

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



# سیستم‌های تولید به صورت ایکس



انتشارات  
جهاد دانشگاهی  
قزوین

سرشناسه: اعظمی، عادل، ۱۳۷۰ -  
عنوان و نام پدیدآور: سیستم‌های تولید به صورت ایکس / مولف عادل اعظمی.  
مشخصات نشر: قزوین: جهاد دانشگاهی، سازمان انتشارات، واحد قزوین،  
۱۳۹۸.

مشخصات ظاهری: ۹۴ ص.؛ مصور، جدول.

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۶۴۷-۳۶-۶

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

یادداشت: کتابنامه: ص. ۷۹ - ۸۰.

موضوع: مدیریت تولید

موضوع: Production management

موضوع: تولید ناب

موضوع: Lean manufacturing

موضوع: مهندسی تولید

موضوع: Production engineering

موضوع: تولید -- برنامه ریزی

موضوع: Production planning

موضوع: زمان بندی تولید

موضوع: Production scheduling

شناسه افزوده: جهاد دانشگاهی. سازمان انتشارات. واحد قزوین

رده بندی کنگره: TS۱۵۵

رده بندی دیویی: ۶۵۸/۵

شماره کتابشناسی ملی: ۵۷۷۹۹۶۶

عنوان: سیستم‌های تولید به صورت ایکس

مؤلف: عادل اعظمی

گرافیک و صفحه آرایی: مرضیه حمیدی زاده

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۶۴۷-۳۶-۶

چاپ: نوبت اول - ۱۳۹۸

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

بهاء: ۲۳۰۰۰۰ ریال

مصوبه شورای شعبه انتشارات جهاد دانشگاهی قزوین

ناشر: انتشارات جهاد دانشگاهی قزوین

کلیه حقوق محفوظ است ©

# سیستم‌های تولید به صورت ایکس

مؤلف:

عادل اعظمی

دانشجوی دکتری مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران



## پیشگفتار

در عنوان این کتاب، یک  $X$  کلی برای تعیین مفاهیم اصلی سیستم‌های تولیدی که در مقالات (پژوهش‌ها) و صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ استفاده شده است. پس از بیان مقدمه و کلیات در فصل اول، تولید انبوه یا جاب شاپ در فصل دوم، مورد بحث قرار می‌گیرد. این نحوه تولید، قدیمی‌ترین سیستم تولید است. سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر (FMS)<sup>۱</sup> به‌عنوان واکنشی به رقابت جهانی و بازارهای در حال تغییر، پدیدار شده‌اند که در فصل سوم مورد بررسی قرار گرفته‌اند. چنین سیستم‌هایی می‌توانند به‌طور خودکار از یک نوع محصول به محصولی دیگر در مجموعه‌ای از انواع محصولات مشخص، تغییر وضعیت دهند. کارایی و محدودیت‌های FMS در این فصل، مورد تحلیل قرار گرفته است.

در ادامه کتاب در فصل چهارم، سیستم‌های تولید چابک (AMS)<sup>۲</sup> برای مقابله با تغییرات عمیق بازار به‌عنوان یک امر رایج معرفی شده‌اند. در این فصل، AMS با FMS مورد مقایسه قرار گرفته است. سیستم‌های تولید قابل تنظیم مجدد

---

1 - Flexible Manufacturing Systems

2 - Agile Manufacturing Systems

(RMS) <sup>۱</sup> نوین‌ترین گام در جهت سازگاری با تغییرات پیکربندی <sup>۲</sup> سیستم‌ها بوده‌اند که در فصل پنجم به آن‌ها پرداخته شده است. در مورد این نوع سیستم‌های تولیدی به‌طور مفصل، بحث شده است.

مفهوم جدید و رایج دیگر، سیستم‌های تولید ناب <sup>۳</sup> (LMS) است که در فصل ششم، مورد بحث قرار گرفته‌اند. در LMS، تأکید بر شناسایی سیستماتیک و حذف زوائد و اتلاف از فرایندهای تولید است؛ درحالی‌که افزایش پاسخ‌دهی به تغییرات بازار علاوه بر حفظ هزینه‌های تولید در حداقل ممکن را شامل می‌شود. در این فصل، شش روش اصلی برای اجرای LMS ارائه و توضیح داده شده است. همچنین، سیستم‌های LMS با FMS و نیز AMS با RMS مقایسه شده‌اند.

