

# ارایه دیدگاهی نوین در سیستم تولید کششی و اثرات آن بر جریان تولید و کیفیت

رسول کریمی  
مهدی اسماعیلی  
مریم عباسی  
علیرضا محمود آبادی

## چکیده:

تاریخ دریافت: ۹۱/۱/۲۰  
تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۱۲

جنبش تولید بهنگام (JIT) در ابتدا در دهه ۱۹۸۰ با معرفی سیستم "کانبان" در تویوتا باعث توسعه مفهوم "سیستم های کششی" در سراسر دنیا شد. در نگاه اول، سیستم کششی مفهوم ساده ای دارد و برخلاف "سیستم فشاری" که در آن جریان تولید از فرآیندهای بالادستی به پایین دستی ادامه دارد، محصولات تنها با تقاضای پایین دست توسط فرآیند بالادستی ارسال می گردد و از این طریق باعث ایجاد بهبودهای قابل توجه در سیستم لجستیک، کیفیت و همچنین حرکت سازمان به سمت تعالی می شود. در این مقاله با بررسی ابعاد تولید به روش کششی، دیدگاه نوینی از تولید به این روش ارایه شده و مزایای پیاده سازی سیستم با توجه به این دیدگاه مورد بررسی قرار گرفته است و همچنین یکی از اشکال پیاده سازی تولید به روش کششی در قالب سیستم CONWIP که اجرای آن درعین سادگی مزایای بسیاری برای سازمان ها ایجاد می کند نیز ارایه شده است.

## واژه های کلیدی:

تولید به روش کششی، تولید به روش فشاری، کانبان، CONWIP، کیفیت



### ۱- مقدمه

جنبش تولید بهنگام (JIT) در ابتدا در دهه ۱۹۶۰ با معرفی سیستم "کانبان" در تویوتا باعث توسعه مفهوم "سیستم های کششی" در سراسر دنیا شد. در نگاه اول، سیستم کششی مفهوم ساده ای دارد و برخلاف "سیستم فشاری" که در آن جریان تولید از فرآیندهای بالادستی به پایین دستی ادامه دارد، محصولات تنها با تقاضای پایین دست توسط فرآیند بالادستی ارسال می گردد و از این طریق باعث ایجاد بهبودهای قابل توجه در سیستم لجستیک سازمان می شود.

اگرچه اغلب سیستم هایی که در آن سفارش تولید بر اساس تقاضای تعیین شده از سوی مشتری انجام می شود سیستم کششی به شمار می رود اما به دلیل آنکه سیستم هایی نظیر برنامه ریزی تامین مواد (MRP) که به عنوان سیستم فشاری شناخته می شود، بر مبنای تقاضای مشتری تدوین می شود تعریف فوق نمی تواند تعریف صحیحی باشد. به دلیل منافع بسیاری که از طریق اجرای سیستم کششی در تویوتا بدست آمده است می توان به نکات ارزشمندی در آن دست یافت.[۱]

1. Just In Time
2. Pull System
3. Push System
4. Material Requirement Planning

## ۲- تعریف سیستم کششی از دیدگاه سنتی

سیستم های کششی از نوع پسر و میباشند. سیستم تولید کششی بر خلاف سیستم فشاری از تقاضای پیش بینی شده برای کنترل تولید استفاده نمی کند، بلکه بر اساس تقاضای واقعی از مواد، قطعات یا محصولات نهایی پیاده سازی می شود [۲]

