چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شماره ۶ ـ تابستان ۱۳۹۱
ص‌ص ۶۶ -۴۵

عوامل کلیدی موفقیت در استقرار سیستم تولید کششی (مورد مطالعه: صنعت قطعه‌سازی خودرو ایران)

مهدی اسماعیلی*، علی حیدری**

چکیده

برآورده‌سازی نیازمندی‌های مشتریان با حداقل هزینه به‌منظور بالا بردن ارزش از مهم‌ترین چالش‌های سازمان‌ها است، و سازمان‌ها به‌دنبال این هستند که با به‌کارگیری روش‌های مؤثر به این مهم دست یابند. یکی از روش‌های کارا در دنیا، استقرار تولید ناب و به‌طور خاص، دست‌یابی به "تولید به‌هنگام" ازطریق تولید کششی می‌باشد. لیکن اغلب سازمان‌ها در راه استقرار این سیستم دچار مشکل شده و به نتایج مورد انتظار دست نمی‌یابند. در این تحقیق، عوامل کلیدی مؤثر بر اجرای موفق سیستم تولید کششی بااستفاده از نظرات خبرگان در ۱۷ عامل مؤثر دسته‌بندی و بر اساس شش خروجی مورد انتظار، ارزیابی و بااستفاده از تکنیک تاپسیس اولویت‌بندی شده است. همچنین یک مطالعهٔ تطبیقی درخصوص پیامدهای حاصل از به‌کارگیری این عوامل کلیدی بر نتایج سیستم تولید کششی ۱۰ پروژه‌ی اجرا شده در شرکت‌های قطعه‌ساز عضو زنجیرهٔ تأمین ایران‌خودرو انجام و به‌صورت عملکردی، اندازه گیری و اولویت‌بندی شده است. نتایج بررسی حاکی از این است که مهم‌ترین عوامل مؤثر بر استقرار سیستم تولید کششی: حمایت و تعهد مدیریت، کار گروهی، تولید هموار، مدیریت جریان، بهبود مستمر و تدوین قواعد پیاده‌سازی می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: تولید به‌هنگام؛ تولید کششی؛ قطعه‌سازی خودرو؛ کانبان.

تاریخ دریافت مقاله:۹۱/۰۷/۱۵، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۱۱/۰۲.

* دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول).
E-mail: mahdi_esmaeili@ut.ac.ir

** استادیار، دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، بسیاری از سازمان‌ها به برخی از مفاهیم ابتکاری و شیوه‌هایی مانند مدیریت کیفیت، تولید به‌هنگام، تولید ناب، و مهندسی مجدد کسب و کار برای حفظ یک مزیت رقابتی، روی آورده‌اند. محققان آکادمیک نیز در تحقیقات مختلف به‌دنبال کشف شیوهٔ ابتکاری برای رسیدن به بهره‌وری عملیاتی و اثربخشی هستند [۴، ۵].

درطول دو دههٔ گذشته کمپانی‌های زیادی، اقدام به اجرای اصول تولید ناب کرده‌اند. ولی با مشکلات متعددی روبه‌رو بوده‌اند. یکی از بزرگ‌ترین مشکلات در راه پیاده‌سازی تولید ناب این است که اکثر سازمان‌ها روی تعداد کمی از ابزارهای ناب تمرکز می‌کنند که این امر منجر به ایجاد پیامدهای منفی برای سازمان‌ها می‌شود [۶]، درحالی‌که مفاهیم ناب می‌بایست در سراسر سازمان پیاده‌سازی شود [۷:۲۷۴].

یکی از ارکان تولید ناب، تولید به‌هنگام[1] است، جنبش تولید به‌هنگام در دههٔ ۱۹۸۰ با معرفی سیستم "کانبان" در تویوتا باعث توسعهٔ مفهوم "سیستم‌های کششی" در سراسر دنیا شد به‌نحوی که سازمان‌ها راهکار مناسب برای کاهش هزینه‌های موجود و تولید مطابق نیاز مشتری را در این سیستم دیدند [۸:۷۹].

فلسفهٔ تولید ناب، مستلزم ایجاد تغییرات اساسی در نظام تولیدی و به‌کارگیری ابزار و شیوه‌های مدیریتی خاص است. تولید کششی یکی از این ابزارهاست [۹]. سیستم‌های کششی ابزار مناسبی برای تحقق انتظارت مشتری می‌باشند. لیکن یکی از مشکلات عمدهٔ سازمان‌ها، نحوهٔ پیاده‌سازی این سیستم‌ها می‌باشد [۱۰].

یکی از صنایع پیچیده از نظر تعداد و حجم قطعات، صنعت خودرو می‌باشد. لذا مدیریت جریان، در دست‌یابی به کارایی مناسب و برآوردسازی نیاز مشتریان حائز اهمیت است. یکی از راه‌های شناخت بهتر و کاهش ریسک ناشی از به‌کارگیری سیستم تولید کششی، شناخت عوامل کلیدی مؤثر بر اجرای موفق سیستم تولید کششی می‌باشد تا سازمان بتواند با سرمایه‌گذاری بر روی هر یک از این عوامل و بهبود و اصلاح آن، آمادگی بیشتری برای اجرای تولید ناب داشته باشد. برخی از عوامل کلیدی موفقیت عبارتند از: مشخصه‌ها، شرایط یا متغیرهایی که اگر درست مدیریت شوند می‌توانند اثر قابل ملاحظه‌ای بر موفقیت موضع رقابتی سازمان داشته باشند [۱۱].

امروزه شرکت‌های خودرو ساز می‌کوشند، با به‌کارگیری "تکنیک‌های تولید به‌هنگام"، هزینه‌ها را کاهش دهند و زمان پاسخ‌گویی به مشتری را بهبود بخشند. اما در برخی موارد، این شرکت‌ها موفق نبوده‌اند تا منافع حاصل از حذف فعالیت‌های بدون ارزش افزودهٔ مربوط به

1. just-in-time (JIT)

"سیستم تولید به‌هنگام" را محقق سازند. و در استقرار این سیستم‌ها با مشکل روبرو هستند [۱۲:۲].

درخصوص عوامل مؤثر بر موفقیت تولید ناب و سیستم تولید به‌هنگام، تحقیقات متعددی صورت گرفته و از تولید کششی به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر بر موفقیت تولید ناب و تولید به‌هنگام نام برده شده است [۱۳، ۱۴].

تحقیقاتی که در زمینهٔ سیستم تولید کششی صورت گرفته، بیشتر درخصوص نحوهٔ تعیین بافر، اندازه و حجم کارت‌های کانبان و یا مکانیزم اطلاع‌رسانی از ایستگاه پایین‌دست به ایستگاه‌های بالادست بوده [۱۵، ۱۶] و درخصوص عوامل کلیدی مؤثر بر موفقیت استقرار سیستم‌های کششی تحقیقی صورت نگرفته است. باتوجه به محدودبودن منابع سیستم تولید و ضرورت اولویت‌بندی تخصیص منابع به‌منظور دست‌یابی به نتایج مورد انتظار، لذا شناسایی، دسته‌بندی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر استقرار سیستم تولید کششی ضروری می‌باشد.

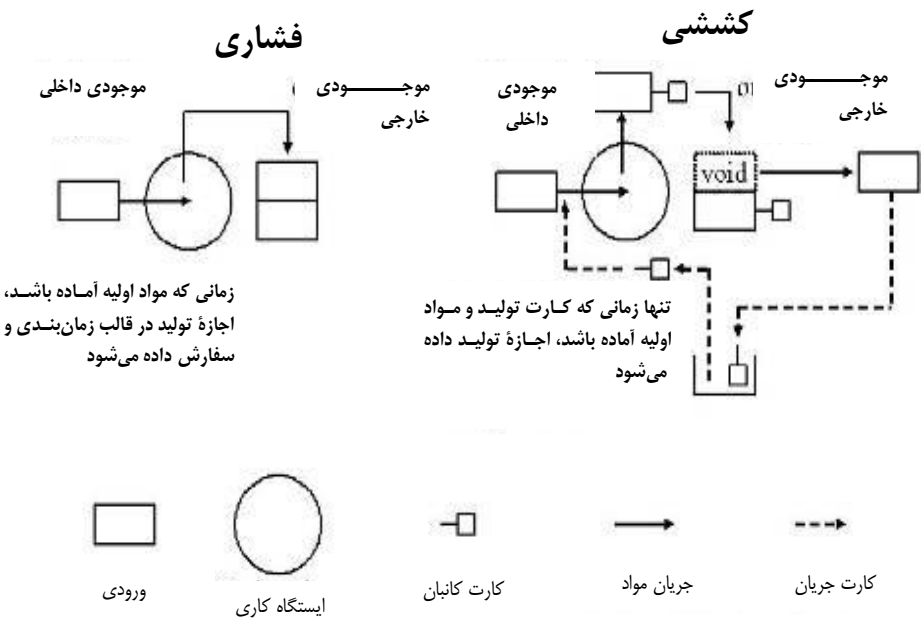
در این تحقیق در ابتدا با بررسی و مطالعهٔ تحقیقات پیشین، عوامل کلیدی مؤثر بر استقرار سیستم‌های تولید کششی استخراج و ازطریق خبرگان دانشگاهی و صنعتی بر اساس شاخص‌های خروجی، ارزیابی شده و سپس بااستفاده از روش تاپسیس[1] اولویت‌بندی شده است. در مرحلهٔ بعد عواملی که اولویت بالاتری داشتند انتخاب و در ۱۰ پروژهٔ پیاده‌سازی شده در صنعت قطعه‌سازی خودرو، توسط تیم اجرایی پروژه‌ها بر اساس خروجی‌های قابل انتظار، ارزیابی و اولویت‌بندی گردید.

