راهنمای عملی برای طراحی و استقرار

لجستیک و تغذیه ناب

اثر ریک هریس، کریس هریس و ارل ویلسون

کاظم موتابیان، آزاده رادنژاد، سید عبدالرضا عظیمی

ناب اندیشان

سیستم تغذیه ناب در ایران

سیستم تغذیه ناب، بخشی از یک سیستم کامل کششی است. این سیستم به شما امکان می‌دهد مواد و قطعاتی را که خطوط تولید شما به آنها نیاز دارند دقیقاً به میزانی که نیاز دارند و دقیقاً در زمانی که نیاز دارند با حداقل صرف منابع، در اختیار آنها قرار دهید. برای استقرار یک سیستم تغذیه ناب، بهترین مسیر این است: سلول‌های سرعت‌ساز ناب را طراحی و پیاده کنید و برای جلوگیری از توقف این سلول‌ها در اثر به موقع نرسیدن قطعات و کسری آنها و دیگر مشکلات مربوط به فرآیند تأمین، یک سیستم تغذیه ناب را بر اساس آموزه‌های این کتاب با حداقل هزینه مستقر سازید.

کتاب لجستیک و تغذیه ناب در واقع به تشریح نحوه پیاده‌سازی یک بخش از کل سیستم کششی اختصاص دارد یعنی از بارانداز دریافت قطعات تأمینی به سوپرمارکت قطعات تأمینی و از آن به سلول‌های تولیدی. از مزایای مهم این کتاب آن است که با تمرکز بر این بخش از سیستم کششی، تمام جزئیات لازم برای طراحی و پیاده‌سازی سیستم تغذیه ناب را آموزش داده و دانش خواننده را در خصوص این بخش مهم از سیستم کششی به کمال می‌رساند. اما خواننده باید بداند که برای تکمیل دانش ناب خود در خصوص استقرار یک سیستم کششی کامل باید کتاب مهم و اثر گذار "کانبان از آغاز تا پایان" را نیز مطالعه کند تا بدین وسیله بتواند بر تمام دانش لازم برای استقرار کامل سیستم هموار کششی مسلط گردد.

خوشبختانه ما، هنگام ترجمه و آماده‌سازی این کتاب، از این فرصت و امکان برخوردار بودیم که در مقام مشاور، سیستم تغذیه ناب را در سه شرکت مختلف با محیط‌های تولیدی متفاوت، طراحی و پیاده کنیم.

اولین شرکت، مرکز بهمن موتور بود. در این مرکز، صورت مسئله، تغذیه خط مونتاژ سواری مزدا ۳ بود به نحوی که بتوان سواری مزدا ۲ را همزمان در این خط تولید کرد و به عبارت دیگر بتوان انواع تیپ‌های هریک از این دو نوع خودرو را در هر ترکیبی که مورد تقاضای مشتری است با همواری کامل در یک خط تولید کرد. خوشبختانه، توانستیم به کمک استقرار یک سیستم تغذیه ناب که به خوبی طراحی شده بود به این مهم دست یابیم.

تجربه دوم تغذیه قطعات به خط مونتاژ تولید محصول BLG در شرکت پارس سویچ بود. در این تجربه، تیم بهبود ناب پس از ترسیم نقشه جریان ارزش وضع موجود و آینده و طراحی خط مونتاژ ناب آن، به این نتیجه رسید که بدون طراحی سیستم تغذیه ناب و استقرار آن نمی‌تواند خط مونتاژ جدید را راه اندازی کند چون به احتمال زیاد این خط به دلیل به موقع نرسیدن قطعات و کسری آن بارها متوقف می‌شد. طراحی و استقرار خط مونتاژ مبتنی بر حرکت پیوسته با طراحی و استقرار سیستم تغذیه به طور همزمان انجام شد و این امر باعث شد خط مونتاژ ناب بتواند با حداقل مشکلات و توقفات کار خود را شروع کرده و ادامه دهد.

تجربه سوم، طراحی و راه‌اندازی سلول محصول حضور و غیاب و سیستم ناب تغذیه آن در شرکت جهان گستر است. در این تجربه نیز به دلیل کثرت و تنوع قطعات مصرفی، به این نتیجه رسیدیم که باید استقرار سلول و سیستم تغذیه همزمان انجام شود (باز هم به دلیل جلوگیری از بروز بزرگ‌ترین اتلاف در سلول که همانا توقف برای دریافت قطعات مصرفی بود.) با انجام این مهم یعنی طراحی یک سیستم تغذیه ناب، توانستیم خط مونتاژ را با حداقل مشکل به راه انداخته و به سرعت مشکلات باقیمانده را نیز حل کنیم).

بر اساس این تجارب و آموزه‌های کتاب حاضر، توصیه می‌کنیم اگر محصول شما از مونتاژ تعداد زیادی قطعه درست می‌شود که می‌توانید طراحی و استقرار سلول و سیستم تغذیه را همزمان انجام دهید یا فاصله استقرار این دو را حداقل کنید (در خصوص سلول‌های با قطعات مصرفی پایین می‌توانید این دو عملیات را با تأخیر بیش‌تری انجام دهید).همچنین یادآور می‌شویم که در تمام این سه تجربه ما همزمان آموزه‌های کتابی که در دست دارید و کتاب کانبان از آغاز تا پایان را پیش رو داشته و از آن‌ها استفاده کرده‌ایم. به راستی که راه دستیابی به یک سیستم تغذیه کارآمد تماماً در این کتاب آمده است. در مقام مشاور و مربی ناب، ما آنچه را که در این کتاب می‌خوانید آزموده‌ایم و مطمئنیم که قابل پیاده‌سازی در هر محیط صنعتی و با هر نوع محصولی است و به کمک آن شما می‌توانید به راحتی به یک سیستم تغذیه کارآمد دست یابید.

در پایان، ضمن سپاس از پروردگار متعال از خانم مریم دربندی که نه تنها در مقام صفحه‌آرا و نمونه خوان وظایف خود را به دقت انجام داد، بلکه در مقام یک مدیر جریان ارزش ناب، کمک کرد تا این کتاب در حرکت پیوسته آماده انتشار گردد، تشکر می‌کنیم. از آقای عبدالرضا عظیمی، کارشناس لجستیک شرکت ساپکو که ترجمه حاضر نخستین کار گروهی ایشان با ما بود متشکریم. ایشان با سعه صدر و توان بالا در کار گروهی، باعث شد که کتاب حاضر بیش از پیش از عیوب پیراسته گردد و با کیفیتی در خور، برای انتشار آماده گردد.