در کتاب حاضر، سیستم‌های تولیدی و نحوه تغییرات و پیشرفت آن‌ها در طول زمان، به اختصار بررسی و ارائه شده‌اند. با وجود تلاش بسیار برای جمع‌آوری و نوشتن مطالب با حفظ پیوستگی موضوعات، بدون شک، این کتاب خالی از ایراد نیست. بنابراین، از خوانندگان محترم درخواست می‌شود که نظرات ارزشمند و سازنده خود را ارسال نموده تا در جهت پربار شدن کتاب از آن‌ها بهره گرفته شود.

## عادل اعظمی

---

1 - Reconfigurable Manufacturing Systems

2 - Configuration

3 - Lean Manufacturing Systems



فصل ۱؛ مقدمه	۱
فصل ۲؛ تولید انبوه	۷
فصل ۳؛ سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر (FMS)	۱۱
۱-۳- معنی انعطاف‌پذیری چیست؟	۱۳
۱-۱-۳- جنبه‌های انعطاف‌پذیری در سطح تاکتیکی	۱۳
۲-۱-۳- انعطاف‌پذیری در سطح استراتژیک	۱۴
۲-۳- تعریف FMS	۱۵
۳-۳- مزایا و محدودیت‌های FMS	۲۰
فصل ۴؛ سیستم‌های تولید چابک (AMS)	۲۳
۱-۴- تعریف	۲۵
۱-۱-۴- فراهم‌آوری مکان‌های کاری ارگونومیک	۲۷
۲-۱-۴- مشارکت کارکنان	۲۷
۳-۱-۴- آموزش	۲۸
۲-۴- چابکی در مقابل ناب	۲۸
۳-۴- چابکی در مقابل انعطاف‌پذیری	۲۸
۴-۴- پایداری هزینه در طول عمر یک AMS	۲۸