۲. مبانی و چارچوب نظری تحقیق

سیستم‌های تولید به دو دستهٔ کششی و فشاری تقسیم می‌شوند [۱۷]. در سیستم فشاری، بر اساس برنامهٔ تولید مبتنی بر پیش‌بینی تقاضا، فرایند تولید قطعات شروع می‌شود و قطعات مطابق توالی تولید از پیش تعیین شده آماده گردیده و به ایستگاه بعدی منتقل می‌شوند. به‌عبارت دیگر هر فرایند بعد از تکمیل شدن، قطعات را برای انجام فعالیت‌های تکمیلی به ایستگاه بعدی ارائه می‌دهد. در سیستم کششی، صرفاً برای مونتاژ نهایی برنامهٔ تولید تدوین می‌شود و فرایندهای دیگر اطلاعات مربوط به سفارش تولید را ازطریق سیستم‌هایی مانند کانبان[2]، آلارم‌های الکترونیکی، ظرف خالی و غیره، دریافت می‌کنند [۱۸]. زمانی که ایستگاه نهایی، برنامهٔ تولید محصول نهایی را تدوین می‌کند، ایستگاه بالادستی می‌بایست مطابق با تقاضا، نیازمندی‌های لازم را برای تولید در ایستگاه پایین‌دستی مطابق کیفیت، کمّیت و در زمان موردنیاز ایجاد نماید.

1. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (Topsis)
2. Kanban

و هر ایستگاه، اقدام به جایگزینی قطعات مصرفی می‌نماید، تا نیاز مشتری برآورده شود [۱۹:۲۲۰]. طرح ایستگاه کششی و فشاری در شکل ۱ مشخص شده است.



شکل ۱. طرح اولیهٔ ایستگاه‌های فشاری و کششی [۸:۸۰]

سیستم تولید کششی توسط ابزارهای مختلفی پیاده‌سازی می‌شود که دو نمونه از بارزترین آن‌ها سیستم کانبان و CONWIP[1] می‌باشد.

کانبان یک کلمهٔ ژاپنی به‌معنای اعلان و یا کارت اعلان می‌باشد که اشاره به سیستم‌های آلارم دیداری در فرایند تولید دارد. این آلارم‌ها، مشخص می‌کند که قطعات به‌همان تعدادی که نیاز است تولید و به فرایند بعدی منتقل شود [۲:۲۰]. کارت‌های کانبان به دو دستهٔ: کارت کانبان تولید و کارت کانبان برداشت تقسیم می‌شوند:

کارت کانبان برداشت یا حمل: مربوط به برداشت ایستگاه بعدی از ایستگاه قبلی می‌شود و در میان دو ایستگاه در جریان است.

کارت کانبان تولید یا سفارش‌گذاری: تعداد قطعه‌ای که ایستگاه تولیدی باید به‌منظور جایگزینی مقادیر برداشت‌شده تولید نماید را مشخص می‌کند [۲:۳۳۳].

1. Constant Work- in- Process

CONWIP یک سیاست کنترلی است که توسط اسپیرمن و وودراف ارائه شده است [۲۱]. در این روش ورود اقلام و قطعات محدود می‌شود. در CONWIP، اطلاعات مصرف قطعات به ماشین اول منتقل می‌شود و بر اساس بافر اقدام به تولید می‌کند و میزان کار در جریان ثابت می‌شود. معمولاً سیستم‌های کششی با سه مکانیزم زیر به‌کار برده می‌شوند:

- کانبان: معمولاً بیشتر از این روش استفاده می‌شود.
- CONWIP: نسبت به کانبان و سایر روش‌ها در حالت چندمحصولی مناسب‌تر است و دارای مزایایی از جمله ساده‌شدن بهینگی است [۲۲].
- ترکیب کانبان و CONWIP منجر به دست‌یابی نتایج مناسب‌تری می‌شود [۲۳].

به‌کارگیری رویکرد تولید کششی در زنجیره‌های تأمین کارا[1] به‌عنوان یک روش به‌منظور دست‌یابی به نیاز مشتری بر اساس کمترین هزینه و استفادهٔ مؤثر از منابع، بعداز بلوغ سیستم تولید تویوتا و معرفی روش کانبان موردتوجه قرار گرفت. به‌نحوی که سایر کشورها نیز اقدام به پیاده‌سازی کانبان نموده و کانبان مترادف با روش تولید کششی شد [۲:۲۰].

در ادبیات مربوط به عوامل کلیدی موفقیت، تعاریف زیادی ارائه شده است. یکی از مهم‌ترین تعاریف مربوط به روکارت است [۲۴]. به‌زعم وی عوامل کلیدی موفقیت عبارتنداز: تعداد محدودی از حوزه‌های فعالیت که عملکرد رقابتی موفقیت‌آمیزی در پی خواهند داشت. در تعریف دیگری پینتو و اسلوین عوامل کلیدی موفقیت را عواملی می‌دانند که به‌طور قابل ملاحظه‌ای شانس اجرای پروژه‌ها را بهبود می‌بخشند [۲۵].

عوامل کلیدی مؤثر بر استقرار سیستم تولید کششی بر اساس تحقیق‌های صورت گرفته در حوزه‌های انسان افزارها، روش‌ها، ابزارها و عوامل فنی تولید ارائه شده است که عبارتند از:

تعهد مدیریت و مشارکت کارکنان. قبل‌از هرگونه اقدام به‌منظور پیاده‌سازی تولید ناب و اصول آن، نیاز است که کلیهٔ افراد سازمان از بالاترین تا پایین‌ترین سطح، متعهد به اجرای آن باشند [۲۰:۱۹، ۲۶، ۲۷، ۲۸:۱۵۵، ۲۹:۳۰، ۳۰:۱۰].

مدیریت، تعهد خود را نسبت به اجرای اهداف تولید ناب، ازطریق اهمیتی که در این زمینه قائل می‌شود، نشان دهد [۱۳، ۲۰:۲۸، ۲۷]. هنگامی که مدیریت مشارکتی در مؤسسه‌ای نمود می‌یابد، روش کششی واقعیت پیدا می‌کند. نظریه‌های مربوط به کاهش هزینه‌ها و بهینه‌سازی، قاعدتاً ازطرف کارکنانی ارائه می‌شوند که هر روز با انجام فرایندها و عملیات‌های مربوطه سر و کار دارند. به‌همین دلیل است که سیستم کششی بدون نقش فعال مدیریت، رهبری اثربخش و حمایت کارکنان، امکان‌پذیر نخواهد بود [۱:۵۹].

1. Lean Supply Chain

مدیریت جریان مواد و طرح چیدمان خطوط تولید. واژهٔ "سیستم کششی" اغلب با "جریان" به‌کار برده می‌شود باید این‌را دانست که همانند "جریان"، "کشش" یک مفهوم است و با یکدیگر در ارتباط هستند ولی مشابه نیستند. "جریان" به‌معنی وضعیت حرکت مواد در طی فرایندهاست و "کشش" ایجاب می‌کند، مواد زمانی به ایستگاه بعدی روند که فراخوانده شوند [۳۱]. یکی از عوامل مهم و مؤثر در استقرار سیستم تولید کششی مدیریت جریان مواد در کل پروسه تولید می‌باشد [۲:۳۷۵، ۲۸:۱۵۲، ۳۲:۳۳، ۳۳، ۳۴]

به‌منظور دست‌یابی به جریان پیوسته، اصلاح طرح چیدمان ماشین‌آلات و انتخاب الگوی چیدمان نقش مؤثری در کاهش زمان پیشبرد و موجودی‌ها دارد [۱۳، ۲۷، ۲۸، ۲۹].