نیز باید از تمام شرکت‌هایی تشکر کنیم که طی سال‌های گذشته با اعتماد به ما این امکان را فراهم کردند بتوانیم دانش ناب خود را از طریق انجام تجارب ناب در محیط‌های صنعتی مختلف تعمیق داده و افزایش دهیم. همواره خود را مدیون مدیران، و کارکنان و به ویژه سرپرستان و مدیران و اپراتورهای خط تولید این شرکت‌ها می‌دانیم.

کاظم موتابیان و آزاده رادنژاد

مقدمه

در تابستان ۱۹۹۸ هنگامی که کتاب *آموزش دیدن*، به عنوان اولین کتاب مؤسسه لین‌اینترپرایز وارد بازار شد، اصرار داشتیم خوانندگان از طریق نقشه‌برداری جریان ارزش هر خانواده محصول، به سمت استقرار فرآیندهای کامل به پیش روند. و گفتیم که نقشه‌برداری می‌تواند در سطوح مختلفی انجام شود، از سطح فرآیندی منفرد در یک تأسیسات تولیدی تا سطح کل مسیر مواد اولیه تا دستان مشتری. و بهترین نقطهٔ شروع به باور ما حرکت اطلاعات و مواد از در ورود تا در خروج یک کارخانه منفرد است.

از آنجا که هنگام نقشه‌برداری در سطح یک کارخانه نوعی، با کنار هم قرار دادن مراحل پردازش‌گر از هم جدا، به منظور ایجاد سلول‌های به هم فشرده، همواره فرصت‌های زیادی برای استقرار حرکت پیوسته وجود خواهد داشت، در دومین کتاب لین‌اینترپرایز، *آفرینش حرکت پیوسته*، که در سال ۲۰۰۱ روانهٔ بازار شد، از مایک رادر و ریک هریس خواستیم که سطح فرآیند را درکانون توجه خود قرار دهند. آنها در این کتاب به تفصیل شرح دادند که چطور ناب اندیشان می‌توانند گام‌های پردازشگر جدا از هم را در سلول‌های فشرده دارای حرکت واقعی، در کنار هم قرار دهند.

آفرینش حرکت پیوسته نیز مانند آموزش دیدن، به دلیل فروش بیش از یازده هزار نسخه و ترجمه به زبان‌های زنده دیگر، باعث سربلندی ما شد. با این وجود، پیشرفت در به کار بستن روش‌های ناب در یک بُعد، اغلب مشکلات جدیدی را در ابعاد دیگر آشکار می‌کند. اخیراً بررسی شرکت‌هایی که سلول‌های حرکت پیوسته را ایجاد کرده بودند نشان داد که خروجی این سلول‌ها هنوز هموار نیست. برخی تحقیقات ساده حاکی از آن بود که حرکت مواد مورد نیاز و تغذیه سلول‌ها هنوز نامنظم است و حتی گاه عملیات تغذیه را دچار مشکل می‌کند.

به بیان زیست شناختی، در حال‌حاضر، سوخت و ساز سلول درست است، اما تأمین مواد غذایی آن مشکل دارد. بنابراین، سؤال این است: چگونه می‌توان سیستم گردش خونی ایجاد کرد که تمام مزایای حرکت پیوسته (و مزایای خطوط مونتاژ سنتی را نیز) حفظ کند، در حالی که نیاز بقیهٔ فعالیت‌های تولیدی را همچنان به شیوه دسته‌ای برآورده سازد؟ روش‌ها اسرارآمیز نیستند. تویوتا و شرکت‌های اقماری‌اش سال‌ها پیش، در این روش‌ها پیشگام بوده‌اند. ما دریافتیم که اغلب مدیران، مهندسان و متخصصان مواد، به یک مربی صمیمی نیاز دارند تا با آنها در مسیر یک فرآیند پیاده‌سازی گام به گام، همراه شود، یک مربی که بر بینش و نحوه کار کردن آنها متمرکز شود و آنها را دیگرگون سازد.

اکنون در پاسخ به این نیاز است که کتاب حاضر را به عنوان دنباله کتاب *آفرینش حرکت پیوسته* (مایک رادر و ریک هریس) منتشر می‌کنیم. در کتاب *لجستیک و تغذیه ناب* به کمک کانبان از عملکرد در سطح سلول به طرف سیستم تغذیه مواد برای کل ارگانیسم(در اینجا کل کارخانه) حرکت می‌کنیم، در حالی که ریک هریس، کریس هریس و ارل ویلسون دستان شما را گرفته و در مسیر تغذیه مواد به پیش می‌برند.

اگر در حال پیاده‌سازی مفاهیم ارائه شده در کتاب *آفرینش حرکت پیوسته* هستید، پس با ریک آشنا

شده‌اید، او به عنوان یک مدیر در بخش مونتاژ کارخانه تویوتا موتور کنتاکی در جرج‌تاون کنتاکی، (TMMK) کارآزمودهٔ کف کارگاه است. اما شاید اسامی کریس و ارل برایتان ناآشنا باشد. کریس، پسر ریک هریس، از نسل جدید ناب اندیشان و تعلیم دیدگان خط مونتاژ تویوتا موتور کنتاکی است. ارل که هفت سال گذشته را به شرکت‌هایی که می‌خواستند ناب شوند، کمک کرده است، مدیر مواد شرکت جانسون کنترلز جرج‌تاون کنتاکی بود و در آنجا از طریق تأمین تویوتا، سیستم تولیدی آن را آموخت.

هر مرحله‌ای که نویسندگان در این کتاب مطرح می‌کنند، مانند ایجاد یک پایگاه اطلاعاتی دقیق قطعات در کارخانه، راه‌اندازی سوپرمارکت قطعات تأمینی، استقرار لوپ تغذیه مواد و نیز ایجاد پیوندهای اطلاعاتی که سلول‌های تولید را به سوپرمارکت قطعات تأمینی متصل می‌کند، بر مرحله قبلی بنا شده و به فرآیند تولید رقابتی‌تری منجر می‌شود که برای دست اندکاران آن خشنود کننده‌تر است.

در پیشگفتار *آفرینش حرکت پیوسته، یادآور* شدیم که استقرار سلول، دشوارتر از نقشه‌برداری است و اکنون باید هشدار دهیم که ایجاد و حفظ سیستم تغذیه مواد که در صفحات پیش رو تشریح می‌شود، چالش بزرگ‌تری است زیرا بیش‌تر افراد و فرآیندها را در حوزه‌های وسیع‌تری درگیر می‌کند. به راستی کار دشواری است، کاری که بی‌شک در آغاز آن از اشتباه مصون نخواهید بود. اما بی‌تردید برای کسب و کار شما، مزایایی بی‌شماری در پی خواهد داشت و بدانید که بخت، یار شما بوده است و تمام دانشی که بدان نیاز دارید در این کتاب فراهم آمده است.

