بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی صنایع

پایان نامه کارشناسی ارشد

توسعه و طراحی چند مدل از مساله زمانبندی در سیستم های تولید انعطاف پذیر و حل آن با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری

نگارنده

حمید داداشی

استاد راهنما

دکتر ابوالفضل میرزازاده

استاد مشاور

دکتر رضا توکلی مقدم

بهمن ۱۳۸۹

تقدیم به:

خانواده عزیزم که در تمام مراحل تحصیل همواره مشوقم بوده اند و و دعای خیرشان بدرقه راهم بوده است.

تشکر و قدردانی :

در این قسمت بر خود لازم می دانم از زحمات اساتید محترم راهنما و مشاور جناب آقای دکتر ابوالفضل میرزازاده و جناب آقای دکتررضا توکلی مقدم تشکر و قدردانی کنم.

همچنین از اساتید محترم جناب آقای دکتر محمد محمدی و جناب آقای دکتر فریبرز جولای که زحمت داوری این پایان نامه را کشیده اند نیز کمال تشکر را دارم.

چکیده

امروزه در صنایع تولیدی موارد کاربرد سیستم های انعطاف پذیر(FMS) بسیار بیشتر از سیستم های غیر قابل انعطاف پذیر سنتی می باشد. دلیل علاقه روزافزون به این سیستم تولیدی، تغییر مکانیزم و تولید محصولات مختلف و ایجاد تغییر در روند و توالی تولید می باشد . به صورت معمول یک FMS شامل یک ماشین می باشد که بر روی آن چندین سوراخ جایگاه ابزار وجود دارد و ابزار های مختلف می توانند بر روی آن نصب شوند . قطعات به نوبت بر روی دستگاه نصب می شوند و در هر بار که هر قطعه بر روی دستگاه نصب می شود باید ابزارهای مورد نیازآن بر روی دستگاه حضور داشته باشند. هنگامی که تعداد سوراخ های جایگاه ابزار محدود باشد و به ابزاری نیاز باشد که بر روی دستگاه حضور ندارد، باید عمل تعویض ابزار انجام شود .تعداد تعویض ابزار ها در طی مراحل پروسه قطعات با توالی و ترتیب قطعات مرتبط است . مسئله تعویض ابزار به صورت ساده شامل پیدا کردن توالی قطعات مناسب و همچنین توالی مناسبی از تعویض ابزار ها در طی مراحل مختلف، به منظور کمینه کردن تعداد تعویض قطعات می باشد . ثابت شده است که مسئله تعویض ابزار جزء مسائل پیچیده (Np-hard) می باشد که حل دقیق و بهینه آن سخت می باشد . بنابراین در بسیاری از مقالات اخیر از الگوریتم های فرا ابتکاری استفاده شده است.در این پایان نامه سه مدل جدید از مسئله تعویض ابزار ارائه شده است . در مدل اول مسئله کلاسیک تعویض ابزار مورد بررسی قرار گرفته است و در حل آن از یک روش پیشنهادی ترکیبی الگوریتم ژنتیک و الگوریتم دسته بندی اجزا استفاده شده است .مدل دوم بر خلاف مدل کلاسیک تعویض ابزار چند هدفه می باشد . در این مدل فرض شده است که ابزار ها به صورت چند کاره می باشند و هر یک توانایی انجام چند عملیات را دارند . روشی که برای حل این مدل پیشنهاد شده است یک روش حل دو مرحله ای کارا می باشد که در هر دو مرحله از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است ولی پارامتر های ورودی و ساختار کروموزوم ها ی این دو مرحله متفاوت از هم می باشد.در مدل سوم که مدل آخر این پایان نامه می باشد ، ابزار ها به صورت چند کاره هستند و هر یک دارای طول عمر خاص می یاشند. همچنین برای عملیات ها و فعالیت ها زمان انجام ، در نظر گرفته شده است . در همه مدل های مطرح شده، برای ارزیابی عملکرد روش های حل (الگوریتم ژنتیک پیشنهادی) از مثال های عددی استفاده شده است ،نتایج با نتایج بدست آمده از روش های حل دقیق مقایسه شده است. نتایج نشان می دهد که عملکرد الگوریتم های ژنتیک پیشنهادی، در حل مدل های مطرح شده در این پایان نامه بسیار کارا و اثربخش می باشد.