هموارسازی تولید و کاهش دستهٔ تولیدی و انتقالی. هموارسازی جریان تولید می‌تواند سازمان را کمک نماید تا در کوتاه‌ترین زمان نسبت به تغییر نیاز مشتری واکنش نشان دهد؛ به‌نحوی که سازمان از تولید در دسته‌های بزرگ، اجتناب نموده و اقدام به تولید هموار نماید [۲:۳۵۸، ۲۷، ۲۸:۱۶۱، ۳۲:۳۴، ۳۵:۳۶۰]

نتیجهٔ آن حداقل موجودی، هزینه‌های ظرفیت، نیروی انسانی و کاهش زمان انتظار در جریان ارزش می‌باشد. یکی از عوامل مهم در موازنهٔ هزینه و منفعت [1] اندازهٔ زمان‌های آماده‌سازی می‌باشد. به‌نحوی که با کاهش زمان‌های آماده‌سازی امکان کاهش دستهٔ تولیدی[2] مقدور می‌گردد و حجم کارت‌های کانبان کاهش می‌یابد [۲:۳۵۷، ۱۳، ۲۱، ۲۷، ۲۹:۳۱، ۳۵:۳۶۲، ۳۶:۲۴۱].

همچنین با کاهش حجم پالت می‌توان حجم دستهٔ انتقالی[3] را کاهش داد که منجر به کاهش موجودی می‌شود [۲:۳۵۷، ۱۳، ۲۰:۱۸۰، ۲۸:۱۵۷، ۳۴:۱۱۳].

نوسان تقاضا. نوسانات در تولید یا زنجیرهٔ تأمین منجر به استفاده از بافر می‌شود اصطلاح بافر غالباً به‌عنوان موجودی اضافی برای مقابله با تغییرات و نوسانات تلقی می‌شود. لیکن علاوه‌بر موجودی، ظرفیت و زمان نیز به‌عنوان بافر برای مقابله با تغییرات تقاضا به‌کار برده می‌شود. دست‌یابی به ظرفیت انعطاف‌پذیر از طریق بافر می‌تواند سازمان را در برآوردسازی نیاز ایستگاه پایین‌دست در زمان ارسال آلارم و درخواست یاری رساند [۳۵:۳۶۲، ۳۶:۲۴۱].

1. Trade off
2. Process Batch
3. Move Batch

سازمان‌ها علاوه‌بر ظرفیت منعطف در حوزهٔ تجهیزات و ماشین‌آلات می‌توانند با بهره‌گیری از پرسنل چندمهارته، خود را در تطبیق با نیازهای مشتری هم‌راستا سازند [۱۳، ۲۰:۱۸۰، ۲۶، ۲۷، ۲۸:۱۵۶].

کیفیت. یکی از عوامل مؤثر بر استقرار سیستم تولید کششی در سازمان‌ها دست‌یابی به ثبات کیفی و بهبود کیفیت از طریق مدیریت ضایعات و دوباره‌کاری‌ها می‌باشد. همچنین سازمان‌ها می‌بایست سطح دسترسی به تجهیزات خود را از طریق استقرار نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه افزایش دهند [۱۳، ۲۱، ۲۷، ۲۸، ۳۵:۳۴۷]

کار استاندارد. کار استاندارد به‌عنوان یک ابزار مؤثر در دست‌یابی به پایداری سیستم مطرح است. به‌نحوی که سیستم ازطریق انجام فعالیت‌ها و فرایندها بر اساس روش‌های استاندارد می‌تواند به پایداری لازم در استقرار سایر ابزارهای تولید ناب دست یابد [۲:۳۵۸، ۳۲:۳۴، ۳۴:۱۲۴].

مدیریت دیداری. استقرار همهٔ ابزارها، قطعات، فعالیت‌های تولید و شاخص‌های عملکردی در سیستم تولید به شکلی قابل رؤیت، به‌طوری که تمام دست‌اندرکاران بتوانند در یک نگاه وضعیت کل سیستم را درک کنند را مدیریت دیداری[1] می‌نامند، که از آن به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر بر استقرار سیستم تولید کششی نام برده می‌شود [۲۰:۱۸۰، ۲۸:۱۵۷، ۳۴:۱۵۹]

بهبود مستمر و قوانین استقرار. از بهبود مستمر می‌توان به‌عنوان موتور پیش‌برندهٔ تمامی ابزارهای تولید ناب نام برد که سیستم کششی نیز از این قاعده خارج نیست [۳۵:۳۵۹، ۳۴:۱۸۸، ۲۹:۳۰، ۲۸:۱۶۰، ۲۰:۱۸۰].

سیستم کانبان شکننده است و اجرای بد آن می‌تواند نتایج معکوسی داشته باشد. لذا تدوین قوانین و مقرارت به اجرای کانبان کمک می‌کند [۸:۸۹، ۲۰:۱۸۰، ۳۲:۳۴، ۳۵:۳۵۹، ۳۶:۲۴۱].

فرایند ممیزی در زمان اجرای سیستم کششی به‌منظور دست‌یابی به نتایج مورد انتظار ضروری است [۲۰:۱۸۰، ۲۸:۱۵۸، ۲۹:۳۱].

عمدهٔ تحقیقات صورت گرفته درخصوص عوامل مؤثر بر موفقیت سیستم‌های تولید کششی، بر اساس تجربیات و نتایج حاصل از اجرای پروژه‌ها، توسط تیم‌های استقرار سیستم تولید کششی در کشورهای مختلف بوده است که محققان در آثار منتشر شده به آن اشاره کرده‌اند.

1. Visual Management

در جدول ۱ فهرست عوامل با منابع مربوطه ارائه شده است.

جدول ۱. عوامل مؤثر بر استقرار سیستم تولید کششی

عامل	منبع
مدیریت جریان مواد	[۳۴:۶۴ و ۳۳ و ۳۲:۳۳ و ۲۸: ۱۵۲ و ۲:۳۵۷]
ایجاد تولید هموار	[۳۵:۳۶۰ و ۳۲ و ۲۸:۱۶۱ و ۲۷ و ۲:۳۵۸]
زیاد شدن ظرفیت بافرها (ظرفیت انعطاف‌پذیر)	[۳۶:۲۴۱ و ۳۵:۳۶۰]
کاهش زمان‌های آماده‌سازی	[۳۶:۲۴۱ و ۳۵:۳۶۲ و ۲۹:۳۱ و ۲۷ و ۲۱ و ۱۳ و ۲:۳۵۷]
آموزش و وجود پرسنل چندمهارته	[۳۵:۳۶۱ و ۲۹:۳۱ و ۲۸:۱۵۶ و ۲۷ و ۲۶ و ۲۰:۱۸۰ و ۱۳]
طرح چیدمان تجهیزات و ماشین‌آلات (طرح سلولی)	[۲۹:۳۱ و ۲۸:۱۵۲ و ۲۷ و ۱۳]
کیفیت (مدیریت ضایعات و دوباره‌کاری‌ها)	[۳۵:۳۴۷ و ۲۷ و ۲۱ و ۱۳]
کم کردن اندازهٔ پالت	[۳۴:۱۵۹ و ۲۸:۱۵۷ و ۱۳ و ۲:۳۵۷]
مدیریت دیداری	[۲۴:۱۵۹ و ۲۸:۱۵۷ و ۲۰:۱۸۰]
ایجاد قواعد پیاده‌سازی و رعایت آن‌ها (به اندازهٔ تولید کردن)	[۳۶:۲۴۱ و ۳۵:۳۵۹ و ۳۲:۳۴ و ۲۰:۱۸۰ و ۸:۸۹]
ارائهٔ نتایج حاصل از اجرای سیستم و ممیزی اجرای آن	[۲۹:۳۱ و ۲۸:۱۵۸ و ۲۰:۱۸۰]
تهیهٔ طرح بهبود مرحله‌بندی شده (بهبود مستمر)	[۳۵:۳۵۹ و ۳۴:۱۸۸ و ۲۹:۳۰ و ۲۸:۱۶۰ و ۲۰:۱۸۰]
افزایش نوسانات بزرگ و غیرقابل پیش‌بینی	[۳۶:۲۴۱ و ۳۳ و ۲۱]
انجام فعالیت‌ها مطابق با روش‌های استاندارد (کار استاندارد)	[۳۴:۱۲۴ و ۳۲:۳۴ و ۲:۳۵۸]
تعهد و حمایت مدیریت	[۲۷ و ۲۰:۲۸ و ۱۳]
نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه	[۲۷ و ۱۳]
مشارکت کارکنان (مدیریت میانی، سرپرستی، تولید)	[۲۹:۳۰ و ۲۸:۱۵۵ و ۲۷ و ۲۶ ۲۰:۱۹]

مزایای سیستم کششی. همان‌طور که عنوان شد در سیستم تولید کششی کار در جریان ساخت[1] محدود و تولید بر اساس نیاز واقعی ایستگاه پایین‌دست[2] انجام می‌شود. که از آن به‌عنوان یکی از ستون‌های اصلی سیستم تولید تویوتا نام برده می‌شود.