ما به ویژه مشتاقیم از پیروزی‌ها و مشکلات شما، با توجه به ماهیت چالش‌هایی که دارید، آگاه شده و شما را در www. lean.org با جامعه ناب مرتبط کنیم. همچنین برای بهبود کتاب لجستیک و *تغذیه ناب* به پیشنهادات شما نیازمندیم. لطفاً نظرات خود را به نشانی info@lean.ir ارسال کنید.

جیم ووماک، دان جونز، جان شوک و خوزه فرو
بروکلین، ماساچوست، ایالات متحد امریکا؛ راس– آن– وای، هیرفورد انگلستان؛ آن آربور، میشیگان، ایالات متحده؛ سائوپالو، اس‌پی، برزیل.

فهرست مطالب

سیستم تغذیه ناب در ایران

مقدمه لین‌اینترپرایز

مقدمه نویسندگان

بخش ۱: آغاز کار

بخش ۲: پلان قطعات

بخش ۳: استقرار سوپرمارکت قطعات تأمینی

بخش ٤: طراحی عملیات تغذیه و سیستم مدیریت اطلاعات

بخش ٥: حفظ و بهبود

نتیجه‌گیری

پیوست: انطباق سیستم تغذیه ناب مواد با شرایط شما

درباره نویسندگان و مترجمان

منابع

مقدمه نویسندگان

سال‌های بسیار، سخت کار کرده‌ایم تا در فرآیندهایی که در کف کارخانه‌ها اداره می‌کنیم، حرکت پیوسته واقعی را مستقر سازیم، چرا؟ چون حرکت پیوسته، هدف اصلی تولید ناب است. در چند سال گذشته، به طور فراینده متوجه شدیم که شرکت‌ها هر چه بیش‌تر و بیش‌تر درباره نقشه‌برداری جریان ارزش و قدرت سلول‌های حرکت پیوسته می‌شنوند، در استقرار حوزه‌های مبتنی بر حرکت پیوسته، بیش‌تر پیشرفت می‌کنند.

اما هنگامی که در کارخانه قدم می‌زنیم و تلاش‌های مشتاقانه برای استقرار حرکت پیوسته را بررسی می‌کنیم، متوجه می‌شویم که ثابت نگه‌داشتن خروجی سلول، چقدر مشکل بوده است. شایع‌ترین علت، فقدان سیستم تغذیه ناب مواد است تا از سلول‌های حرکت پیوسته، پردازش دسته‌های کوچک و خطوط مونتاژ سنتی پشتیبانی کند.

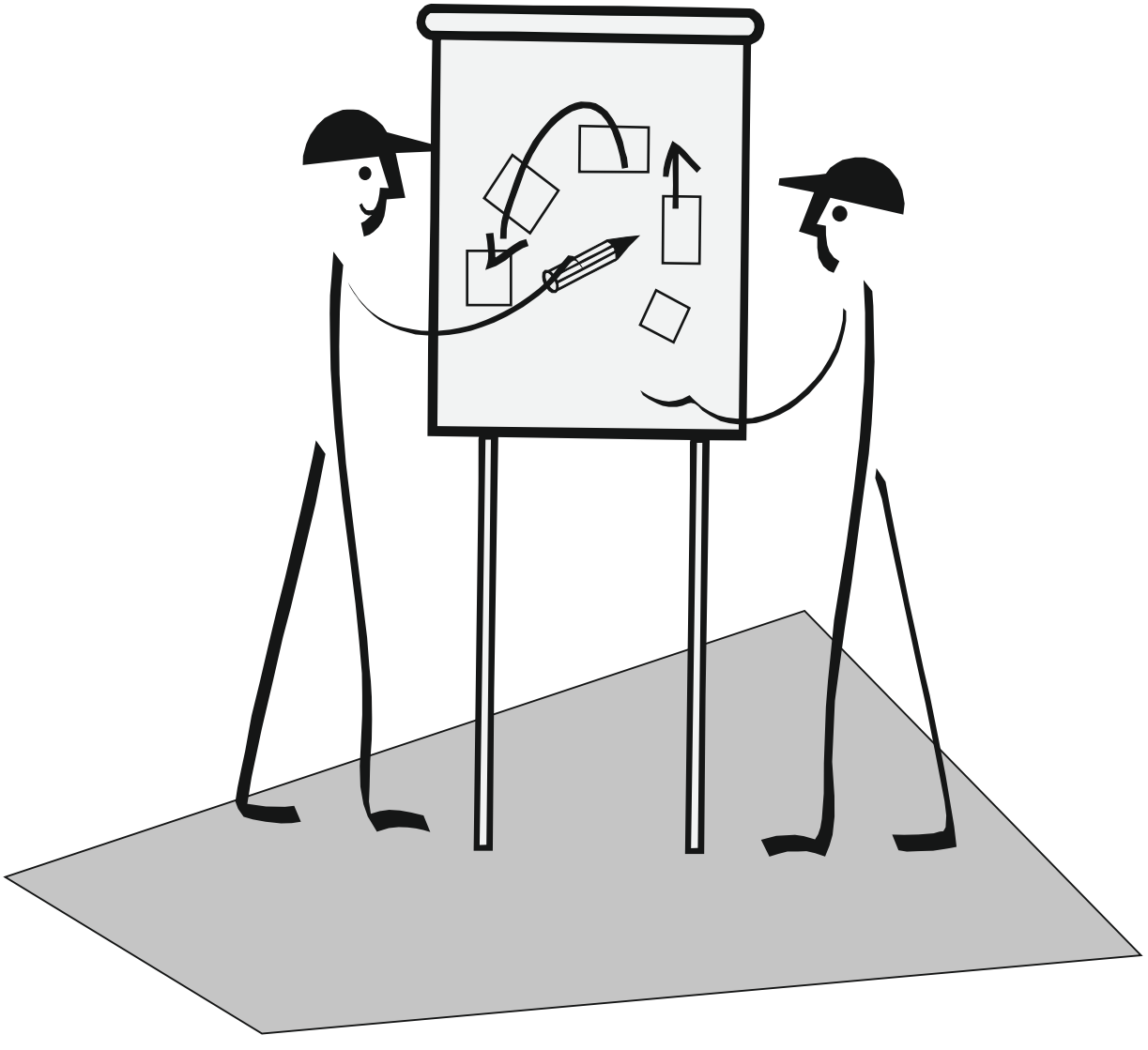
بسیاری از تأسیسات ناب که فرآیندهای آن به صورت جداگانه ناب شده‌اند، هنوز در تأمین این فرآیندها از رویه‌های تولید انبوهی پیروی می‌کنند. آن‌ها فاقد پلان قطعات (PFEP) هستند. (در واقع به نظر می‌رسد بعضی کارخانه‌ها برای هیچ قطعه‌ای، پلان یا ریز اطلاعات و برنامه ندارند!). آنها فاقد یک سوپرمارکت قطعات تأمینی هستند که در محل مناسبی قرار داشته و به خوبی اداره شود. آنها فاقد سیستم تغذیه دقیق مواد با استفاده از کار استاندارد هستند و آنها فاقد علائم کششی‌ای هستند که بتواند حوزه‌های حرکت پیوسته را با تغذیه مواد به طور تنگاتنگ پیوند دهد. پیامد موارد بالا عبارت است از: نبود قطعه در فرآیندها، از بین رفتن حرکت، و اتلاف عظیم نیروی کار و پول برای نگهداری موجودی‌های بیش از اندازه و صرف زمان اضافی برای شکار قطعات کسری.