واژگان کلیدی: سیستم های تولید انعطاف پذیر؛ تعویض ابزار؛ دسته بندی؛ الگوریتم های فرا ابتکاری.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول:کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- انواع مسائل زمانبندی ۳

۱-۳- اهداف زمانبندی ۶

۱-۴- سیستم های تولیدی انعطاف پذیر ۸

۱-۵- پروسه استقرار و اجرای FMS ۹

۱-۵-۱- بارگذاری قطعات در FMS ۱۱

۱-۵-۲- زمانبندی قطعات در FMS ۱۲

۱-۵-۳- جابجایی مواد در FMS ۱۴

۱-۵-۴- انعطاف پذیری و سنجش آن ۱۴

۱-۵-۵- ابزار های ماشین در FMS ۱۶

۱-۵-۶- عملیات، تکنیک های کنترل و نگهداری در FMS ۱۸

۱-۵-۷ نیروی انسانی و فرهنگ در FMS ۲۰

۱-۵-۸- طرح کلی مسئله ۲۱

۱-۵-۹- اهداف تحقیق ۲۳

۱-۵-۱۰- ساختار پایان نامه ۲۳

فصل دوم:دبیات و پیشینه موضوع

۲-۱- مقدمه ۲۵

۲-۲- مروری بر مدل های مطرح شده در مسئله تعویض ابزار ۲۸

فصل سوم:مروری بر الگوریتم های فرا ابتکاری به کار گرفته شده در تحقیق

۳-۲- الگوریتم ژنتیک ۳۳

۳-۲-۱- قوانین طبیعی تکاملی ۳۴

۳-۲-۲- پیاده سازی الگوریتم ژنتیک ۳۴

۳-۲-۳- عملگر های ژنتیکی ۳۷

۳-۲-۴- خصوصیات اپراتورها ۳۸

۳-۲-۵- پارامتر های الگوریتم ژنتیک ۳۹

۳-۲-۶- برخی از ویژگی های الگوریتم ژنتیک ۳۹

۳-۲-۷- زمینه های کاربردی الگوریتم ژنتیک : ۴۰

۳-۳- مروری بر الگوریتم بهینه سازی انبوه اجزاء (PSO) ۴۱

۳-۳-۱- الگوریتم بهینه سازی انبود اجزاء استاندارد ۴۲

۳-۳-۲- بهینه سازی در فضای پیوسته ۴۳

۳-۳-۳- رویکردهای مختلف در الگوریتم بهینه سازی انبوه اجزاء ۴۵

۳-۳-۴- معایب الگوریتم بهینه سازی انبوه اجزاء ۴۶

فصل چهارم:ارائه یک روش حل جدید برای مسئله تعویض ابزار کلاسیک

۴-۱- مقدمه ۵۰

۴-۲- ارائه مدل ریاضی مسئله ۵۱

۴-۳- حل مسئله با استفاده از روش پیشنهادی ۵۲

۴-۳-۱- زیرمسئله تعیین ابزار ۵۳

۴-۳-۲- زیرمسئله تعیین توالی قطعات ۵۴

۴-۳-۲-۱- روش FCM ۵۴

۴-۳-۲-۲- الگوریتم ترکیبی انبود اجزاء و FCM (FPSO) ۵۷
۴-۳-۲-۳- الگوریتم درختی فواصل اصلاح شده یا MST ۵۸
۴-۳-۲-۴- الگوریتم ژنتیک مسئله ۶۰
۴-۳-۲-۵- الگوریتم پیشنهادی HATS : ۶۳
۴-۴- نتایج محاسباتی: ۶۶
فصل پنجم:ارائه یک مدل چند هدفه از مسئله تعویض ابزار
۵-۱- مقدمه ۷۱
۵-۲- مدل ریاضی مساله ۷۱
۵-۲-۱- تعریف توابع هدف ۷۲
۵-۲-۱-۱- تابع هدف مربوط به کمینه کردن تعداد تعویض ابزار ۷۲