مزایای سیستم کششی را می‌توان در حوزه‌های زیر دسته‌بندی نمود:

کاهش هزینه‌ها. به‌علت محدودکردن مقدار کار در جریان، هزینه‌ها شامل: نگهداری موجودی‌ها، سرمایه در گردش، ضایعات مواد و دوباره‌کاری کاهش می‌یابد [۳۵:۳۴۵ و ۲۹:۳۳ و ۱۰ و ۸:۸۳ و ۲:۳۵۸].

بهبود تحویل به‌موقع (خدمات ارائه‌شده به مشتریان). به‌علت کوتاه شدن زمان سیکل و قابلیت پیش‌بینی خروجی‌ها، تغییرات نیاز مشتری بهتر در فرایند زمان‌بندی و تولید لحاظ و تولید

1. Work in Process
2. Down stream

مطابق با نیاز مشتری انجام می‌شود و سازمان می‌تواند بهتر با تغییرات تقاضا مقابله نماید [۳۴:۱۵، ۳۳:۲۹، ۸:۸۳].

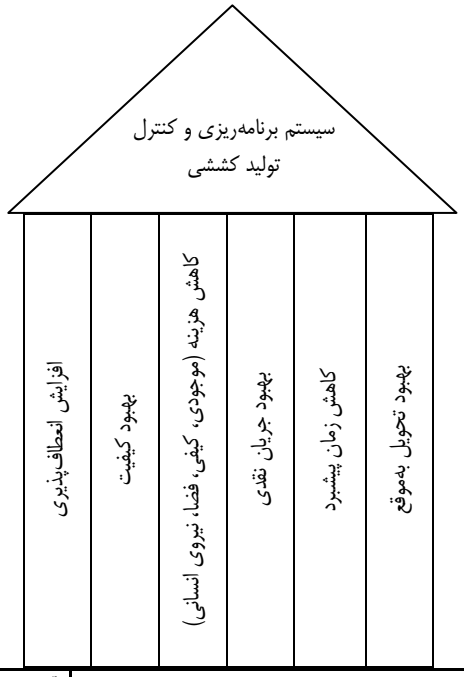
افزایش انعطاف‌پذیری. به این دلیل که ورودی‌ها فقط زمانی که برای انجام کار بر روی آن‌ها آمادگی وجود دارد، وارد سیستم می‌شوند. فرایندها و سازمان مطابق با نیاز واقعی واکنش نشان می‌دهند [۳۵:۳۴۶، ۲۰:۴، ۸:۸۳].

کاهش زمان پیشبرد. باتوجه به کم شدن موجودی‌های در جریان ساخت و همچنین اولویت‌بندی مطابق نیاز مشتری، فاصلهٔ زمانی بین ورود محصول یا قطعه به خط تولید تا تکمیل شدن آن کاهش می‌یابد [۳۴:۱۵، ۲۰:۴].

بهبود جریان نقدی. باتوجه به کم شدن موجودی‌ها و تولید محصول نهایی مطابق نیاز مشتری فاصلهٔ زمانی تبدیل پول به پول کاهش یافته و تمرکز سازمان بر تولید مطابق با برنامهٔ فروش و نیاز مشتری است [۳۴:۱۵، ۲۰:۴].

بهبود کیفیت. به‌دلیل افزایش فشار محیطی برای بهبود کیفی، سازمان‌ها دست به اقدامات ریشه‌ای می‌زنند و به مرور زمان سطح پایداری فرایند بهبود یافته و ایستگاه بالادستی محصول معیوب خود را به ایستگاه پایین‌دستی منتقل نمی‌کند و ایستگاه پایین‌دستی نیز قطعات معیوب را پذیرش نمی‌کند [۳۵:۳۴۷، ۳۴:۱۵، ۲۹:۳۳، ۲۰:۴، ۸:۸۳].

چارچوب مفهومی تحقیق. عوامل مؤثر بر استقرار سیستم تولید کششی در ۱۷ دسته طبقه‌بندی گردیده که باتوجه به خروجی‌های مورد انتظار از سیستم تولید کششی با رویکرد فرایندی (خروجی‌ها) ارزیابی و اولویت‌بندی شده است که در شکل ۳ چارچوب استخراج شده ارائه شده است.



مدیریت جریان مواد	تهیهٔ طرح بهبود مرحله‌بندی شده (بهبود مستمر)	آموزش و وجود پرسنل چندمهارته
مشارکت کارکنان (مدیریت میانی، سرپرستی، تولید)		نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه
ایجاد تولید هموار	ایجاد قواعد پیاده‌سازی و رعایت آن‌ها (به‌اندازه تولید کردن و...)	
تعهد و حمایت مدیریت	ارائهٔ نتایج حاصل از اجرای سیستم و ممیزی اجرای سیستم	
طرح چیدمان تجهیزات و ماشین‌آلات (حرکت به‌سمت طرح سلولی)		کم کردن اندازهٔ پالت
کیفیت (مدیریت ضایعات و دوباره‌کاری‌ها)		انجام فعالیت‌ها مطابق با روش‌های استاندارد (کار استاندارد)
کم کردن زمان‌های آماده‌سازی		افزایش نوسانات بزرگ و غیرقابل پیش‌بینی
مدیریت دیداری		زیاد شدن ظرفیت بافرها (ظرفیت انعطاف‌پذیر)

شکل ۳. چارچوب مفهومی تحقیق

طرح تحقیق. هدف اصلی از این تحقیق، تعیین عوامل مؤثر در اجرای سیستم تولید کششی و اولویت‌بندی آن‌ها و ارزیابی عوامل کلیدی در استقرار سیستم تولید کششی در صنعت قطعه‌سازی خودرو ایران به‌منظور اولویت‌بندی و مشخص شدن اهمیت و فوریت توجه به آن‌ها در راه پیاده‌سازی این سیستم می‌باشد. بدین‌منظور ابتدا عوامل دخیل در اجرای سیستم کششی از ادبیات موضوع، گردآوری شده، آنگاه این عوامل که ماحصل تحقیقات و مطالعات انجام‌شده درسطح جهان است، دسته‌بندی گردیده است. درنتیجه، لیست منسجمی از عوامل و عناصر دخیل در اجرای سیستم تولید کششی تهیه شده است. سپس بااستفاده از پرسشنامهٔ مبتنی بر مصاحبهٔ

ساخت‌یافته نظر خبرگان در این زمینه، با درنظر گرفتن اثر هر عامل بر خروجی‌های مورد انتظار، سنجیده و بااستفاده از روش Topsis اولویت‌بندی گردیده است.

در ادامه بااستفاده از پرسشنامه و بر اساس عوامل شناسایی شده، تجربیات شرکت‌های تولید قطعه عضو زنجیرهٔ تأمین ایران‌خودرو در قالب پروژه‌های استقرار سیستم تولید کششی مورد بررسی قرار گرفت و عملکرد ۱۰ پروژه منتخب ارزیابی گردید.

جامعهٔ آماری و نمونه. جامعهٔ آماری این تحقیق در قسمت خبرگان ۱۳ نفر از اساتید دانشگاه و کارشناسان ارشد و مدیران شرکت طراحی مهندسی و تأمین قطعات ایران خودرو (ساپکو) می‌باشند که بر اساس مدرک تحصیلی و سابقهٔ اجرایی در حوزهٔ برنامه‌ریزی و کنترل تولید و سیستم‌های تولید کششی انتخاب گردیدند. این افراد ۱۷ عامل کلیدی استخراج شده و اثر آن‌ها بر ۶ شاخص خروجی را ارزیابی نمودند.