هدف این کتاب کارگاهی، باز کردن حوزه دید شما به عنوان یک مدیر و تجهیز شما به مهارت‌های لازم برای پیاده‌سازی و نگهداری سیستم کنترل مواد در چارچوب کارخانه است. ما از روش‌ها و اصولی استفاده می‌کنیم که تویوتا و شرکت‌های وابسته به آن، پیشگام آن بوده‌اند و شما می‌توانید آن‌ها را در هر کارخانه‌ای که عملاً نوعی محصول تولید می‌کند به کار برید. هدف آن است که از طریق طرح ۱۰ پرسش، که باید بدان‌ها پاسخ دهید، بتوانید سیستم تغذیه مواد خود را مستقر سازید. روش‌های مورد نیاز را به زبانی چنان ساده توضیح داده‌ایم که شما جسارت بیابید کتاب را زمین گذاشته و با اتکا به توان خود آن را اجرا کنید، حتی اگر هیچ مربی نابی (سِن‌سی) در کنار خود نداشته باشید.

ما معتقدیم که تمام دانش مورد نیاز را فراهم آورده‌ایم و شما تنها باید جسارت لازم را به دست آورید. مشتاقانه منتظر شنیدن تجارب پیروز شما هستیم.

ریک هریس، کریس هریس و ارل ویلسون

بخش ۱. آغاز کار



بخش ۱. آغاز کار

ملاقات دوباره با اپکس

اگر کتاب کارگاهی *آفرینش حرکت پیوسته* را خوانده باشید، نام اپکس برای‌تان آشنا است. در این کتاب، به عنوان نمونه به تشریح نحوه پیاده‌سازی حرکت پیوسته در فرایند تولید سلول لوله‌های سوخت اپکس، مورد استفاده در کامیون‌های سبک، پرداخته شده بود (این سلول‌ها نزدیک به دفتر مرکزی اپکس هستند) و در آن نشان داده شد که چگونه می‌توانید به سلول‌هایی با عملکرد بالا دست یابید. اگر با اپکس آشنا نیستید، ولی از دانش پایه‌ای ناب برخوردارید، پیشرفت‌تان در مطالعه این کتاب، بی‌مانع خواهد بود، زیرا تمام اطلاعات خاصی را که نیاز دارید در این کتاب خواهید یافت. ولی اگر با تکنیک‌های نقشه‌برداری جریان ارزش و طراحی سلول به اضافه اصطلاحات پایه‌ای ناب، نظیر خانواده محصول و کار استاندارد آشنا نیستید، بهتر است قبل از ادامه مطالعه این کتاب، بر دیگر کتاب‌های مؤسسه لین اینترپرایز و نیز کتاب "فرهنگ تولید ناب" مروری داشته باشید.*

* کتاب‌های *آموزش دیدن*، *آفرینش حرکت پیوسته* و *فرهنگ تولید ناب* ترجمه کاظم موتابیان و آزاده رادنژاد توسط انتشارات آموزه به چاپ رسیده است.

به شرکت لوله اپکس خوش آمدید

اپکس، قطعه‌سازی است که لوله‌های سوخت خودروهای سواری، کامیون‌ها و تجهیزات سنگین را می‌سازد. چند سال قبل، اپکس در واکنش به فشار مشتریان برای قیمت‌های کم‌تر، کیفیت بالاتر، دفعات تحویل بیش‌تر و پاسخ‌گویی سریع‌تر به تغییرات تقاضا، عملیات تولیدی خود را مورد بررسی موشکافانه‌ای قرار داد.

یکی از کارخانه‌های اپکس، یعنی همان نمونه مورد استفاده در کتاب *آفرینش حرکت پیوسته*، با استقرار سلول‌هایی با عملکرد بالا، به جهشی قابل توجه در پیاده‌سازی تولید ناب در سطح کارخانه دست یافت. این واحد همچنین یک سیستم کنترل و زمان‌بندی تولید ناب را مستقر کرد که برای مرتبط ساختن سوپرمارکت محصول نهایی با سلول‌های سرعت‌ساز، و همچنین سلول‌های سرعت‌ساز با سوپرمارکت قطعات تأمینی از کانبان استفاد کرد (این سوپرمارکت نزدیک بارانداز دریافت قرار داشت).