## ۳- تعریف سیستم کششی از دیدگاه نوین

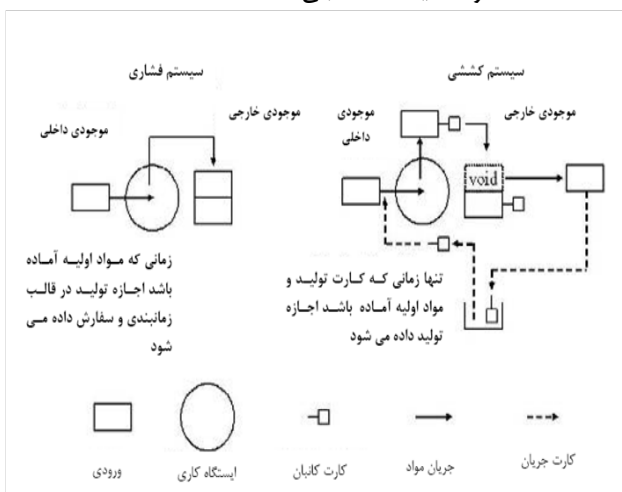
در دیدگاه نوین در سیستم کششی ورود سفارش محصول یا قطعه به خط تولید، بر اساس وضعیت سیستم صورت گرفته و مقدار کار در جریان متناسب با آن محدود می شود. در حالیکه در سیستم فشاری ورود سفارش محصول یا قطعه بر اساس وضعیت سیستم انجام نمی شود و بنابراین مقدار کار در جریان نیز متناسب با آن محدود نمی شود. نکته مهم در ورودی هایی که باعث ایجاد ایستگاه " فشاری " می شوند، این است که محدودیتی که بتواند کمیت و تعداد هر یک از آنها را محدود کند وجود ندارد. برای مثال، عواملی نظیر ورود مشتریان به ایستگاه خدمت دهی در زمان دلخواه مشتری، ورود قطعات به یک ایستگاه ماشینکاری بعد از اتمام فرایندهای بالا دستی و تماس های تلفنی ورودی به ایستگاه راه گزینی تلفنی نمونه ای از سیستم فشاری هستند، زیرا میزان ورودی در آنها تحت تاثیر وضعیت و موقعیت فرآیندی که به آن وارد می شوند قرار نمی گیرد. همچنین حجم کار در جریان هر یک از این عوامل، متناسب با وضعیت سیستم محدود نمی شود.

در ایستگاه های کاری با سیستم کششی که در شکل ۱ نشان داده شده است ورودی ها تنها زمانی می توانند وارد فرایند شوند که به طریقی اجازه ورود به آنها داده شود (مثلاً بوسیله کارت کانبان). در این سیستم نحوه صدور مجوز ورود بر مبنای شاخص های مشخصی انجام می گیرد و این ورودی ها تنها می توانند برای جایگزینی نوعی از موجودی که به دلایلی چون تقاضای مشتری یا تقاضای

ایستگاه پایین دستی از ایستگاه خارج شده است، به ایستگاه وارد شوند.

انبار یک خرده فروش که در آن قفسه کالاها به طور مستمر بررسی شده و محصول در قفسه های خالی جایگزین می شود نمونه ای از یک سیستم کششی است. فضای خالی قفسه یا فضای آن در انبار فروشگاه در مقدار موجودی و ورود محصول یعنی سفارش جایگزینی<sup>۱</sup> محدودیت ایجاد می کند و کاملاً متأثر از تغییر وضعیت سیستم یعنی میزان خالی بودن موجودی است.

شاخصهایی نظیر کارت های کانبان نشانه کمبود در سیستم است. می توان از سایر شاخصها مانند شاخص های الکترونیکی نشان دهنده سطح موجودی و فضای فیزیکی بافر موجودی نیز در این حالت بهره برد. توجه به این نکته مهم ضروری است که به دلیل اینکه ورود قطعات و محصولات تنها زمانی انجام می گیرد که کمبود ناشی از تکمیل محصول یا قطعه قبلی در سیستم پدیدار شود، ورود در یک سیستم کششی وابسته به تکمیل فعالیت محصولات یا قطعات قبلی است.



شکل ۱- طرح اولیه ایستگاههای فشاری و کششی

اغلب مدیران، اجرای سیستم کششی را به دلیل مزایای آن به صورت آگاهانه انتخاب می کنند. اما استفاده از این روش به ماهیت سیستم نیز بستگی دارد. به عنوان مثال در یک فرآیند شیمیایی دسته ای تولید دارو که شامل مجموعه ای

### 1. Replenishment Order

از فرآیندهاست محصولات دارویی به وسیله مخازن ذخیره از هم جدا می شوند. به دلیل کوچک بودن مخازن که تنها قادر به نگهداری یک یا حداکثر دو نوع مواد اولیه می باشند، فرآیندها به سادگی به وسیله فرآیندهای پایین دستی مسدود می شوند. این بدان معناست که ورود کالا به سیستم تا زمانی که فضایی برای آنها ایجاد نشود غیر ممکن است و لذا به طور طبیعی مقادیر کار در جریان دارای محدودیت هستند و ورود کالا به آنها به وضعیت سیستم مرتبط است. بنابراین اینگونه سیستمها در هر شرایطی کشتی هستند حتی اگر طراحان آنها هرگز به پیاده سازی سیستم کشتی یا تولید بهنگام فکر نکرده باشند.