در بخش دوم تحقیق، اندازه‌گیری عملکرد و سنجش عوامل مؤثر بر پروژه‌های استقرار سیستم تولید کششی، از بین ۱۰ تأمین‌کنندهٔ قطعات خودرو شرکت ایران‌خودرو که از سال ۱۳۸۷ اقدام به استقرار سیستم تولید کششی نموده و سابقهٔ استقرار سیستم در آن‌ها بیش از ۱۸ ماه است، ۳۲ نفر از مدیران و کارشناسان انتخاب گردیدند. این تأمین‌کنندگان تنها تأمین‌کنندگانی بودند که سیستم تولید کششی را در حوزهٔ تأمین، تولید و توزیع استقرار داده‌اند و در زمینهٔ تولید قطعات بدنه، تزئینی، سیستم انتقال قدرت، موتوری و اقلام پلیمری فعال هستند.

در حوزهٔ عملکردی بر اساس ۱۲ عامل که در بخش اول بالاترین رتبه را کسب کرده بودند، شش خروجی مورد انتظار از ۰تا ۱۰۰ امتیازدهی شدند، لازم به ذکر است که از ۳۵ پرسشنامهٔ گردآوری شده ۳ مورد که داری نقص قابل توجه بود از نمونه حذف گردید.

روایی ابزار سنجش بر اساس کسب نظر از سه نفر از خبرگان قبل از ارائه به سایرین، بررسی و اصلاحات اعمال گردید. به‌منظور بررسی پایایی ابزار سنجش نیز از آلفای کرونباخ استفاده شده است. پایایی ابعاد این پرسشنامه بر اساس روش آلفای کرونباخ بااستفاده از نرم‌افزار SPSS در جدول ۲ آمده که مقداری بین ۰/۸۱ تا ۰/۹۲ را نشان می‌دهد و آلفای کل پرسشنامه برابر ۰/۹۸۵۴ بوده و بیانگر پایایی بالای ابزار سنجش است.

جدول ۲. آلفای کرونباخ عوامل مؤثر

عامل	آلفای کرونباخ
مدیریت جریان مواد	۰/۸۱۷۷
مشارکت کارکنان (مدیریت میانی، سرپرستی، تولید)	۰/۸۵۶۴
ایجاد تولید هموار	۰/۸۳۵۷
تعهد و حمایت مدیریت	۰/۸۶۲۱
تهیه طرح بهبود مرحله‌بندی شده (بهبود مستمر)	۰/۹۰۸۵
نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه	۰/۸۵۷۷
ایجاد قواعد پیاده‌سازی و رعایت آن‌ها (به اندازه تولید کردن و...)	۰/۸۷۱۸
کیفیت (مدیریت ضایعات و دوباره‌کاری‌ها)	۰/۸۸۲۳
آموزش و وجود پرسنل چندمهارته	۰/۹۲۶۳
انجام فعالیت‌ها مطابق با روش‌های استاندارد (کار استاندارد)	۰/۸۸۲۸
ارائه نتایج حاصل از اجرای سیستم و ممیزی اجرای سیستم	۰/۸۶۱۸
طرح چیدمان تجهیزات و ماشین‌آلات (حرکت به‌سمت طرح سلولی)	۰/۸۳۳۹

در پرسشنامهٔ اول ۱۷ معیار در شش حوزه در قالب ۱۰۲ شاخص از ۱ تا ۱۰ به‌صورت ماتریسی امتیازدهی شده است و در پرسشنامهٔ دوم ۱۲ معیار در شش حوزه در قالب ۷۲ شاخص از ۰ تا ۱۰۰ امتیازدهی شده است.

باتوجه به توانایی و کاربرد گستردهٔ روش Topsis برای اولویت‌بندی نظرات خبرگان و تیم اجرایی پروژه‌ها از این روش استفاده شده است.

روش Topsis شامل گام‌های زیر می‌باشد [۳:۲۶۱]:

گام اول: کمّی‌کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم (N): برای بی‌مقیاس‌سازی، از بی‌مقیاس‌سازی نورم استفاده می‌شود.

$$V = N \times W_{n\times m}$$

گام دوم: به‌دست‌آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (V): ماتریس بی‌مقیاس‌شده (N) را در ماتریس قطری وزن‌ها ضرب می‌کنیم.

گام سوم: تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی: راه‌حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی، به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

- [بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس V]= راه‌حل ایده‌آل مثبت : V_j^+
- [بردار بدترین مقادیر هر شاخص ماتریس V] = راه‌حل ایده‌آل منفی: V_j^-

– "بهترین مقدار" برای شاخص‌های مثبت، بزرگ‌ترین مقدار تخصیص یافته به آن شاخص به‌ازای گزینه‌های مختلف در ماتریس بی‌مقیاس موزون است و برای شاخص‌های منفی، کوچک‌ترین مقدار تخصیص یافته است. به‌هنگام تعیین راه‌حل ایده‌آل منفی این رابطه برعکس می‌شود.

گام چهارم: به‌دست‌آوردن میزان فاصلهٔ هرگزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی.
– برای محاسبهٔ فاصله می‌توان از فاصلهٔ اقلیدسی یا متعامد استفاده نمود.
– فاصلهٔ اقلیدسی هر گزینه تا ایده‌آل مثبت و فاصلهٔ هر گزینه تا ایده‌آل منفی، بر اساس فرمول‌های زیر حساب می‌شود.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij-} V_j^+)^2} \quad , i = 1,2, \dots, m$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij-} V_j^-)^2} \quad , i = 1,2, \dots, m$$

گام پنجم: تعیین ضرایب نزدیکی (CL*) یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل:

$$CL_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

گام ششم: رتبه‌بندی گزینه‌ها: هر گزینه‌ای که CL آن بزرگ‌تر باشد، بهتر است.

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از تلخیص داده‌های پرسشنامهٔ بخش اول که توسط خبرگان ارزیابی گردید در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. نتایج حاصل از ارزیابی عوامل مؤثر بر اساس خروجی‌های مورد انتظار

X_6	X_5	X_4	X_3	X_2	X_1	خروجی‌های مورد انتظار / عوامل مؤثر	
افزایش انعطاف‌پذیری	بهبود کیفیت	کاهش هزینه	بهبود جریان نقدی	کاهش زمان پیشبرد	بهبود تحویل بموقع		
۶/۳۱	۵/۶۲	۸/۰۸	۷/۸۵	۷/۸۵	۸/۰۸	مدیریت جریان مواد	A_1
۷/۰۸	۶/۱۶	۷/۲۴	۷/۳۹	۷/۰۸	۷/۲۴	ایجاد تولید هموار	A_2
۸/۰۸	۴	۶/۶۲	۵	۶/۷۷	۷/۴۷	زیاد شدن ظرفیت بافرها (ظرفیت انعطاف‌پذیر)	A_3
۷/۷۷	۴/۰۸	۶/۷۷	۵/۷۷	۷/۶۲	۷/۱۶	کاهش زمان‌های آماده‌سازی	A_4
۸	۶/۷	۵/۹۳	۵/۱۶	۶/۷۷	۶/۵۴	آموزش و وجود پرسنل چندمهارته	A_5
۷/۸۵	۵/۱۶	۷/۰۸	۵/۵۴	۷/۰۸	۶/۵۴	طرح چیدمان تجهیزات و ماشین‌آلات	A_6
۵/۴۷	۸/۹۳	۷/۲۴	۶	۵/۸۵	۶/۰۸	کیفیت (مدیریت ضایعات و دوباره‌کاری‌ها)	A_7
۶/۳۱	۵	۶/۱۶	۶/۰۸	۶/۳۹	۵/۷۷	کم کردن اندازهٔ پالت	A_8
۴/۱۶	۴/۹۳	۵	۴/۸۵	۵/۴۷	۵	مدیریت دیداری	A_9
۶/۳۱	۶/۷	۷	۶/۶۲	۶/۹۳	۷	ایجاد قواعد پیاده‌سازی و رعایت آن‌ها (به‌اندازهٔ تولیدکردن)	A_{10}
۶/۳۱	۶/۲۴	۶/۷۷	۶/۲۴	۶/۶۲	۶/۳۱	ارائهٔ نتایج حاصل از اجرای سیستم و ممیزی اجرای سیستم	A_{11}
۶/۵۴	۶/۹۳	۶/۸۵	۶/۷۷	۶/۷۷	۶/۵۴	تهیهٔ طرح بهبود مرحله‌بندی شده (بهبود مستمر)	A_{12}
۳	۲/۹۳	۲/۹۳	۳/۳۱	۳/۳۹	۳/۰۸	افزایش نوسانات بزرگ و غیرقابل پیش‌بینی	A_{13}
۵/۶۲	۶/۶۲	۶/۶۲	۶/۶۲	۷	۶/۹۳	انجام فعالیت‌ها مطابق با روش‌های استاندارد	A_{14}
۷/۳۹	۷/۸۵	۷/۸۵	۷/۷	۸/۰۸	۸/۱۶	تعهد و حمایت مدیریت	A_{15}
۶/۱۶	۶/۵۴	۷	۷/۳۹	۷/۳۱	۷/۳۹	نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه	A_{16}
۷/۵۴	۷/۵۴	۷/۱۶	۶/۴۷	۷/۷۷	۷/۱۶	مشارکت کارکنان (مدیریت میانی، سرپرستی، تولید)	A_{17}

همان‌طور که در جدول۳ مشخص شده، متوسط اثر هر معیار بر شاخص مرتبط اندازه گیری شده است. سپس بااستفاده از روش ستونی، وزن هر یک از شاخص‌ها مطابق ماتریس زیر محاسبه گردیده است.