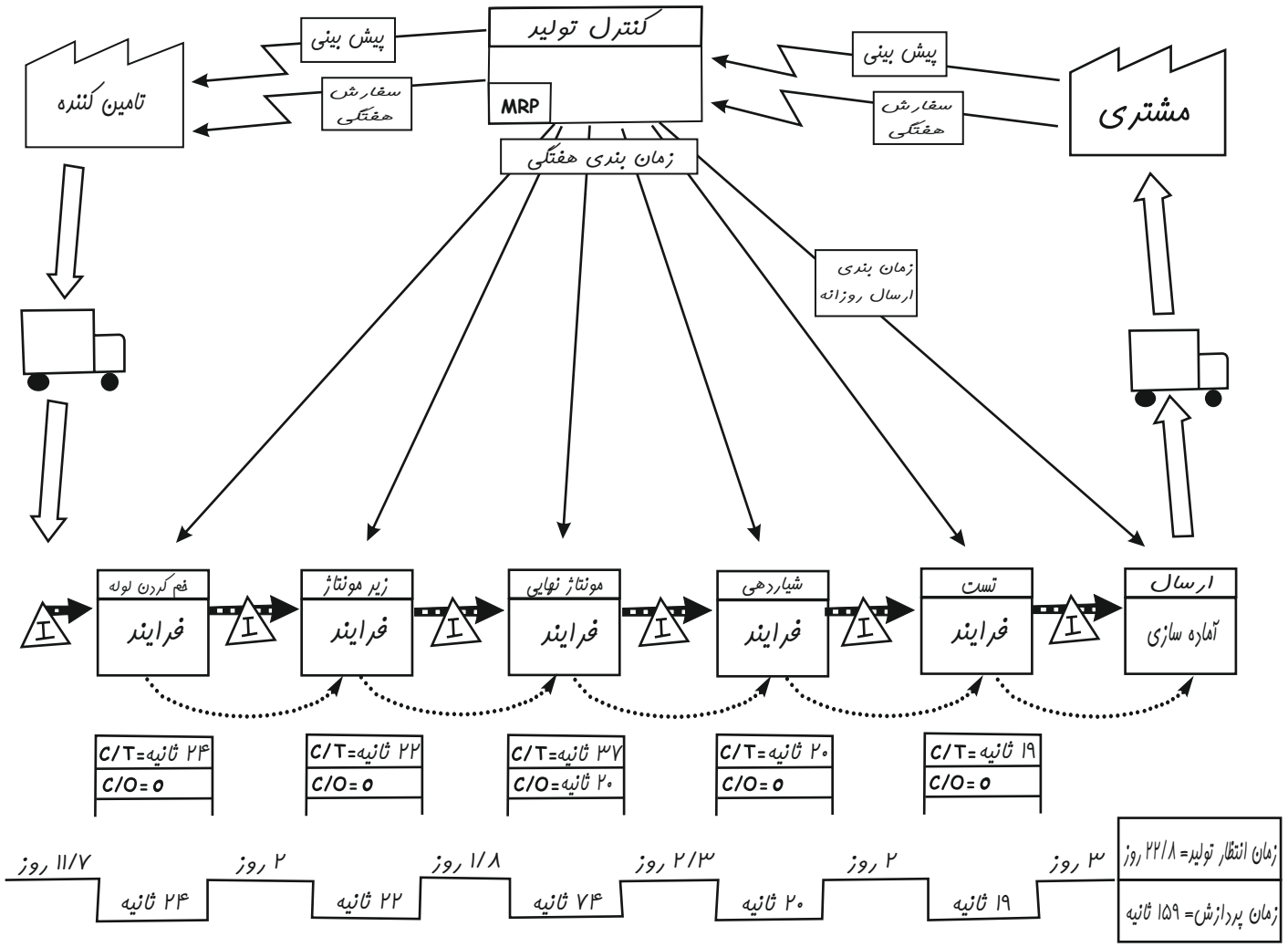
با این وجود، کارخانه دوم اپکس که نمونه ما در کتاب *"لجستیک و تغذیه ناب"* است، رهیافتی تدریجی به بهبود داشت که به نظر می‌رسد می‌تواند نمونه نوعی عملکرد فعلی بسیاری از شرکت‌ها باشد. این کارخانه، که محصولات مشابهی را برای مشتریان متفاوتی می‌سازد، کار خود را با تهیه ماتریس خانواده محصول زیر شروع کرد. پس از آن، مدیران کارخانه، برای خانواده محصول انتخابی خود، یعنی کامیون‌های سبک، یک نقشه وضع موجود ترسیم کردند.

ماتریس خانواده محصول اپکس

		ماشین‌ها و گام‌های مونتاژ							
		فرم‌دهی	سوراخ کاری	لحیم کاری	خم کاری	مونتاژ اولیه	مونتاژ نهایی	کریمپ	تست
محصولات	سواری	X				X	X	X	X
	کامیون S	X			X	X	X	X	X
	کامیون	X			X	X	X	X	X
	کامیون A	X			X	X	X	X	X
	کامیون سنگین		X	X	X				X
	تجهیزات سنگین	X	X	X	X		X		X

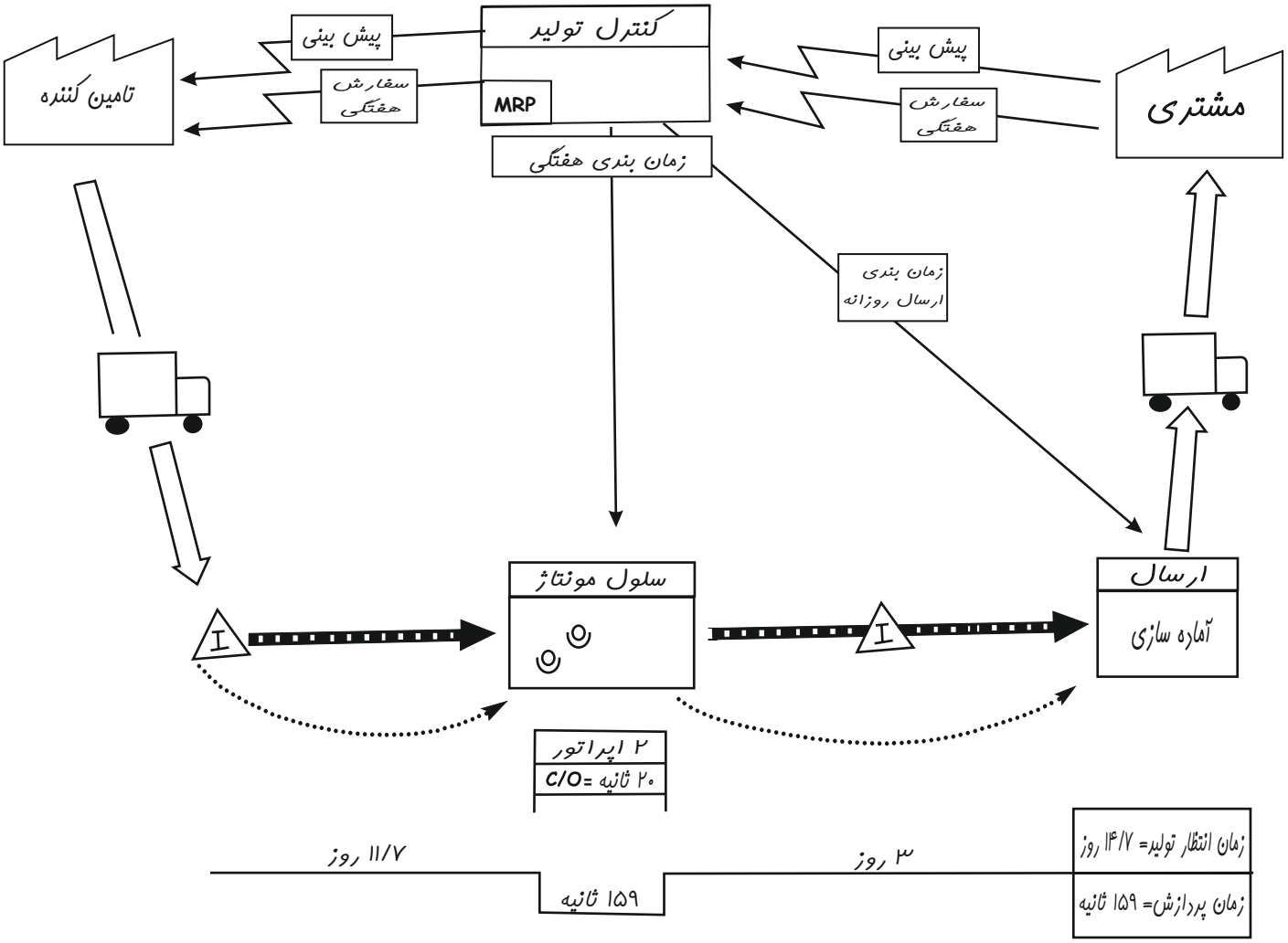
توجه:
خوانندگانی که نقشه وضع موجود مندرج در کتاب *آفرینش حرکت پیوسته* را دیده‌اند، مشاهده می‌کنند که در مقایسه، کارخانه اپکس نمونه ما برای تولید لوله‌های سوخت، فقط دارای پنج عملیات پردازش‌گر است، چون فعالیت‌های اکسترودر لوله و شکل‌دهی نهایی آن در کارخانه اصلی اپکس انجام می‌شود که تأمین‌کننده قطعات لوله برای این کارخانه است.