## فصل ۵؛ سیستم‌های تولید قابل تنظیم مجدد (RMS) ..... ۳۱

۱-۵- انگیزه ..... ۳۳

۲-۵- تعریف RMS ..... ۳۴

۳-۵- تنظیم مجدد برای مدیریت خطا ..... ۳۷

۱-۳-۵- انگیزه ..... ۳۷

۲-۳-۵- نمونه‌هایی از مدیریت خطا ..... ۳۸

۴-۵- یک مسئله مرتبط با RMS ..... ۳۹

۱-۴-۵- مدلی برای زمان بندی توسعه ظرفیت ..... ۳۹

۲-۴-۵- راه حل مسئله ..... ۴۰

۳-۴-۵- مثال عددی ..... ۴۱

۴-۴-۵- توسعه مدل ..... ۴۵

## فصل ۶؛ سیستم‌های تولید ناب (LMS) ..... ۴۹

۱-۶- تعریف ..... ۵۱

۲-۶- چگونه اتلاف را حذف کنیم؟ ..... ۵۲

۳-۶- شش روش اصلی برای اجرای تولید ناب ..... ۵۵

۱-۳-۶- تولید سلولی / جریان ..... ۵۵

۲-۳-۶- کایزن ..... ۵۹

۳-۳-۶- 5S ..... 60

۴-۳-۶- نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر (TPM) ..... ۶۱

۵-۳-۶- سیستم تولید به هنگام (JIT) ..... ۶۳

۶-۳-۶- روش شش سیگما ..... ۶۵

## فصل ۷؛ نتیجه‌گیری ..... ۷۷

مراجع ..... ۷۹

مقدمه

فصل ۱



هدف اصلی تولید تا دهه ۱۹۶۰، مقیاس اقتصادی بود. مقیاس اقتصادی برای تولید انبوه و بهره‌برداری کامل از ظرفیت کارخانه که متوسط هزینه‌های تولید را تضمین می‌کرد؛ فراخوانده شده بود. تولید انبوه، ثروت فراوان ایجاد کرد. این نوع تولید به‌طور عمده با حجم‌های زیاد و تنوع محصولات کم شناخته می‌شد؛ اما سیستم‌های تولیدی مربوطه، انعطاف‌ناپذیر بود؛ یعنی غیرممکن بود که بتوان با تغییرات قابل توجه بازار و <sup>۱</sup>WIP (کار یا فعالیت در حال پردازش) زیاد و سطوح موجودی بالا با هزینه معقولی سازگاری کرد. خصوصیات تولید انبوه<sup>۲</sup> در فصل دوم، بررسی شده است.

ذکر این نکته ضروری است که جاب شاپ‌ها در آن زمان در حال استفاده بودند. یک جاب شاپ، مجموعه‌ای از تسهیلات (ماشین‌های تراش، فرز، برش، حفاری و غیره) است که کارهای فرآیندی حاوی یک سری عملیات را شامل می‌شود که ممکن است از مشتری به مشتری دیگر متفاوت باشد. یک کار، لزوماً نیازمند تمام تسهیلات نیست. جاب شاپ معمولاً سفارشات کوچک مشتری یا دسته‌های کوچک‌تر را پر می‌کند. مسئله جاب شاپ شامل اختصاص دادن کارها به

---

1 - Work-In-Progress

2 - Mass Production

ماشین‌آلات به منظور بهینه‌سازی معیار داده شده است. معیارهای متعددی برای کمینه‌سازی از قبیل زمان کل<sup>۱</sup>، حداکثر تأخیر، کل زمان کاری و غیره در نظر گرفته می‌شوند. یک مسئله جاب شاپ عموماً NP-hard است. ما در مورد این نوع سیستم استاندارد تولید، بیشتر توضیح نخواهیم داد.

به طور عمده برای رقابت با شرکت‌های ژاپنی، اهداف تولید با در نظرگیری هدف کاهش هزینه‌های تولید به رضایت مشتری از لحاظ زمان تحویل، کیفیت و خدمات، تغییر کرد. این محیط بازار جدید، نیازمند انعطاف‌پذیری بیشتر، کاهش شدید کار در حال پردازش (WIP<sup>۲</sup>) و سطوح موجودی<sup>۳</sup>، چرخه‌های تولید کوتاه شده، کیفیت بهتر در محصولات و خدمات و کاهش ضایعات بود.

سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر (FMS) که در دهه ۱۹۷۰ ظاهر شدند؛ اولین واکنش به این تغییرات بود. در فصل سوم، ما رایج‌ترین تعاریف از FMS را ارائه می‌دهیم و مزایا و معایب این نوع سیستم را تحلیل می‌کنیم. اصطلاحات کلیدی که حداقل به صورت جزئی، FMS را مشخص می‌کنند عبارت‌اند از: سیستم کنترل کامپیوتری، کیفیت محصول، زمان تولید کوتاه‌مدت، هزینه تولید مناسب اما هزینه طراحی بالا و انعطاف‌پذیری محدود.

فصل چهارم به سیستم‌های تولید چابک (AMS) اختصاص دارد. AMSها توانایی مقابله با تغییرات عمیق بازار را به عنوان یک الگوی معمول به همراه تولید سریع انواع مختلف محصولات سفارشی با کیفیت بالا را دارند. تغییرات در نوع محصولات ممکن است نیاز به تغییر سیستم تولید داشته باشد. زمان لازم برای سازگاری سیستم با تغییرات بازار و درصد سرمایه‌گذاری اولیه که می‌تواند در هنگام تغییر پیکربندی سیستم استفاده شود؛ دو معیار اصلی چابکی است.

---

1- Makespan

2- Work In Progress

3- Inventory Level

در فصل پنجم، ما جدیدترین مفهوم سیستم‌های تولید را معرفی می‌کنیم: سیستم‌های تولید قابل پیکربندی مجدد (RMS). RMSها برای انجام تغییرات سریع در تنظیمات سیستم، ماشین‌ها و کنترل آن‌ها به منظور تنظیم تغییرات بازار، طراحی شده‌اند.