W= {۰/۱۶۲, ۰/۱۸۵, ۰/۱۷۵, ۰/۱۶۲, ۰/۱۷۸, ۰/۱۶۵}

سپس بااستفاده از رابطهٔ $n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{m} rij^2}}$ ماتریس امتیازدهی نرمال شده و سپس نتایج آن در ماتریس ضرایب، ضرب شده است و با مشخص‌کردن راه‌حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی برای هر شاخص خروجی، فاصلهٔ نتایج هر یک از عوامل تا ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی به‌دست می‌آید که مقادیر d_i^+ و d_i^- محاسبه‌شده برای هر یک از عوامل مندرج در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴. مقادیر d_i^+ و d_i^- محاسبه‌شده برای عوامل مؤثر

عوامل مؤثر	d_i^+	d_i^-
مدیریت جریان مواد	۰/۰۲۵۵۷۳	۰/۰۶۴۱۱۱
ایجاد تولید هموار	۰/۰۲۲۵۱۸	۰/۰۵۹۶۵۸
زیادشدن ظرفیت بافرها (ظرفیت انعطاف‌پذیر)	۰/۰۴۱۴۰۵	۰/۰۵۱۲۲
کاهش زمان‌های آماده‌سازی	۰/۰۳۸۱۸۱	۰/۰۵۳۱۳۱
آموزش و وجود پرسنل چندمهارته	۰/۰۲۹۷۴۲	۰/۰۵۳۴۲۳
طرح چیدمان تجهیزات و ماشین‌آلات (حرکت به‌سمت طرح سلولی)	۰/۰۳۳۲۱۴	۰/۰۵۲۶۳۴
کیفیت (مدیریت ضایعات و دوباره‌کاری‌ها)	۰/۰۲۷۱۹۹	۰/۰۵۸۸۲۳
کم کردن اندازهٔ پالت	۰/۰۳۷۸۰۷	۰/۰۴۳۱۳۶
مدیریت دیداری	۰/۰۵۱۴۹۱	۰/۰۲۷۶۶۳
ایجاد قواعد پیاده‌سازی و رعایت آن‌ها (به‌اندازهٔ تولید کردن)	۰/۰۲۳۶۰۹	۰/۰۵۵۶۶۶
ارائهٔ نتایج حاصل از اجرای سیستم و ممیزی اجرای سیستم	۰/۰۲۸۸۷۶	۰/۰۵۰۳۱۶
تهیهٔ طرح بهبود مرحله‌بندی شده (بهبود مستمر)	۰/۰۲۳۰۹۱	۰/۰۵۵۶۸۲
افزایش نوسانات بزرگ و غیرقابل پیش‌بینی	۰/۰۷۸۴۸۸	۰
انجام فعالیت‌ها مطابق با روش‌های استاندارد (کار استاندارد)	۰/۰۲۶۷۷	۰/۰۵۳۰۵۶
تعهد و حمایت مدیریت	۰/۰۰۸۸۰۶	۰/۰۷۲۱۱
نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه	۰/۰۲۴۳۸	۰/۰۵۵۹۸۹
مشارکت کارکنان (مدیریت میانی، سرپرستی، تولید)	۰/۰۱۶۱۴۵	۰/۰۶۳۶۶۲

اکنون بعداز محاسبهٔ فاصلهٔ هر یک از عوامل با ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی ضریب CL_i^* نیز بر اساس نتایج جدول ۴ محاسبه و در جدول ۵ ارائه شده است و بر اساس مقادیر به‌دست‌آمده اولویت‌بندی شده است.

جدول۵. ضریب CL_i^* محاسبه‌شده برای هر یک از عوامل و اولویت‌بندی آن‌ها

	عوامل مؤثر	CL_i^*
A15	تعهد و حمایت مدیریت	۰/۸۹۱۲
A17	مشارکت کارکنان(مدیریت میانی، سرپرستی، تولید)	۰/۷۹۷۷
A2	ایجاد تولید هموار	۰/۷۲۶۰
A1	مدیریت جریان مواد	۰/۷۱۴۹
A12	تهیهٔ طرح بهبود مرحله‌بندی‌شده (بهبود مستمر)	۰/۷۰۶۹
A10	ایجاد قواعد پیاده‌سازی و رعایت آن‌ها (به‌اندازهٔ تولیدکردن)	۰/۷۰۲۲
A16	نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه	۰/۶۹۶۶
A7	کیفیت (مدیریت ضایعات و دوباره‌کاری‌ها)	۰/۶۸۳۸
A14	انجام فعالیت‌ها مطابق با روش‌های استاندارد (کار استاندارد)	۰/۶۶۴۶
A5	آموزش و وجود پرسنل چندمهارته	۰/۶۴۲۴
A11	ارائهٔ نتایج حاصل از اجرای سیستم و ممیزی اجرای سیستم	۰/۶۳۵۴
A6	طرح چیدمان تجهیزات و ماشین‌آلات (حرکت به‌سمت طرح سلولی)	۰/۶۱۳۱
A4	کاهش زمان‌های آماده‌سازی	۰/۵۸۱۹
A3	زیادشدن ظرفیت بافرها (ظرفیت انعطاف‌پذیر)	۰/۵۵۳۰
A8	کم‌کردن اندازهٔ پالت	۰/۵۳۲۹
A9	مدیریت دیداری	۰/۳۴۹۵
A13	افزایش نوسانات بزرگ و غیرقابل پیش‌بینی	۰/۰۰۰۰

همان‌طور که در جدول ۵ مشخص شده است از نظر خبرگان تعهد و حمایت مدیریت با ضریب ۰/۸۹ بالاترین رتبه را نسبت به سایر عوامل دارا می‌باشد. همچنین مشارکت کارکنان نیز با ضریب ۰/۷۹ در رتبهٔ دوم، حائز اهمیت است و نشان‌دهندهٔ این است که نقش افراد، در سطوح مختلف سازمانی بر استقرار این سیستم غیرقابل انکار است و در کنار آن عواملی مانند مدیریت جریان مواد و تولید هموار نیز مؤثر است. از طرفی افزایش نوسانات بزرگ و غیرقابل پیش‌بینی تقاضا می‌تواند حیات این سیستم را به خطر بیندازد و پیامدهای نامطلوبی داشته باشد.

در مرحلهٔ بعد، عواملی که ضریب اولویت آن‌ها بیشتر از ۰/۶ (بر اساس ضرایب جدول ۵) بود برای ارزیابی عوامل مؤثر بر استقرار سیستم تولید کششی با رویکرد اندازه‌گیری عملکرد انتخاب شدند.

در این مرحله با جمع‌آوری نظرات اعضای تیم پروژه و محاسبهٔ ماتریس ارزیابی عوامل نسبت به خروجی‌های مورد انتظار، نرمال‌سازی شده و حاصل‌ضرب آن در ماتریس ضرایب، ضرب شده است. سپس با مشخص‌کردن راه‌حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی برای هر شاخص خروجی فاصلهٔ نتایج هر یک از عوامل تا ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی به‌دست آمد. سپس ضریب CL_i^* نیز

بر اساس d_i^+ و d_i^- محاسبه و در جدول ۶ ارائه شده است و بر اساس مقادیر به‌دست‌آمده، عوامل مؤثر با دیدگاه عملکردی اولویت‌بندی شده است.