نقشه جریان ارزش وضع موجود لوله‌های سوخت کامیون سبک اپکس



با اینکه در آن زمان، مدیران اپکس، مزایای آغاز کار با یک سیستم کنترل تولید کششی را می‌دانستند، اما احتیاط پیشه کرده و به عنوان اولین مرحله، تصمیم گرفتند فقط به استقرار سلول‌های سرعت‌ساز، بسنده کنند و سیستم کنترل تولید MRP و سیستم سنتی تغذیه خود را حفظ کنند، سیستمی که در آن کل بار پالت‌های دریافتی از تأمین‌کنندگان، یک دفعه به سلول‌ها منتقل می‌شد (لازم به ذکر است که سلول‌های سرعت‌ساز از جابه‌جایی و ادغام پنج گام پردازش‌گر از هم جدا ایجاد شدند و اگر یک سیستم کنترل کششی کامل مستقر می‌شد این امکان به وجود می‌آمد که سوپرمارکت محصول نهایی به سلول‌های سرعت‌ساز متصل شود. این کار باید توسط جعبه هی‌جونکا انجام می‌شد.)

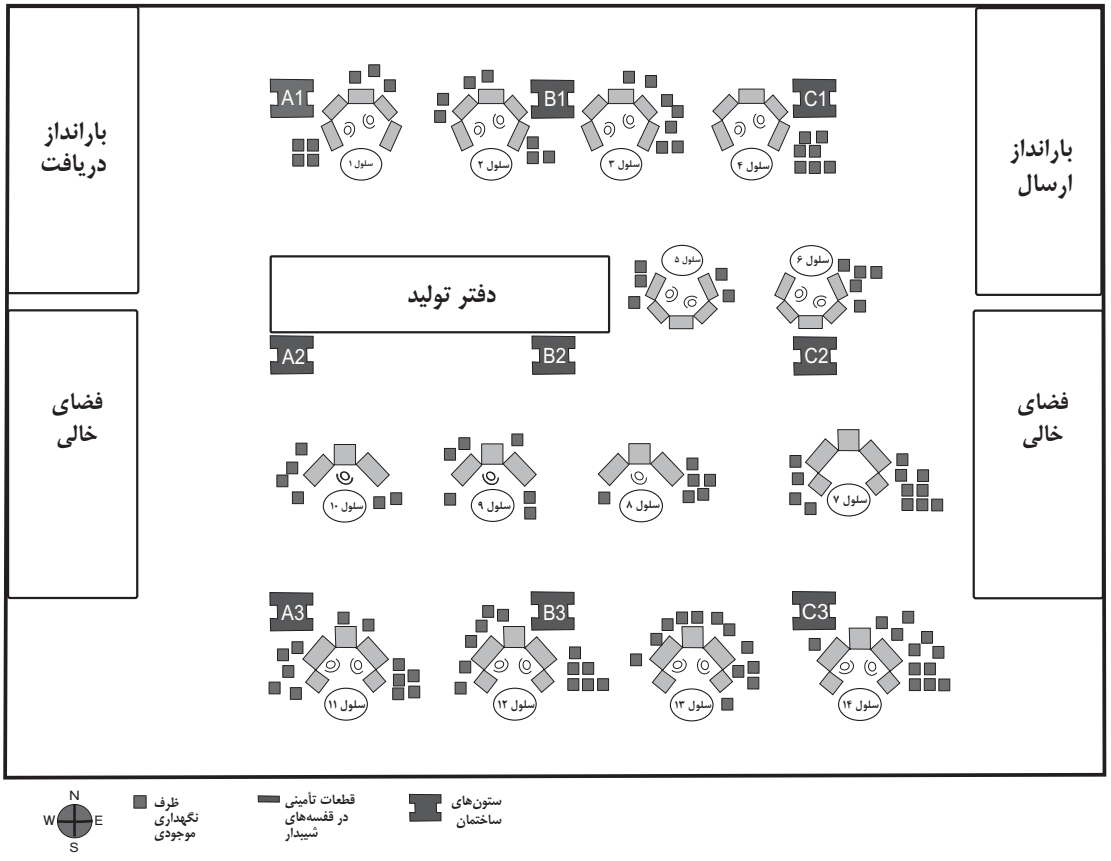
نقشه جریان ارزش وضع آینده لوله‌های سوخت کامیون سبک اپکس



با تعمیم عملیات تولید سلولی به تمام خانواده‌های محصول که بالغ بر چهارده سلول بود (شامل پنج سلول برای خانواده کامیون سبک، سه تا برای خانواده خودروی سواری، چهار تا برای خانواده کامیون‌های سنگین و دو تا برای خانواده تجهیزات سنگین) مطابق شکل زیر، یک جانمایی جدید در کل کارخانه صورت گرفت.

همچنان که می‌بینید در گذار از جانمایی سنتی دهکده فرآیندی به سیستم جدید تولید سلولی، فضای قابل توجهی در سطح کارخانه آزاد شده است.

جانمایی اپکس از بالا



توجه: موجودی بر روی پالت از سکوی دریافت به سلول تحویل می‌شد.

سلول‌های حرکت پیوسته با حرکت غیر پیوسته

مدیران اپکس در ابتدا به خاطر دستآوردهای خود، هیجان زده بودند. برای مثال، در اولین سلول (لوله‌های سوخت کامیون سبک) آن‌ها توانستند در مقایسه با جانمایی دهکده فرایندی قبلی، ۷۵٪ از فضای مورد نیاز را آزاد کنند. همزمان، وقتی عملیات به خوبی انجام گرفت، زمان انتظار تولید نیز به میزان ۳۵٪ کاهش یافته و بازدهی (تولید در ساعت)، به بیش از دو برابر افزایش یافت. در سلول‌های دیگر نیز خیزش‌های مشابهی در عملکرد به دست آمد.