مفهوم دیگر در تولید، تولید ناب است. در سیستم‌های تولید ناب (LMS)، تأکید بر شناسایی سیستماتیک و حذف زوائد از فرایندهای تولید است درحالی‌که افزایش پاسخگویی به تغییرات بازار و حفظ هزینه‌های تولید در حداقل ممکن، وجود داشته باشد. ما به طور مفصل در مورد چگونگی دستیابی به حذف زوائد و پیامدهای فلسفه ناب در فصل ششم، تجزیه و تحلیل خواهیم کرد.

سرانجام در فصل هفتم به یک جمع‌بندی کلی از کتاب و مباحث بررسی شده در آن، می‌پردازیم.





# توليد انبوه

## فصل ۲



تولید انبوه، یا تولید جریان<sup>۱</sup>، توسط هنری فورد در آغاز قرن بیستم رواج پیدا کرد. به طور معمول، در چنین سیستمی، محصولات به وسیله نوار نقاله یا وسایل نقلیه اتوماتیک یا سایر سیستم‌های حمل و نقل از کارگری به سمت کارگر دیگر حرکت می‌کنند. مجموعه خاصی از عملیات به هر کارگر اختصاص داده شده و زمان اختصاص داده شده برای انجام مجموعه‌های مختلفی از عملیات، بالانس شده است.

عملیات استاندارد شده‌اند که نرخ تولیدات بالا و پایدار را تضمین می‌کنند؛ زیرا کارگران، کارهای ساده و تکراری انجام می‌دهند. این به نوبه خود، اجازه می‌دهد تا استخدام کارگران با مهارت‌های فنی و مکانیکی محدود پس از یک دوره آموزشی کوتاه، انجام پذیرد.

تولید انبوه، مزایا و معایبی دارد. از جمله مزایا، کاهش شدید فعالیت‌های غیر تولیدی از قبیل تهیه مواد و ابزار، کاهش خطاهای انسانی ناشی از استانداردسازی عملیات است و این واقعیت که عملیات تکراری هستند؛ هزینه‌های کارگری را کاهش می‌دهد و منجر به نرخ تولید بالا ناشی از استانداردسازی عملیات و حذف

فعالیت‌های غیر تولیدی می‌شود. از جمله معایب، لازم است که به سخت‌گیری سیستم‌های تولید انبوه اشاره گردد که باعث می‌شود هرگونه تغییر تولید، پرهزینه باشد. علاوه بر این، تنوع محصولاتی که می‌توانند در یک سیستم تولید انبوه، تولید شوند؛ بسیار محدود است.

در نتیجه، تولید انبوه، تنها زمانی که محصولات مورد نیاز برای مدت زیادی تولید شوند؛ از لحاظ اقتصادی موجه است که در بازار فعلی به طور فزاینده‌ای نادر است. از این فصل، نتیجه می‌شود که چرا مفاهیم جدیدتر تولید حول انعطاف‌پذیری و کاهش هزینه، نمایان می‌شوند.

# سیستم‌های تولید انعطاف پذیر (FMS)

فصل ۳



### ۳-۱- معنی انعطاف‌پذیری چیست؟

چندین جنبه از انعطاف‌پذیری، در مفهوم FMS دخیل هستند.

#### ۳-۱-۱- جنبه‌های انعطاف‌پذیری در سطح تاکتیکی

مهم‌ترین جنبه‌های انعطاف‌پذیری در این سطح عبارت‌اند از:

- انعطاف‌پذیری ماشینی که مبنی بر توانایی ماشین برای انجام چندین عملیات با زمان تنظیم کوتاه، هنگام تغییر از یک عمل به عمل بعدی است.
- انعطاف‌پذیری منابع حمل‌ونقل و هدایت مواد که مبنی بر توانایی حمل‌آسان و تنظیم ابزار برای ماشین‌آلات و حمل‌ونقل و موقعیت دهی محصولات در ماشین‌آلات است.
- انعطاف‌پذیری پردازش که امکان انتخاب از میان چندین فرآیند تولید برای تولید یک محصول را فراهم می‌کند.
- انعطاف‌پذیری مسیریابی که به معنی امکان پیگیری مسیرهای مختلف در سیستم تولید برای انجام توالی یکسانی از عملیات است. این بدان معنی است که اگر دستگاه‌های مشابه یا یکسان در سیستم وجود دارند؛ دو ماشین

مشابه قادر به انجام همان زیرمجموعه عملیات و احتمالاً با زمان‌های عملیات مختلف، می‌باشند.