۵-۲-۱-۲- تابع هدف مربوط به کمینه کردن استفاده بیش از حد(یا غیر مجاز) از ابزار ۷۲
۵-۲-۱-۳- تابع هدف مربوط به متعادل کردن تعداد استفاده از ابزار ۷۳
۵-۲-۲-روش بهینه سازی توابع مسئله ۷۳
۵-۲-۳- محدودیت های مساله ۷۴
۵-۳- ارائه الگوریتم پیشنهادی برای حل مساله ۷۵
۵-۳-۱- حل اولیه مسئله ۷۷
۵-۳-۱-۱- روش امتیاز دهی ابزار ۷۷
۵-۳-۱-۲- توضیحات بیشتر از الگوریتم امتیاز دهی ابزار ۷۹
۵-۳-۲- حل ثانویه مسئله ۸۱
۵-۳-۲-۱- ساختار کروموزومهای الگوریتم ژنتیک ۸۲
۵-۳-۲-۲- اپراتورهای الگوریتم ژنتیک ۸۳

۵-۳-۲-۲- عملگر های ادغام و جهش بر روی ماتریس [X] ۸۴

۵-۴- نتایج محاسباتی ۸۶

فصل ششم:ارائه یک مدل جدید از مسئله تعویض ابزار با در نظر گرفتن زمان انجام عملیات ها و طول عمر ابزار

۶-۱- مقدمه وتعریف مسئله ۹۳

۶-۲- تعریف فرمول ریاضی مسئله ۹۴

۶-۲-۱- پارامترهای ورودی مسئله ۹۴

۶-۲-۳- مدل ریاضی مسئله ۹۶

۶-۳- حل مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک پیشنهادی ۹۸

۶-۳-۱- ساختار کروموزوم های الگوریتم ۹۸

۶-۳-۲- تولید جمعیت اولیه ۱۰۱

۶-۳-۳- الگوریتم جایگذاری ابزار در هر مرحله بر روی دستگاه ۱۰۱

۶-۳-۴- الگوریتم شمارش تعداد تعویضهای ابزار ۱۰۴

۶-۳-۵- مشخصات دیگر الگوریتم فرا ابتکاری ۱۰۵

۶-۴- نتایج محاسباتی ۱۰۵

فصل هفتم:جمع بندی نتایج

۷-۱- مروری بر نتایج بدست آمده ۱۱۱

۷-۲- پیشنهادات برای مطالعات آینده ۱۱۵

فهرست مراجع ۱۱۷

فهرست جدول‌ها

عنوان ..... صفحه

جدول (۴-۱): کمترین و بیشترین ابزار مورد نیاز برای قطعات در هر مثال (مثال های با ابعاد کوچک) ۶۷

جدول (۴-۲): کمترین و بیشترین ابزار مورد نیاز برای قطعات در هر مثال (مثال های با ابعاد بزرگ) ۶۷

جدول(۵-۱): مقایسه بین نتایج حاصل از حل مثال های با ابعاد کوچک با استفاده از B&B و GA ۸۷

جدول(۵-۲): مقایسه بین نتایج حاصل از حل مثال های با ابعاد بزرگ با استفاده از GA و B&B.....۸۸

جدول (۵-۳) : مقایسه بین جواب نهایی حل اولیه و حل ثانویه در روش فرا ابتکاری ۸۹

جدول (۶-۱) : تعداد بیشینه وکمینه عملیات های مورد نیاز در میان همهٔ قطعات (ردیف‌های اول و دوم) و بیشینه و کمینهٔ تعداد ابزار های جایگزین (ردیف های سوم و چهارم) در میان عملیات‌های قطعات برای مثال های با ابعاد کوچک ۱۰۷