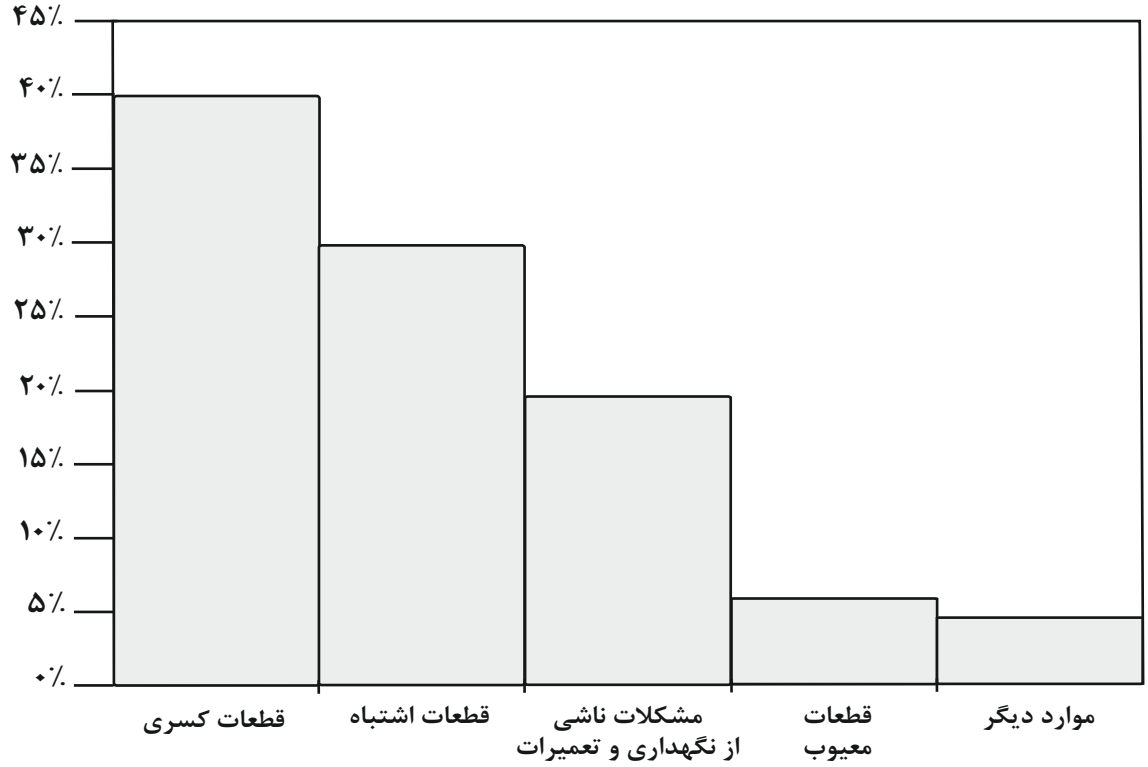
با این وجود، دست‌یابی به این سطح از عملکرد فقط وقتی ممکن بود که به طور پیوسته، در سلول‌ها حرکت برقرار باشد و متأسفانه خیلی زود آشکار شد که همواره چنین نیست. برای مثال، هر چه از عمر سیستم جدید می‌گذشت و توجه مدیریت به موضوعات دیگری معطوف می‌شد، خروجی سلول از تعداد ثابت ۹۰ لوله سوخت در ساعت، پایین می‌آمد. در واقع، یک کاهش ۲۰ درصدی در خروجی سلول، خیلی زود به یک نُرم مبدل شد و اضافه‌کاری پرهزینه روزانه، امری ضروری تلقی گردید. بدتر آن که این مغایرت‌ها بسیار نامنظم و پرنوسان و غیر قابل پیش‌بینی بودند و ساعت به ساعت و روز به روز، تغییر کرده و برنامه‌ریزی را برای مدیران تولید، سخت‌تر می‌کردند.

خوشبختانه، اپکس در کنار هر سلول، یک برد اعلان مشکل (که به آن برد تجزیه و تحلیل تولید هم می‌گویند) نصب کرد و با استفاده منظم از آن و بعد از چند هفته، مهم‌ترین دلایل توقف تولید، به سادگی شناسایی شدند.

برد اعلان مشکل (یا جدول تجزیه و تحلیل تولید)

خط تولید *سلول لونه سوفت*			**رهبر گروه** *بارب اسمیت*	
تعداد مورد نیاز : ۶۹۰			**زمان تکت** *۴۰ ثانیه*	
زمان	**برنامه/واقعی (در ساعت)**	**برنامه/واقعی (تجمعی)**	**مشکلات / علت‌ها**	**امضا**
۶ -۷	۹۰ / ۹۰	۹۰ / ۹۰		
۷ -۸	۷۹ / ۹۰	۱۶۹ / ۱۸۰	*کسری قطعات*	
۸ -۹	۸۲ / ۹۰	۲۵۱ / ۲۷۰	*کسری قطعات*	
۹:۱۰ -۱۰:۱۰	۷۱ / ۹۰	۳۲۲ / ۳۶۰	*قطعات اشتباه*	
۱۰:۱۰ -۱۱:۱۰	۹۰ / ۹۰	۳۲۲ / ۴۵۰		
۱۱:۴۰ -۱۲:۴۰	۸۴ / ۹۰	۴۰۶ / ۵۴۰	*قطعات اشتباه*	
۱۲:۴۰ -۱:۴۰	۸۶ / ۹۰	۴۹۴ / ۶۳۰	*کسری قطعات*	
۱:۴۰ -۲:۳۰	۶۰ / ۶۰	۵۵۲ / ۶۹۰		
O.T.	۱۳۸	۶۹۰ / ۶۹۰	*(۲ ساعت و ۳۵ دقیقه)*	

تجزیه و تحلیل پارتوی توقفات سلول‌های اپکس



علل عدم موفقیت در حفظ برونداد بهینه سلول

با جمع کردن نتایج نمودارهای تجزیه و تحلیل تولید در تمامی ١٤ سلول اپکس، مدیران آن توانستند برای کل کارخانه، یک تجزیه و تحلیل پارتو انجام دهند که بیان‌گر علل اصلی توقفات تولید در سرتاسر کارخانه بود.

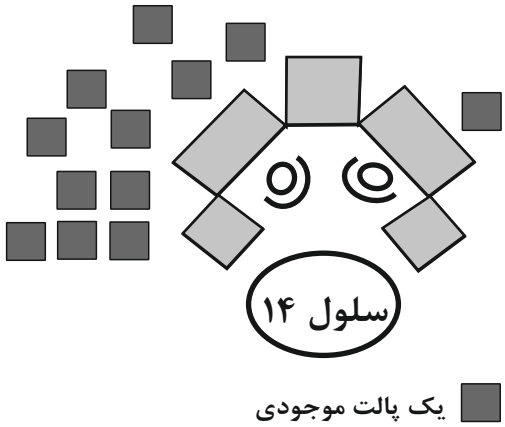
این تجزیه و تحلیل پارتو پیام روشنی داشت: علت ریشه‌ای مهم‌ترین وقفه‌های تولید، عدم ثبات در تعداد قطعات سالم تغذیه شده به هر سلول بود. در واقع، اگر مواد به طور منظم در دسترس این سلول‌ها قرار می‌گرفتند، اپراتورها می‌توانستند بدون اضافه کاری، اهداف تولید را متحقق کنند.