جدول۶ ضریب CL_i^* محاسبه‌شده برای هر یک از عوامل و اولویت‌بندی آن‌ها با دیدگاه عملکردی

	عوامل مؤثر	CL_i^*
A15	تعهد و حمایت مدیریت	۰/۷۲۳۱
A2	ایجاد تولید هموار	۰/۶۴۵۲
A1	مدیریت جریان مواد	۰/۶۳۱۴
A7	کیفیت (مدیریت ضایعات و دوباره‌کاری‌ها)	۰/۵۶۷۹
A10	ایجاد قواعدی پیاده‌سازی و رعایت آن‌ها (به اندازهٔ تولیدکردن و...)	۰/۴۹۵۴
A17	مشارکت کارکنان (مدیریت میانی، سرپرستی، تولید)	۰/۴۰۹۲
A5	آموزش و وجود پرسنل چندمهارته	۰/۴۰۸۱
A6	طرح چیدمان تجهیزات و ماشین‌آلات (حرکت به‌سمت طرح سلولی)	۰/۳۹۰۸
A12	تهیهٔ طرح بهبود مرحله‌بندی شده (بهبود مستمر)	۰/۳۶۱۱
A16	نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه	۰/۳۱۹۲
A14	انجام فعالیت‌ها مطابق با روش‌های استاندارد (کار استاندارد)	۰/۲۸۰۹
A11	ارائهٔ نتایج حاصل از اجرای سیستم و ممیزی‌کردن اجرای سیستم	۰/۱۸۵۷

همان‌طور که مشاهده می‌شود، بنا به اولویت‌بندی صورت‌گرفته توسط روش تاپسیس تعهد و حمایت مدیریت در ارزیابی عملکردی نیز اولویت اول را داراست و برخلاف نتایج حاصل از اولویت‌بندی نظرات خبرگان درخصوص اهمیت بالای مشارکت کارکنان، در ارزیابی عملکردی مواردی چون مدیریت جریان مواد و هموارسازی تولید و مسائل کیفی از اهمیت بالاتری برخوردار هستند. به‌طور کلی، عوامل کلیدی شناسایی شده را می‌تواند در سه دستهٔ انسان‌افزار و عوامل مدیریتی، عوامل فنی تولید و عوامل مربوط به زیرساخت‌ها و قوانین تقسیم‌بندی نموده که در جدول ۷ این دسته‌بندی و رتبهٔ هر عامل در بخش اول و دوم تحقیق ارائه شده است.

جدول ۷. دسته‌بندی و رتبهٔ عوامل

دسته‌بندی	عامل	رتبهٔ بخش اول	رتبهٔ بخش دوم
انسان‌افزار و عوامل مدیریتی	تعهد و حمایت مدیریت	۱	۱
	مشارکت کارکنان (مدیریت میانی، سرپرستی، تولید)	۲	۶
	آموزش و وجود پرسنل چندمهارته	۱۰	۷
فنی تولید	ایجاد تولید هموار	۳	۲
	مدیریت جریان مواد	۴	۳
	نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه	۷	۱۰
	طرح چیدمان تجهیزات وماشین‌آلات (حرکت به‌سمت طرح سلولی)	۱۲	۸
	کیفیت (مدیریت ضایعات ودوباره‌کاری‌ها)	۸	۴
زیرساخت‌ها و قوانین	طرح بهبود مرحله‌بندی شده	۵	۹
	ایجاد قواعد پیاده‌سازی و رعایت آن‌ها	۶	۵
	ارائهٔ نتایج حاصل از اجرای سیستم و ممیزی اجرای سیستم	۱۱	۱۲
	انجام فعالیت‌ها مطابق با روش‌های استاندارد (کار استاندارد)	۹	۱۱

سازمان‌ها می‌توانند با بهره‌گیری از نتایج به‌دست آمده، زیرساخت‌های لازم برای دست‌یابی به نتایج مطلوب حاصل از استقرار سیستم تولید کششی را ایجاد نمایند و برمبنای اولویت مشخص شده، منابع را تخصیص دهند.

۵. نتیجه‌گیری وپیشنهادها

سازمان‌ها برای دست‌یابی به‌نتایج حاصل از استقرار سیستم‌های تولید کششی نیازمند این هستند که عوامل مؤثر را شناسایی و کنترل نمایند. در این تحقیق، عوامل کلیدی شناسایی و اولویت‌بندی شده‌اند. در مرحلهٔ اول، بر اساس نظرات خبرگان، عوامل مؤثر، شناسایی و اولویت‌بندی گردید و در مرحلهٔ دوم تحقیق، عوامل کلیدی شناسایی شده توسط تیم‌های اجرایی پروژه‌های کششی استقراریافته در صنعت خودرو به‌صورت عملکردی، ارزیابی و سپس اولویت‌بندی شد. رویکردی که در این تحقیق به‌کار برده شده ارزیابی خروجی‌های مورد انتظار در سیستم تولید کششی شامل: تحویل به‌موقع، کاهش زمان پیشبرد، بهبود جریان نقدی، کاهش هزینه‌ها، بهبود کیفیت و افزایش انعطاف‌پذیری بر اساس عوامل مؤثر می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، حاکی از این است که باتوجه بجا و شایسته به عوامل مهمی مثل تعهد مدیریت و کارگروهی، می‌توان از بابت تبعات سیستم تولید کششی به آسودگی خاطر نسبی رسید.

علاوه‌بر تعهد مدیریت و کارگروهی، مواردی چون تولید هموار، مدیریت جریان مواد و بهبود مستمر از اهمیت بالایی برخوردار است. با نگاه به اولویت‌های بعدی، می‌توان این‌طور نتیجه‌گیری کرد که توجه به عوامل مدیریتی و جریان مواد نسبت به سایر عوامل، ضرورت بیشتری دارد و افزایش نوسان شدید تقاضا می‌تواند اثر منفی بر اجرای سیستم تولید کششی داشته باشد.

تیم‌های استقرار سیستم تولید کششی نیز همانند خبرگان بر این باورند که تعهد و حمایت مدیریت، مهم و اثرگذار است. لیکن مدیریت جریان مواد، مدیریت ضایعات و دوباره‌کاری‌ها و هموارسازی تولید در پروژه‌های اجرایی سهم بالایی در دست‌یابی به نتایج داشته است. افراد مرتبط نیز باتوجه به تجربهٔ سازمانی خود معتقد هستند، سازمان‌ها در سایهٔ حمایت مدیریت و همچنین کنترل و مدیریت سایر عواملی چون: مشارکت کارکنان، بهبود مستمر، ایجاد ساختار سلولی، به‌کارگیری پرسنل چندمهارته و نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه می‌توانند در استقرار سیستم تولید کششی موفق باشند و از نگاه این افراد ممیزی اجرای سیستم از اهمیت کمتری برخوردار است.

سایر محققین نیز نقش تولید هموار و مدیریت جریان را در استقرار سیستم تولید کششی مؤثر دانسته‌اند و بر این باورند که سیستم‌های کششی با بهره‌گیری از این دو عامل می‌توانند منجر به بهبود بهره‌وری و کاهش موجودی‌ها شوند [۳۴:۶۴، ۳۴-۳۲:۳۳، ۲۸:۱۵۲، ۳۵۸-۲:۳۵۷].

علی‌رغم این‌که در تحقیق حاضر تعهد و حمایت مدیریت، بالاترین اثر را در استقرار سیستم‌های کششی در کشور ما دارد، ولی تعداد کمی از محققین بر اساس کسب تجربه‌ای که در اجرای این سیستم‌ها در سایر کشورها داشته‌اند، از این عامل به‌عنوان عنصر کلیدی نام می‌برند [۲۷، ۱۳،۲۰:۲۸].

بسیاری از محققین براین باورند که سازمان‌ها با کاهش زمان‌های آماده‌سازی می‌توانند مسیر دست‌یابی به خروجی‌های سیستم‌های کششی را هموار ساخته و کار در جریان ساخت را کاهش دهند [۳۶:۲۴۱، ۲۹:۳۱، ۳۵:۳۶۲، ۲۹:۳۱، ۲۷، ۲۱، ۱۳].

درحالی‌که این عامل در بخش اولیهٔ تحقیق از دیدگاه خبرگان حائز رتبهٔ ۱۳ شده، ولی در صنعت خودرو، این عامل نسبت به عواملی مانند نگهداری و تعمیرات، کار استاندارد و طرح چیدمان ماشین‌آلات از اهمیت کمتری برخوردار است.