جدول (۶-۲) : تعداد بیشینه وکمینه عملیات های مورد نیاز در میان همهٔ قطعات (ردیف‌های اول و دوم) و بیشینه و کمینهٔ تعداد ابزار های جایگزین (ردیف های سوم و چهارم) در میان عملیات‌های قطعات برای مثال های با ابعاد بزرگ ۱۰۷

جدول (۶-۳) : مقایسه بین نتایج حاصل از حل مثال های با ابعاد کوچک با استفاده از GA و B&B.....۱۰۸

جدول (۶-۴) : مقایسه بین نتایج حاصل از حل مثال های با ابعاد بزرگ با استفاده از GA و B&B.....۱۰۸

فهرست شکل‌ها

عنوان *صفحه*

شکل (۱-۱): ماشین چند کاره با قابلیت تعویض ابزار ۲۲

شکل (۳-۱): مراحل اجرای الگوریتم ژنتیک ۳۶

شکل (۳-۲) :نحوه تولید کروموزوم های جدید با استفاده از عملگر ادغام ۳۸

شکل (۳-۳) : نحوه تولید کروموزوم جدید با استفاده از عملگر جهش ۳۸

شکل (۴-۱): چیدمان بین سلولی بدست آمده ازروش MST *ونحوه مشخص کردن توالی قطعات ۵۹*

شکل (۴-۲) : عملگر ادغام یک نقطه ای از نوع APX *برای کروموزوم های جایگشتی ۶۲*

شکل (۴-۳): نمونه هایی از جواب های اولیه تولید شده در انتهای گام ۴ الگوریتم HATS *با توالی انتخاب سلول ها از سمت چپ به راست ۶۵*

شکل (۴-۴): نمونه هایی از جواب های اولیه تولید شده در انتهای گام ۴ الگوریتم HATS *با توالی انتخاب سلول ها از سمت راست به چپ ۶۵*

شکل (۵-۱): عملگر جهش بر روی ماتریس X *،روش بلوکی.....۸۴*

شکل (۵-۲): عملگر جهش بر روی ماتریس X *،روش قطری.....۸۴*

شکل (۵-۳): عملگر ادغام بر روی ماتریس X *، روش بلوکی.....۸۵*

شکل (۵-۴): رفتار زمانی اجرای الگوریتم های GA *و* B&B *را برای مثال های با ابعاد کوچک ۹۰*

شکل (۵-۵): همگرایی بهترین جواب های بدست آمده توسط الگوریتم GA *در طی ۲۰۰۰ نسل.....۹۱*

فصل اول:

کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه

از آنجاییکه زمان در دنیای کنونی یک محدودیت به شمار می رود، زمانبندی[1] به هنر برنامه ریزی، اولویت دهی و چیدمان فعالیت هایی که نیازمنده ترتیب و توالی در انجام دادن آنها می باشد، جهت برآوردن نیازمندی های، محدودیت ها و اهداف مشخص برنامه قلمداد می شود [۱]. در حقیقت زمانبندی موثر منابع نظیر ماشین آلات، نیروی انسانی و مواد یک ضرورت در دنیای رقابتی امروز می باشد و با بهینه سازی استفاده از منابع و امکانات در دسترس، موجب افزایش بازدهی و بهره برداری مناسب از ظرفیت، کاهش زمان موردنیاز به منظور تکمیل کارها و درنهایت سودآوری سازمان می گردد.