- انعطاف‌پذیری ظرفیت که یعنی توانایی تغییر آسان حجم تولید، وجود دارد؛ درحالی‌که هزینه‌های تولید را در کمترین سطح نگه می‌دارد.
- انعطاف‌پذیری مخلوط، یعنی امکان تغییر ترکیب انواع محصول در طی یک دوره مشابه بدون هزینه‌های تولید جبرانی و بهره‌برداری از منابع.
- انعطاف‌پذیری نگهداری که اشاره به امکان اجرای بسیاری از فعالیت‌های تعمیر و نگهداری در طول دوره‌های کاری را دارد.

### ۳-۱-۲- انعطاف‌پذیری در سطح استراتژیک

در سطح استراتژیک، رایج‌ترین مشخصه‌های انعطاف‌پذیری عبارت‌اند از:

۱- انعطاف‌پذیری گسترش، یعنی امکان گسترش یک سیستم تولید به طور مداوم با هزینه معقول برای برآورده‌سازی نیازهای بازار وجود دارد. این نوع انعطاف‌پذیری توسط طراحی‌های مدولار به دست می‌آید.

۲- انعطاف‌پذیری برنامه، به این معنی است که برنامه‌هایی که سیستم را کنترل می‌کنند؛ به‌اندازه کافی پیچیده هستند تا دخالت انسانی را تا حد ممکن کاهش دهند. این موضوع به تجزیه و تحلیل دقیق سیستم نیازمند است، اما محدودیت‌هایی را ایجاد می‌کند که سخت‌گیری سیستم را افزایش می‌دهد. در حقیقت، هدف این است که بالانس بین اتوماسیون و انعطاف‌پذیری را پیدا کنیم.

۳- انعطاف‌پذیری بازار، نشان‌دهنده توانایی یک سیستم تولید برای تطبیق کارآمد خود با تغییرات بازار است. اگر انعطاف‌پذیری گسترشی و انعطاف‌پذیری کارآمد برنامه، موجود باشد؛ انعطاف‌پذیری بازار امکان‌پذیر است.



### ۳-۲- تعریف FMS

به‌طور کلی، هدف FMS، دسترسی به کارایی و هزینه پایین تولید است که این، تولید انبوه را توصیف می‌کند و هم‌زمان تولید متنوعی از قطعات در ابعاد متنوعی را شامل می‌شود به نام «مخلوط قطعات» یا برای سادگی «مخلوط». این قطعات متعلق به مجموعه قطعات مشخصی هستند؛ بدان معنی که انواع قطعاتی که می‌توانند تولید شوند؛ محدود هستند.

به‌طور خلاصه، FMS می‌تواند به‌عنوان یک سیستم تولید اتوماتیک تعریف شود که ترکیبی از قطعات را به‌صورت انعطاف‌پذیر تولید می‌کند. اتوماسیون کلی است و با استفاده از کنترل عددی کامپیوتری<sup>۱</sup> (CNC)، حمل‌ونقل خودکار، سیستم‌های موجودی و همچنین ربات‌ها به دست می‌آید.