عمدهٔ اختلاف‌نظر خبرگان و تیم‌های اجرایی پروژه درخصوص اهمیت و اولویت عوامل مؤثر، مربوط به عواملی چون مشارکت کارکنان، طرح چیدمان تجهیزات و ماشین‌آلات، کیفیت و طرح بهبود مرحله‌بندی شده می‌باشد به‌نحوی که از دیدگاه خبرگان، اهمیت مشارکت کارکنان و طرح بهبود مرحله‌بندی شده بیشتر از اولویت مشخص‌شده توسط تیم‌های اجرایی می‌باشد. از دیدگاه

تیم‌های اجرای پروژه‌ها نیز طرح چیدمان تجهیزات و ماشین‌آلات و کیفیت، از اولویت بیشتری نسبت به نظر خبرگان برخودار است.

لازم به‌ذکر است دیدگاه خبرگان و تیم‌های اجرایی پروژه درخصوص اولویت عواملی چون تعهد و حمایت مدیریت، ایجاد تولید هموار، مدیریت جریان مواد، ایجاد قواعد پیاده‌سازی و رعایت آن‌ها و ارائهٔ نتایج حاصل از اجرای سیستم و ممیزی اجرای سیستم یکسان و نزدیک به‌هم می‌باشد.

باتوجه به دستاوردهای تحقیق می‌توان به این نتیجه رسید که عوامل مدیریتی و انسان‌افزارهایی شامل تعهد و حمایت مدیریت، مشارکت کارکنان، آموزش و به‌کارگیری پرسنل چندمهارته در کنار عوامل فنی تولید همچون، تولید هموار، مدیریت جریان مواد و کیفیت می‌تواند خروجی‌های سیستم تولید کششی را تضمین کنند.

لازم به ذکر است در زنجیرهٔ تأمین ایران‌خودرو، کلیهٔ سفارشات تأمین‌کنندگان ازطریق سیستم کانبان آزادسازی می‌شوند. لذا تأمین‌کنندگان ناگزیرند به‌منظور کاهش هزینه‌های خود، به‌سمت "تولید به‌هنگام" و استقرار سیستم "تولید کششی" حرکت کنند که باتوجه به نتایج حاصل از این تحقیق و اولویت‌بندی ارائه شده، می‌توانند هزینه و ریسک استقرار را کاهش دهند.

باید درنظر گرفت که نتایج حاصل از این تحقیق، تنها شامل حوزهٔ صنعت قطعه‌سازی خودرو می‌باشد، و عمدتاً، به عوامل محیطی و زمینه‌ای استقرار سیستم تولید کششی پرداخته شده است. بررسی نقش به‌کارگیری سایر ابزارهای تولید ناب مانند نقش جریان ارزش، کایزن،5S، و غیره بر استقرار سیستم تولید کششی می‌تواند موضوع تحقیقات آتی در این‌خصوص قرار گیرد.

منابع

۱. مهربان ، رضا (۱۳۸۴)، تولید ناب، مشهد :انتشارات جهان فردا .مشهد.

۲. بروان، جیمی و دیگران (۱۳۷۹)، سیستم‌های مدیریت تولید، ترجمهٔ مهدی غضنفری و سروش ضغیری چاپ اول انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

۳. اصغرپور، محمدجواد (۱۳۹۰)، تصمیم‌گیری چندمعیاره، انتشارات دانشگاه تهران ، چاپ دهم.

4. Ziskovsky, Betty & Ziskovsky, Joe(2007),Doing More With Less – Going Lean in Education. Lean Education Enterprises, Inc., Shoreview, Minnesota.
5. Emiliani, Bob,(2005),Your Turn Getting Lean, EizEd, May/June 2005, Pages 56-59.
6. Sheridan, John H.(2000),Growing with Lean, Industry Weekly, October .
7. Womack, James P., Daniel T. Jones and Daniel Roos.(1990),The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production, New York: Harper Perennial.
8. Hopp, Wallace j (2011),Supply Chain Science, McGraw-Hill,1st Edition.
9. McDonald,T.,Van Aken, E. & Butler,R.(2000),Integration of Simulation and Value Stream Mapping in Transformation to Lean Production, IIE Annual Conference.
10. Strozniak, Peter.(2001),Toyota Alters Face of Production. Industry Weekly, August 13.
11. Bruno, A. & Leidecker, J. (1984), Identifying and Using Critical Success Factors, In: Long Range Planning, Vol. 17, No.1, pp. 23-32.
12. Louis, Raymond S. (1997), Integrating Kanban With MRPII: New York, Productivity Press.
13. Brown, Karen L. & Inman, Anthony(1993), Relationship with Vendors Acritical Factor in JIT Implementation. The Journal of Business &Industrial Marketing, 8,1.
14. Chong, Hyonsong, White, Richard E. & Prybutok, Victor. (2001).Relationship among organizational support, JIT implementation, and performance,Industrial management & Data Systems, 101, 5/6.
15. Fukukawa, T& Hong. S.c.(1993),The determination of the optimum number of kanbans in a just-in-time production system,Computers and Industrial Engineering. 24,4 (1993) 551-559.
16. Chaharsooghi, S.K. & Sajedinejad, A(2010),Determination of the Number of Kanbans and Batch Sizes in a JIT Supply Chain System, Scientia Iranica.
17. Villeda,Dudek R. & Smith, L.M(1988),Increasing the production rate of a Just-In-Time production system with variable operation times, Int. J. Prod. Res., 26(11): 1749-1768.
18. Schroer, B.J., Black, J.T. & Zhang, S.X., (1984),Microcomputer analyzes 2-card Kanban system for Just-In-Time small batch manufacturing, Ind. Eng., 16(6): 5465.
19. Monden,Yasuhiro(1983),Toyota Production System,Practical Approach to Production Management, Industrial Engineering and Management Press, Norcross.
20. Gross,John M & McInnis, Kenneth R (2003), Kanban Made Simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process, AMACOM.

21. Spearman, M. L., D. L. Woodruff, & W. J. Hopp(1989), CONWIP: A Pull Alternative to Kanban, International Journal of Production Research 28(5): 879 894.
22. Jodlbauer, H., Huber, A.(2008),Service-level performance of MRP, kanban, CONWIP and DBR due to parameter stability and environmental robustness, International Journal of Production Research 46 (8), 2179–2195.
23. Bonvik, A.M., Couch, C.E.& Gershwin, S.B. (1997),Comparison of production-line control mechanisms,International Journal of Production Research 35 (3), 789–804.
24. Rockart, J. (1979),Chief Executives Define Their Own Information Needs. Harvard Business Review, March - April, pp. 81-92.
25. Pinto, J. & Slevin, D. (1987), Critical Factors in Successful Project Implementation, In IEEE Transactions on Engineering Management,Vol.34, No.1, pp. 22-27.
26. Gupta, Mahesh, Heather Holladay & Mahoney, Mark J. (2000),The human factor in JIT implementation:A Case Study of Ambrake Corporation, Production and Inventory Management Journal, 41,4.
27. Chong, Hyonsong, White, Richard E. & Prybutok, Victor. (2001),Relationship among organizational support JIT implementation and performance,Industrial management & Data Systems, 101, 5/6.
28. Louis, Raymond S (2006),Custom Kanban: Designing the System to Meet the Needs of Your Environment, Productivity Press.
29. Productivity Press Development Team(2002),Pull Production for the Shopfloor ,Productivity press, 1st Edition.
30. Lu. David J.& Nōritsu Kyōkai, Nihon (1989),Kanban: Just-in-Time at Toyota, Portland: Productivity Press Revised Edition.
31. Hopp, Wallace j & Spearman, Mark L (2004),To Pull or Not to Pull Manufacturing & Service Operations Management 6(2), pp. 133–148, ©2004 INFORMS .
32. Ohno,Taiichi (1998),Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production, Productivity,Inc ,1St Edition.
33. bizbodz, Disadvantages of Kanban, Available at:
34. http://www.bizbodz.com/Supply-Chain/kanban/Disadvantages-of-Kanban.asp, accessed (2012/07/08).
35. Anderson, David (2010),Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business, Blue Hole Press.
36. Hopp,Wallace j & Spearman, Mark L (2011), Factory Physics, McGraw-Hill, Third Edition.
37. Askin, Ronald.G & Goldberg,Jeffrey.b(2001),Design and Analysis of Lean Production Systems,john Wiley & Sons,Inc.