زمانبندی جمع آوری قواعد، مدل ها و روش ها جهت تصمیم گیری و تعیین یک برنامه زمانی است. بدین منظور لازم است تا مسئله ، ابعاد مسئله و اهداف آن به طور دقیق در گام نخست مشخص گردد. در گام دوم متغیرهای تصمیم، روابط بین متغیرها و محدودیت های مسئله تعیین می گردد که در این مرحله مولفه ها و اجزاء مسئله و روابط بین آنها بررسی می شود. در گام سوم راه حل های ممکن بررسی و در آخرین گام به مقایسه راهکارهای شدنی و انتخاب بهترین راهکار پرداخته می شود [۲].

در سیستم های تولیدی با مجموه ای بزرگ و متنوع از محصولات، فرآیند ها و سطوح تولید، زمانبندی های تولید می توانند با هماهنگ ساختن بهتر آن ها منجر به افزایش بهره وری و کاهش زمان عملیات شوند. یک زمانبندی تولید می تواند تضاد و اختلاف منابع را شناسایی کند، ترخیص کارها را کنترل کند و همچنین تضمین کند مواد اولیه موردنیاز در زمان مناسب سفارش داده شده اند یا خیر. یک زمانبندی تولید می تواند تعیین کند که آیا در به زمان های تحویل خواهیم رسید یا خیر و مشخص می کند که دوره های زمانی برای نگهداری و تعمیرات بازدارنده و پیشگیری کننده چه هنگامی است. یک

[1] Scheduling

زمانبندی تولید به کارکنان درگیر در تولید یک بیانیه روشن می دهد برای اینکه چه کاری باید انجام شود و ناظران و مدیران می توانند عملکرد آنها را ارزیابی کرده و اندازه بگیرند.

۱-۲- انواع مسائل زمانبندی

مسائل زمانبندی می توانند به دو گروه عمده تقسیم گردند: مدل های قطعی و مدل های احتمالی. در مدل های قطعی کلیه پارامتر های مدل، قطعی فرض می شوند و در مدل هال احتمالی تعدادی از پارامتر ها غیر قطعی می باشند. انواع مسائل زمانبندی قطعی بصورت زیر می باشد [۱]:

زمانبندی تک ماشینه[۲]: در این نوع مسائل تنها یک ماشین در دسترس می باشد و فعالیت ها و کارهای در دسترس تنها از این ماشن خدمت می گیرند. هرکار دارای زمان پردازش، موعد تحویل، اولویت و سایر مسخصات خاص خود می باشد. ممکن است برای کارهایی که زودتر و یا دیرتر از موعد تحویل پردازش و تکمیل می شوند جریمه هم در نظر گرفته شود. معمولاً هدف تعیین توالی کارها برای حداقل کردن جریمه دیرکرد در نظر گرفته می شود. البته در صورتیکه از اهداف دیگری برای توالی کارها استفاده نماییم ممکن است نتیجه های متفاوتی بدست آید.

زمانبندی ماشین های خطی[۳]: در این نوع مسائل تعدادی از ماشین ها بطور متوالی قرار گرفته اند و کارها بصورت متوالی با یک ترتیب مشخص بر روی ماشین ها پردازش می شوند اگرچه زمان پردازش هرکار روی هر ماشین ممکن است مختلف باشد. هدف در این مسائل معمولا چیدمان توالی کارها به منظور حداقل کردن زمان مورد نیاز برای تکمیل کلیه کارها[۴] می باشد.

[2] Single Machine

[3] Flow Shop

[4] Makespan

ماشین های موازی[5]: در اینگونه مسائل تعدادی ماشین مشابه در دسترس می باشد که کارها روی هرکدام از ماشین ها می توانند پردازش شوند. ممکن است کارها دارای وابستگی باشند یعنی کار بعدی تا زمانیکه کار قبلی بطور کامل تکمیل نشده باشد نمی توانند شروع گردد و معمولاً تابع هدف حداقل کردن زمان تکمیل نهایی کار می باشد.