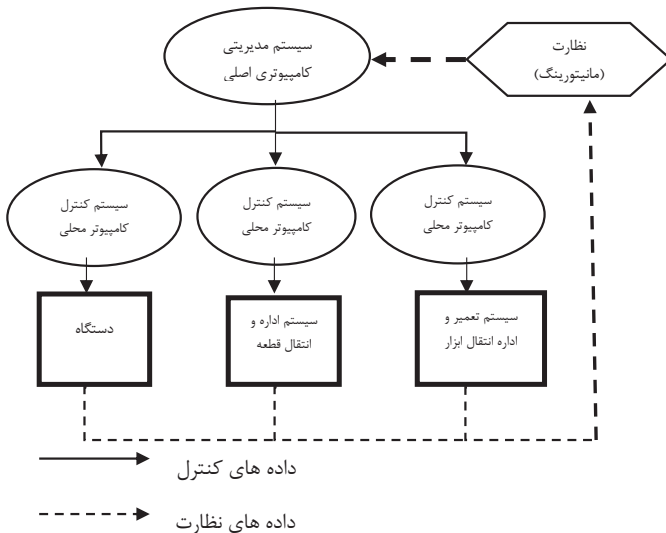
یکی دیگر از تعاریف رایج بیان می‌کند که FMS مجموعه‌ای مرتب شده از ماشین‌آلات و همچنین دستگاه هدایت ابزار و قطعات (ربات‌ها، نوار نقاله، چرخ‌دستی‌های هدایت باسیم، پالت، نوار نقاله‌های فوقانی و غیره) است که می‌تواند هر ترکیبی از قطعات متعلق به خانواده‌های طراحی شده FMS را تولید کند. در این تعریف دوم، عبارت «متعلق به خانواده‌های طراحی شده FMS» بر این واقعیت تأکید دارد که انواع قطعاتی که FMS می‌تواند تولید کند؛ هنوز محدود است. با این حال، ما یک تعریف طولانی اما دقیق‌تر را ترجیح می‌دهیم که به شرح زیر باشد:

FMS شامل مجموعه‌ای از ماشین‌آلات، سیستم حمل‌ونقل و هدایت قطعات و سیستم حمل‌ونقل و هدایت ابزار و تعمیر ابزار برای ماشین‌آلات است. هر جزء FMS دارای سیستم کنترل کامپیوتری محلی خود است. سیستم‌های کنترل محلی با یک سیستم مدیریت کامپیوتری سراسری هماهنگ شده‌اند. FMS به‌صورت خودکار، بخش‌های گوناگون را با توجه به نیازهای مشتریان مختلف،

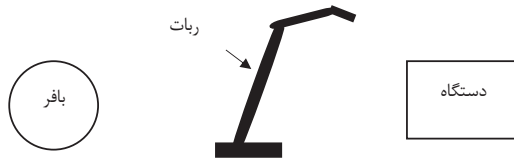
ارائه می‌دهد. تغییر در نیازهای مشتری به صورت خودکار در هنگام نیاز، مورد توجه قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر، سیستم برنامه‌ریزی، طرح کاری خود را به طور خودکار در زمان واقعی، تغییر می‌دهد. FMS همچنین خود را در زمان واقعی با خرابی منابع، تطبیق می‌دهد. مجموعه‌ای از ترکیب‌های موجه، محدود شده است.

یک سیستم مدیریت متداول FMS در شکل ۱، نشان داده شده است. این سیستم دارای مدیریت سلسله‌مراتبی دوسطحی متشکل از سیستم‌های کنترل کامپیوتری محلی است که توسط یک سیستم مدیریت کامپیوتری سراسری، هماهنگ شده‌اند.

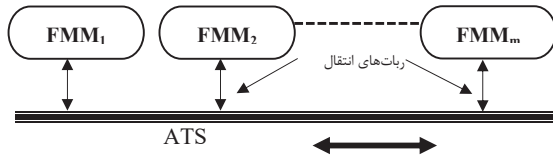
درواقع، ممکن است بیش از دو سطح در سیستم مدیریت سلسله‌مراتبی یافت شود؛ به ویژه هنگامی که ماژول‌های تولید انعطاف‌پذیر ساده و یا سلول‌های تولید انعطاف‌پذیر به جای ماشین‌آلات استفاده می‌شوند.



شکل ۱: یک سیستم مدیریتی دو سطحی برای FMS



شکل ۲: یک ماژول تولید انعطاف‌پذیر



شکل ۳: یک سلول تولید انعطاف‌پذیر

در این فصل، ما یک نمونه از FMS را که دارای تنها یک سطح مدیریت است؛ نشان می‌دهیم. بعداً یک سیستم بسته انعطاف‌پذیر ارائه می‌شود.