#### ۴- مزایای کاربرد سیستم کشتی

با تعریف سیستم کشتی به عنوان ایجاد ارتباط ورودی ها با وضعیت سیستم در راستای محدود سازی مقدار کار در جریان، می توان به سوال مهم "مزایای سیستم کشتی" پاسخ داد. توصیفات انجام شده از سیستم تولید تویوتا بر محوریت سیستم کشتی در آن تاکید دارد. برای درک این موضوع مزایای اجرای سیستم کشتی را می توان به طور خلاصه به شرح ذیل توصیف نمود:

۴-۱- **کاهش هزینه ها:** به علت محدود کردن مقدار کار در جریان و کاهش دوباره کاری

۴-۲- **بهبود کیفیت:** به دلیل افزایش فشار برای بهبود کیفیت در داخل سازمان و آگاهی از مشکلات، لذا سازمان برای برطرف کردن مشکلات کیفی دست به اقدامات ریشه‌ای می زند و به مرور زمان سطح پایداری فرایند بهبود پیدا می کند و همینطور ایستگاه بالا دستی محصول معیوب خود را به ایستگاه پایین دستی منتقل نمی کند و ایستگاه پایین دستی نیز قطعات معیوب را پذیرش نمی کند.

۴-۳- **بهبود خدمات ارائه شده به مشتریان:** به علت کوتاه شدن زمان سیکل و قابلیت پیش بینی خروجی‌ها.

۴-۴- **افزایش انعطاف پذیری:** به این دلیل که ورودی‌ها فقط زمانی که برای انجام کار بر روی آنها آمادگی وجود دارد وارد سیستم می شوند.

با بررسی ریشه ای بهبودهای صورت گرفته مشخص می‌شود اساس ایجاد این بهبودها استفاده از سیستم کشتی در جهت کاهش مقدار کار در جریان است. به دلیل همسوسازی ورودی با تکمیل فعالیت ها، ایجاد موجودی اضافی در سیستم کشتی امکان پذیر نیست. این محدودیت باعث کاهش سطح کار در جریان و جلوگیری از دوباره کاری ها می شود و به دلیل وجود صف های کوتاه تر عیوب کمتری بین زمان ایجاد یک مشکل و کشف آن به وقوع می پیوندد. همچنین حجم پایین کار در جریان باعث افزایش کیفیت می شود، زیرا سیستمی که با سطح کمی از موجودی فعالیت می کند نمی تواند به طور متناوب بر اثر عیوب کیفی مختل شود. حجم پایین کار در جریان همچنین باعث کشف راحت تر عیوب کیفی نیز می شود زیرا زمان بین به وجود آمدن عیوب و بازرسی هانیز کاهش می یابد. تعریفی که توسط رهبران کیفیت در خصوص کیفیت ارائه شده است مطابق شرح ذیل می باشد.

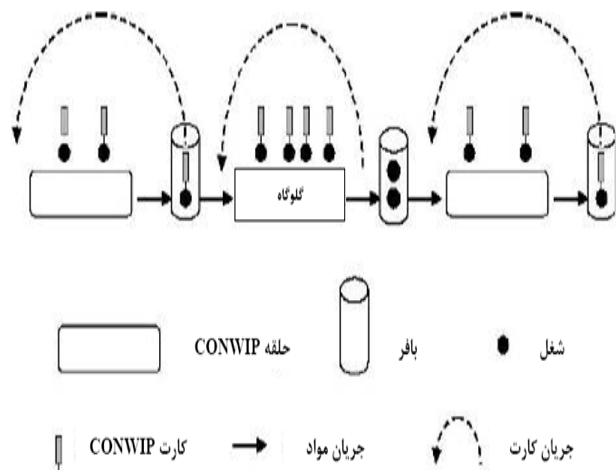
جوران کیفیت را "انطباق با هدف" تعریف کرد پس از آن کرزایی در مورد تعریف کیفیت چنین گفت: انطباق با نیازها و خواسته های مشتری" و دمینگ از کرزایی جلوتر رفته و اظهار داشت که "هدف کیفیت باید تامین نیازهای مشتری برای حال و آینده باشد" [۳] لذا تولید محصول در زمان مورد انتظار مشتری و انعطاف پذیری در زمان تغییر تقاضا مشتری می تواند منجر به خشنودی و خرسندی مشتری شود.