تولید کارگاهی[6]: یکی از متداول ترین سیستم های تولیدی می باشد که در اکثر محیط های تولیدی از این نوع چیدمان استفاده می نمایند. در اینگونه مسائل ماشین های متفاوتی در کارگاه وجود دارد که هرکار بسته به نوع عملیات و روش تولید مورد نظرش نیاز به استفاده از چندین یا کلیه ماشین ها در توالی خاص دارد و تنها محدودیت آن است که یک کار نمی تواند بیش از یکبار از یک ماشین استفاده کند.

در اکثر مسائل هدف معمولاً حداقل کردن زمان تکمیل کل است.

تولید کارگاهی وابسته[7]: همان محیط تولید کارگاهی است که ترتیب پردازش یک یا چندین کار بستگی به پردازش سایر کارها دارد که تولید کارگاهی وابسته نامیده می شود. هدف معمولاً حداقل کردن زمان تکمیل کل است.

تولید کارگاهی باز[8]: اینگونه مسائل شبیه به تولید کارگاهی می باشد غیر از اینکه یک کار روی ماشین ها به هر توالی که کار نیاز داشته باشد پردازش می شود ، به عبارت دیگر هیچ توالی وابسته به عملیاتی وجود ندارد که یک کار را دنبال نماید و معمولاً هدف حداقل کردن زمان تکمیل کل کار می باشد.

[5] Parallel Machines
[6] Job Shop
[7] Dependent Shop
[8] Open Shop

تولید دسته ای[9]: در اینگونه مسائل کارها بصورت دسته ای پردازش می شوند و هر دسته کار نیاز به زمان پردازش معین دارد و ممکن است برای اینکه چند کار در یک زمان پردازش شود، محدودیت ظرفیت داشته باشیم.

خط مونتاژ[10]: در این نوع مسائل کارها از یک توالی عملیاتی معین عبور می نمایند و هدف در این مسائل تعریف ایستگاه های کاری و تخصیص کارها به ایستگاه های موردنظر به منظور بدست آوردن یک سطح تولید معین و کارا می باشد.

خط مونتاژ حالت ترکیبی[11]: در این مسائل کار روی یک خط مونتاژ پردازش می شود که برای تولید محصولات همانند با نیاز ها و زمان های کار مختلف ساخته شده است.

در قوانین زمانبندی بین توالی[12] و زمانبندی[13] اختلاف وجود دارد: توالی معمولاً بر اساس جایگشت کارها یا ترتیب کارها که می بایست روی یک ماشین پردازش شوند، تعریف می شود. درحالیکه زمانبندی معمولاً به تخصیص کارها در میان یک مجموعه ماشین گفته می شود.

[9] Batch Processing
[10] Assembly Line
[11] Mixed-Mode assembly Line
[12] Sequencing
[13] Scheduling

۱-۳- اهداف زمانبندی

استفاده بهینه و کارا از منابع و پاسخگویی به تقاضا دو هدف مهم در تئوری زمانبندی است، که برای رسیدن به آنها با محدودیت هایی چون ظرفیت منابع در دسترس و ترتیب انجام کارها مواجه هستیم. می توان گفت در حل یک مسئله زمانبندی، پاسخگویی به دو پرسش زیر مطرح است:

۱- برای انجام هر کار ئ یا فعالیت کدام منبع را تخصیص دهیم؟

۲- چه زمانی از آن کار و یا فعالیت را انجام دهیم؟

به این ترتیب مسائل زمانبندی را می توان به دو گروه تصمیمات تخصیصی و تصمیمات ترتیبی تقسیم نمود. منابع و فعالیت ها دو جزء اصلی مدل های زمانبندی می باشند.