دو نهاد انعطاف‌پذیر که در سیستم‌های تولید رایج هستند؛ عبارت‌اند از:

- ماژول‌های تولید انعطاف‌پذیر ساده<sup>۱</sup> (FMM). چنین سیستم انعطاف‌پذیری در شکل ۲، نشان داده شده است. این سیستم شامل یک بافر<sup>۲</sup> از ظرفیت محدود، دستگاه کنترل کامپیوتری و ربات برای انتقال قطعات از بافر به ماشین است.
- سلول‌های تولید انعطاف‌پذیر<sup>۳</sup> (FMC). مجموعه‌ای شامل ماژول‌های تولید انعطاف‌پذیر (FMM) مرتبط با سیستم حمل‌ونقل خودکار<sup>۴</sup> (ATS) و ربات‌هایی که مسئول انتقال قطعات از ATS به FMM هستند و برعکس. FMC در شکل ۳، نشان داده شده است.

1- Flexible Manufacturing Modules

2- Buffer

3- Flexible Manufacturing Cell

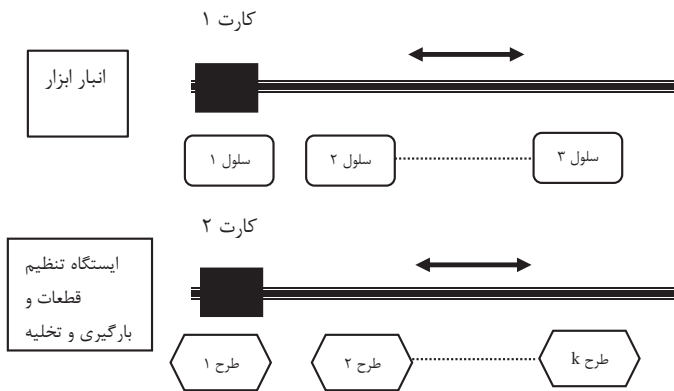
4- Automated Transportation System

انواع مختلف FMS در حال حاضر در حال کار هستند. ما دو نمونه متفاوت را ارائه می‌دهیم تا دیدگاهی از تنوع این نوع سیستم را به دست آوریم.

### یک جاب شاپ انعطاف‌پذیر

این سیستم در شکل ۴، نشان داده شده است. ویژگی این سیستم این است که ۲۴ ساعت شبانه روز اجرا می‌شود. دو کارمند در دو شیفت ۸ ساعته کار می‌کنند. آن‌ها قطعات را روی پالت‌ها تنظیم می‌کنند و پالت‌ها را در سیستم حمل و نقل، بارگیری می‌کنند که آن‌ها را به یک سلول منتقل می‌کند. اگر یک سلول بیکار باشد، آن‌ها را در یک طرح ذخیره‌سازی قرار می‌دهد. پالت‌های انبارشده در هنگام تغییر شیفت، زمانی که کارگران حضور ندارند، ماشین‌ها را پر می‌کنند.

ربات‌های بارگیری و تخلیه با هر سلول، مرتبط هستند تا پالت‌ها را از سیستم حمل و نقل به سلول و برعکس منتقل کنند. هنگامی که بخشی تکمیل می‌شود؛ اگر یک کارمند در محل کار باشد به ایستگاه بارگیری و تخلیه می‌رود؛ یا به ایستگاه ذخیره‌سازی می‌رود و منتظر یک کارمند دیگر می‌شود. کارکنان، بخش تکمیل شده را از پالت تخلیه می‌کنند و سپس پالت برای بخش دیگری استفاده می‌شود.