با توجه به موارد فوق می توان نتیجه گرفت ایجاد مکانیزم کشتی منجر به ایجاد مزایا در سیستم تولید بهنگام نمی‌شود بلکه عامل اصلی در ایجاد این مزیت، بهینه سازی مقدار کار در جریان است و این بدان معناست که هر مکانیزمی که منجر به تعیین حد مشخصی از موجودی در سیستم تولید یا زنجیره تامین شود عملکردی مشابه با سیستم تولید بهنگام خواهد داشت. [۴]

## ۵- روش CONWIP نمونه ای از یک سیستم کششی با تعریف نوین

این واقعیت که سیستم کششی می تواند کار در جریان را کاهش دهد نکته مهمی است اما مزایای اجرای یک سیستم کششی می تواند با مکانیزم های مختلفی حاصل شود. به عنوان مثال سیستم کانبان یکی از ابزارهای پیاده سازی سیستم کششی است و لیکن سیستم تولید کششی تنها شامل کانبان نمی باشد و سیستم های که در برگرنده خصوصیات سیستم تولید کششی باشند در این خانواده قرار می گیرند.

روش CONWIP ساده ترین روش در بهینه سازی مقدار کار در جریان است، زیرا در آن تنها یک سطح موجودی تعریف و پیاده می شود. پیاده سازی این سیستم در بسیاری از سازمان های تولیدی و خدماتی به سادگی امکان پذیر است، اما در بعضی از سازمان ها باید از روش های پیچیده تر سیستم کششی در خطوط تولید/ خدمت استفاده نمود. [۵] به عنوان نمونه ممکن است از حلقه های CONWIP در تمام خط تولید/ خدمت استفاده نشود. شکل ۲ نمونه ای از کاربرد این سیستم را نشان می دهد.



شکل ۲- حلقه های PIWNOC

در صورت استفاده از حلقه های CONWIP مجزا، باید ارتباط آنها بطور مناسب تعریف شود. عدم هماهنگی مناسب بین حلقه ها می تواند منجر به افزایش نامحدود مقدار کار در جریان بین حلقه ها شده و بهینه سازی مقدار کار در جریان را بی نتیجه سازد.

نکته آخر اینکه در پیاده سازی سیستم کششی به محاسبه دقیق قطعات نیازی نیست. در سیستم های تولید چند محصولی که در آن محصولات مختلف از نظر فرآیندها و زمان تولید متفاوت هستند، نگهداری قطعات در یک حلقه به تعداد ثابت منجر به نوسان زیاد بار کاری هر ایستگاه می شود و زمانی که قطعات ساده در خط نگهداری می شود، مقدار بار کاری کاهش و زمانی که قطعات پیچیده در خط نگهداری شود بار کاری افزایش می یابد. در نتیجه می توان سیستم CONWIP را با اندازه گیری سایر ابعاد ایستگاه کاری اجرا نمود. برای نمونه در یک شرکت سازنده ماشین آلات کشت دانه های گیاهی، که در آن زمان عملیات در خط تولید بستگی به عرض ماشین دارد با افزایش نیاز به کشت تعداد دانه های بیشتر در هر بار، عرض ماشین بیشتر شده و متناسب با آن قطعات بکار رفته در ماشین افزایش می یابد. ممکن است میزان کار در جریان به نسبت هر ردیف دستگاه اندازه گیری شود. در یک کارخانه تولید مدارهای چاپی، زمان فعالیت بستگی به تعداد لایه های بکار رفته در هر بورد دارد. بنابراین، به جای اندازه گیری کار در جریان برای هر بورد، آن را متناسب با هر لایه اندازه گیری می کنند و یا به طور کلی اندازه گیری کار در جریان ممکن است با شمارش ساعات گلوگاه به جای قطعات انجام شود.

