Advantage Through Group Technology". Business Horizons. Vol. 39, p. 83.
-Gallagher, C.C. & Knight, W.A. (1986). "Group Technology Production Method in Manufacturing". (First Ed.). New York: Ellis or Wood Limited.
- Jensen, John. B. , Malhotra, Manoj. K. & Philipoom, Patrick R. (1995). " Machine Dedication and Process Flexibility in a Group Technology Environment". Journal of Operation Management. Vol. 14, pp. 19-39.
- Morris, john. S., & Tersine, Richard. J. (1990)." A Simulation Analysis of Factors Influencing the Attractiveness of Group Technology Cellular Layouts". Management Science. Vol. 36, No. 12, pp. 1567-1578.
-Render, Barry. & Heizer, jay. (1999). "Operation Management". (5 th ed.). Prentice Hall International Inc .