شکل ۴: یک جاب شاپ انعطاف‌پذیر

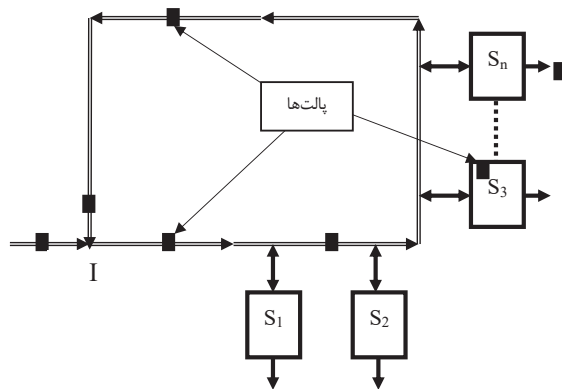
کارت ۱ به ابزارها اختصاص داده شده است. سیستم‌های بارگیری و تخلیه اتوماتیک، انبار کارت و ابزار، چرخ و سلول‌ها را متصل می‌کند. کارت ۲ مسئول حمل و نقل قطعات است. سیستم بارگیری و تخلیه خودکار قطعات را بین انبار قطعات و کارت، کارت و قطعات ذخیره‌سازی، کارت و طرح (پلات) های ذخیره‌سازی و سلول‌ها، نقل و انتقال می‌دهد.

هر مؤلفه سیستم (سلول‌ها، سیستم‌های حمل و نقل، ربات‌های بارگیری و تخلیه، مخزن ابزار و ...) دارای سیستم کنترل خودکار خود است و سیستم مدیریت اصلی، مسئول هماهنگی سیستم‌های کنترل موضعی است.

### یک سیستم بسته بندی انعطاف‌پذیر

هر مؤلفه سیستم (سلول‌ها، سیستم‌های حمل و نقل، ربات‌های بارگیری و تخلیه، انبار ابزار و ...) دارای یک سیستم کنترل خودکار منحصر به فرد است و یک سیستم مدیریت اصلی، مسئول هماهنگی سیستم‌های مدیریت محلی (موضعی) است.

این سیستم در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵: یک سیستم بسته بندی

محصولات به صورت تصادفی در ورودی «I» وارد می‌شوند. هر محصول روی یک پالت، ثابت می‌شود و وارد سیستم بسته‌بندی می‌شود. محصولات دارای حجم و وزن متنوعی هستند. چندین ایستگاه بسته‌بندی  $S_1, S_2, \dots, S_n$  دور تسمه نقاله در دسترس هستند. هر ایستگاه از منابع خاصی بر اساس مشخصات (حجم و وزن) محصولات مورد نظر برای بسته‌بندی، برخوردار است. هنگامی که یک پالت به ورودی یک ایستگاه بسته‌بندی می‌رسد که شامل منابع کافی و مناسب است. اگر ایستگاه بیکار باشد؛ وارد ایستگاه می‌شود و یا در غیر این صورت، راه خود را بر روی تسمه نقاله ادامه می‌دهد. اگر محصول وارد ایستگاه بسته‌بندی شود؛ بسته‌بندی می‌شود و ایستگاه را ترک می‌کند.

توجه شود که محصولات روی تسمه نقاله بر محصولاتی که نامزد ورود به سیستم هستند؛ ارجح‌تر هستند؛ این اولویت برای جلوگیری از بارگیری مازاد نوار نقاله ایجاد شده است.

برای مدیریت این FMS، فقط سیستم‌های کنترل کامپیوتری محلی استفاده می‌شود. یک نفر، ورودی سیستم بسته‌بندی و دیگری ورودی به ایستگاه را مدیریت می‌کند. بنابراین، مدیریت سراسری وجود ندارد و تنها یک سطح مدیریتی برای این سیستم مورد نیاز است.

### ۳-۳- مزایا و محدودیت‌های FMS

همان‌طور که قبلاً تأکید شد؛ FMS:

- به دلیل اتوماسیون، به‌طور پایدار، کیفیت محصول را تضمین می‌کند.
- منجر به افزایش متوسط زمان کار ماشین‌آلات می‌شود. این نتیجه انعطاف‌پذیری FMS‌ها و امکان کار با تعداد کمی کارگر است. بنابراین، FMS بهره‌ورتر از جاب شاپ‌هاست. به‌طور متوسط، زمان کار ماشین‌آلات بین ۱۰٪ تا ۲۰٪ از دوره کار در جاب شاپ‌ها، به ۸۰٪ تا ۹۰٪ در FMS جهش می‌نماید.