## ۶- کارایی سیستم کششی

سیستم کششی نسبت به سیستم فشاری با وجود میانگین کار در جریان (WIP) و فرآیندهای یکسان در هر دو سیستم، میزان خروجی بالاتری دارد. علاوه بر این، سیستم کششی در مقایسه با سیستم فشاری نسبت به خطاهای سطوح کار در جریان (WIP)، آسیب پذیری کمتری دارد.

## ۷- راندمان CONWIP در مقابل سیستم فشاری

فرض کنید پنج ماشین پشت سرهم هستند و زمان فرایند تمام ماشین ها نمایی است با میانگین  $t_e = 1 \text{ hour}$  و میانگین ظرفیت  $\mu = 1 \text{ job/hour}$  است (شکل ۳)



شکل ۳- ورود کار به خط تولید

کارها مطابق فرایند پواسون با میانگین  $\lambda=TH$  کار در ساعت وارد خط تولید می شوند.

سفارش محصول یا قطعه به خط تولید، بر اساس وضعیت سیستم صورت گرفته و مقدار کار در جریان متناسب با آن محدود می شود و تنها با کنترل کار در جریان ساخت خروجی مشاهده و عملکرد سیستم مطابق تغییرات تنظیم می شود.

با این نگرش نوین می توان ابعاد سیستم کششی و مزایای حاصل از آن را از زاویه وسیع تری مورد بررسی قرار داد و بر خلاف تصورات موجود، از روش های بسیار ساده ای در پیاده سازی یک سیستم کششی و استفاده از مزایای آن بهره برد.

در تولید کششی به دلیل کم شدن موجودی در جریان ساخت و همچنین آهنگ تولید لذا بهبود کیفیت و ایجاد پایداری در فرایند یکی از الزامات اساسی می باشد که سازمان باید به آن دست یابد.

## ۹- منابع

- [۱] غضنفری، مهدی - صغیری، سروش - «سیستم های مدیریت تولید»- چاپ اول- انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران(۱۳۷۹).
- [۲] شفیعی، مرتضی و دیگران- «مدیریت استراتژیک زنجیره تامین» - چاپ اول - انتشارات ترمه (۱۳۸۸).
- [۳] مه پیکر، محمدرضا- یاری، راحله- "تعالی سازمانی و جوایز کیفیت" - چاپ اول- انتشارات سنبله - (۱۳۸۲)

[4] Jing-Wen Li(2005),Investigating the efficacy of exercising JIT practices to support pull production

زمانی که کارها بلافاصله از خط تولید خارج می شوند نرخ بهره بردای برای هر ماشین برابر است با  $U=\lambda/\mu=TH<1$

(۱) مدل CONWIP

$$TH(w) = \frac{w}{w + W_0 - 1} r_b = \frac{w}{w + 4}$$

(۲) سیستم فشاری

$$w(TH) = 5 \frac{U}{1-U} = 5 \frac{TH}{1-TH}$$

برای اینکه بازده عملیاتی سیستم فشاری و CONWIP یکسان شود سطح WIP می بایست مطابق رابطه زیر تنظیم شود.

(۱)

$$w \left( \frac{w}{w+4} \right) = \frac{5(w/(w+4))}{1-(w/(w+4))} = \frac{5w}{4}$$

همانطور که مشاهده می شود در یک بازده عملیاتی مشابه در سیستم فشاری نسبت به CONWIP همواره WIP ۲۵ درصد بیشتر است. [۶]

## ۸- نتایج

در دیدگاه متداول در تعریف سیستم کششی ، محصولات تنها با تقاضای پایین دست توسط فرایند بالادستی ارسال می گردد و از این طریق باعث ایجاد بهبودهای قابل توجه در سیستم لجستیک سازمان می شود. اما بررسی های انجام شده منجر به دیدگاه جدیدی در تعریف سیستم های کششی شده است. در این تعریف در سیستم کششی، ورود

control in a job shop environment, Journal of Manufacturing Technology Management Vol. 16 No. 7,

[5] W. Hopp(2007),Supply Chain Science, McGraw-Hill,

[6] W. Hopp and M.L Spearman(2001), Factory Physics, McGraw-Hill, SECOND EDITION,