در مسائل زمانبندی می توان اهداف متعددی را جهت کمینه سازی ، مدنظر قرار داد که عبارتند از:

- حداکثر دیرکرد[۱۴]
- مجموع وزنی تأخیر[۱۵]
- تعداد کار با تأخیر مواجه شده[۱۶]
- مجموع وزنی زودکرد / دیرکرد[۱۷]
- مجموع زمان تکمیل[۱۸]
- مربع انحراف زمان تکمیل از میانگین[۱۹]
- مجموع زمان در جریان [۲۰]

[14] Maximum Lateness

[15] Total Weight Tardiness

[16] Number of Trady Jobs

[17] Total Weight Earliness/Tradiness

[18] Total Completion Time

[19] Squared Deviation of Completion Time about Due date

- مجموع وزنی مورد انتظار انحراف زمان تکمیل از میانگین [۲۱]
- واریانس زمانی تکمیل کارها [۲۲]
- مجموع وزنی زمان تکمیل کارها[۲۳]
- مجموع وزنی مربع زمان تکمیل کارها[۲۴]
- مجموع وزنی منابع مصرف شده [۲۵]
- تعداد کار زودکرد و دیرکرد[۲۶]
- میانگین زمان در جریان[۲۷]
- مجموع دیرکرد کارها[۲۸]
- زمان در جریان وزن داده شد [۲۹]
- میانگین دیرکرد[۳۰]
- ماکزیمم زمان تکمیل کار ها[۳۱]

[20] Total Flow Time
[21] Expected Total Weight Deviation of Completion Time from Due date
[22] Variance of Job Completion
[23] Weighted of Job Completion Time
[24] Weighted sum of Quadratic Completion Time of Job
[25] Total Weighted Resource Consumption
[26] Number of Early and Trady Jobs
[27] Mean Flow Time
[28] Total Late Work
[29] Weighted Flow Time
[30] Average Delay
[31] Maximum Completion Time

۱-۴- سیستم های تولیدی انعطاف پذیر[۳۲]

در سال های اخیر سازمان های تولیدی در مقابل بسیاری از تغییرات غیرقابل پیش بینی بازار از قبیل پیشرفت های تکنولوژیکی، فشار شدید از سوی رقبا و انتظارات رو به رشد مشتریان برای کالاهای با کیفیت بالا و با قیمت پایین تر قرار گرفته اند. شرایط بازار پویا تر و مشتری مدارتر می شود و عملکرد تولید دیگر توسط قسمت محصول تعیین نمی شود ودر عوض فاکتورهای رقابتی دیگری مانند انعطاف پذیری، کیفیت و تحویل به موقع به همان اندازه مهم شده اند [۳].

بنابراین تولید کنندگان، آن دسته از تکنولوژی های تولید را می خواهند که در آنها تغییرات با کمترین هزینه و زمان ممکن برای تولید دسته های متوسط تا بزرگ محصولات امکان پذیر باشد. در بازار رقابتی امروز، برای بقا، شرکت های تولیدی باید انعطاف پذیر، وفق پذیر، پاسخگو به تغییرات و توانا برای تولیدات متنوع در زمان کوتاه تر و با هزینه پایین تر باشند. بدین ترتیب، انعطاف پذیری تولید مهمترین ویژگی برای مطالعه و بررسی در سیستم های تولید مدرن است و این نوع انعطاف پذیری با بکار بستن FMS قابل دستیابی است.

یک سیستم تولیدی انعطاف پذیر، یک مجموعه یکپارچه و پیچیده کنترل شونده توسط کامپیوتر با تجهیزات خودکار جابجایی مواد و ابزارهای ماشینی کنترل عددی[۳۳](NC) است که می تواند انواع قطعات را پردازش کند [۴]. این سیستم تولید به گونه ای است که کارایی یک خط انتقال متعادل و توانایی تأمین انعطاف پذیری یک تولید کارگاهی را داشته باشد. FMS قابلیت تولید انواع مختلف قطعات و کنترل و مسیردهی انعطاف پذیر قطعات را داراست [۵]. شرکت ها از FMS به عنوان راهی جهت دستیابی به ملزومات تولید دلخواه استفاده می کنند. در این صورت میتوان آن را به عنوان یک تکنولوژی نیز در نظر

[32] Flexible Manufacturing Systems

[33] Numerically Controlled