این یافته‌ها، مدیران اپکس را به فکر واداشت. بر اساس اصل ضرورت رفتن به گمبا (کف کارگاه یا مکان واقعی تولید ارزش) آن‌ها تصمیم گرفتند تمام طول کارخانه، از بارانداز دریافت تا سلول‌ها را طی کنند تا با حرکت واقعی مواد از نزدیک آشنا شوند. در این مسیر، آن‌ها موجودی‌های داخل کارخانه را شمردند و آن را با موجودی مورد انتظار پس از ایجاد سلول‌ها مقایسه کردند و از این طریق به واقعیت دومی پی‌بردند: به میزانی که انتظار می‌رفت از مقدار موجودی‌ها کاسته نشده بود.

تجزیه و تحلیل بیشتر، علت را آشکار کرد: اگر چه مقدار موجودی قطعات در جریان ساخت در داخل سلول‌ها و در بین ماشین‌ها به میزان چشمگیری کاهش یافته بود و در واقع، در برخی موارد به صفر رسیده بود، اما هنوز مقادیر زیادی موجودی در کنار سلول‌ها انباشته شده بودند. مشکل همین بود.

در بررسی محوطه یکی از سلول‌ها معلوم شد که برای بیشتر شماره‌های فنی، میزان موجودی نزدیک به دو پالت است، یکی برای مصرف فعلی تولید و دیگری به عنوان ذخیره پشتیبان. در واقع چون اکثر مدیران، اعتمادی به سیستم فعلی تغذیه مواد اپکس نداشتند و برای اطمینان از یکنواختی تولید، اصرار داشتند ذخیره بزرگی از قطعات تأمینی را در کنار سلول نگاه دارند (اما جالب آن بود که حتی کوهی از قطعات هم نتوانسته بود ثبات و یکنواختی خروجی سلول‌ها را تضمین کند.)

موجودی بیش از نیاز اطراف سلول



بیش‌تر سلول‌های اپکس از هر شماره قطعه دو پالت درمحوطه اطراف سلول نگاه می‌دارند.

همچنان که تیم به مشاهده مسیر جریان ارزش ادامه می‌داد، خیلی زود دریافت که عملکرد سیستم تغذیه مواد، در واقع خیلی بدتر از آن چیزی است که در ابتدا به نظر می‌رسید. مدیران اپکس دریافتند که تعدادی از سلول‌ها، قطعاتی یکسان با شماره فنی یکسان مصرف می‌کنند و در کنار هر یک از آنها چند پالت از این قطعات قرار دارد و این امر به میزان قابل توجهی حجم قطعات داخل کارخانه را افزایش داده و تعیین سطح مناسب موجودی هر قطعه را سخت کرده است. آخرین نتیجه جریان ارزش پیمایی آنها این بود: سیستم کنترل موجودی فعلی در ردیابی مواد و قطعات ناتوان است و در نتیجه، با اینکه در بسیاری موارد، قطعات مورد نیاز به میزان کافی در جایی از کارخانه وجود دارند اما باز هم شرکت مجبور است به دفعات و با صرف هزینه‌های بالای ارسال فوری، این قطعات را از تأمین‌کنندگان درخواست کند.

موجودی اضافی سلول‌ها

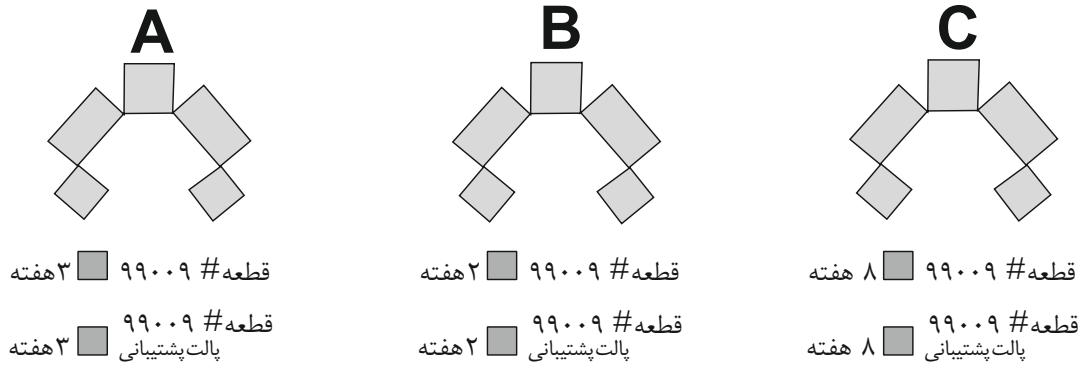
در نتیجه، مدیران اپکس با مشاهده جریان ارزش از نزدیک به یکباره توانستند ببینند که آنها فقط تولید ناب را در سلول‌های خود مستقر کرده‌اند، اما سیستم تغذیه مواد آنها برای رساندن مواد به سلول‌ها هنوز یک سیستم تولید انبوهی، نامطمئن و گران است که همچنان دست ناخورده باقی مانده است.

نتیجه وجود این مشکل آن بود که:

- اپراتورهای تولید و سرپرستان، بخشی از زمان مفید خود را صرف جستجوی قطعات می‌کردند.
- موجودی کل کارخانه بیش از نیاز بود.
- برای رساندن پالت‌های قطعات به سلول‌ها، نیاز به رفت و آمدهای زیاد و خطرناک لیفتراک بود.
- هزینه ارسال فوری برای رفع کسری قطعات، بیش از هزاران دلار در هفته می‌شد. (در حالی که بیشتر آنها در کارخانه بودند اما پیدا کردن آنها ناممکن بود).
- اضافه‌کاری برای جبران توقف تولید یکی از هزینه‌های عمده کارخانه بود. این توقفات عمدتاً ناشی از کسری قطعات یا وجود قطعات اشتباهی در کنار سلول بود.

در واقع، با استفاده از یک مقایسه زیست شناختی می‌توان گفت که هر سلول به خودی خود سالم بود، اما نقص سیستم گردش خون، باعث بیماری کل بدن شده بود.

موجودی اضافی در کنار سلول ها



میزان موجودی کف کارگاه قطعه ۹۹۰۰۹، در مجموع ۲۶ هفته بود.

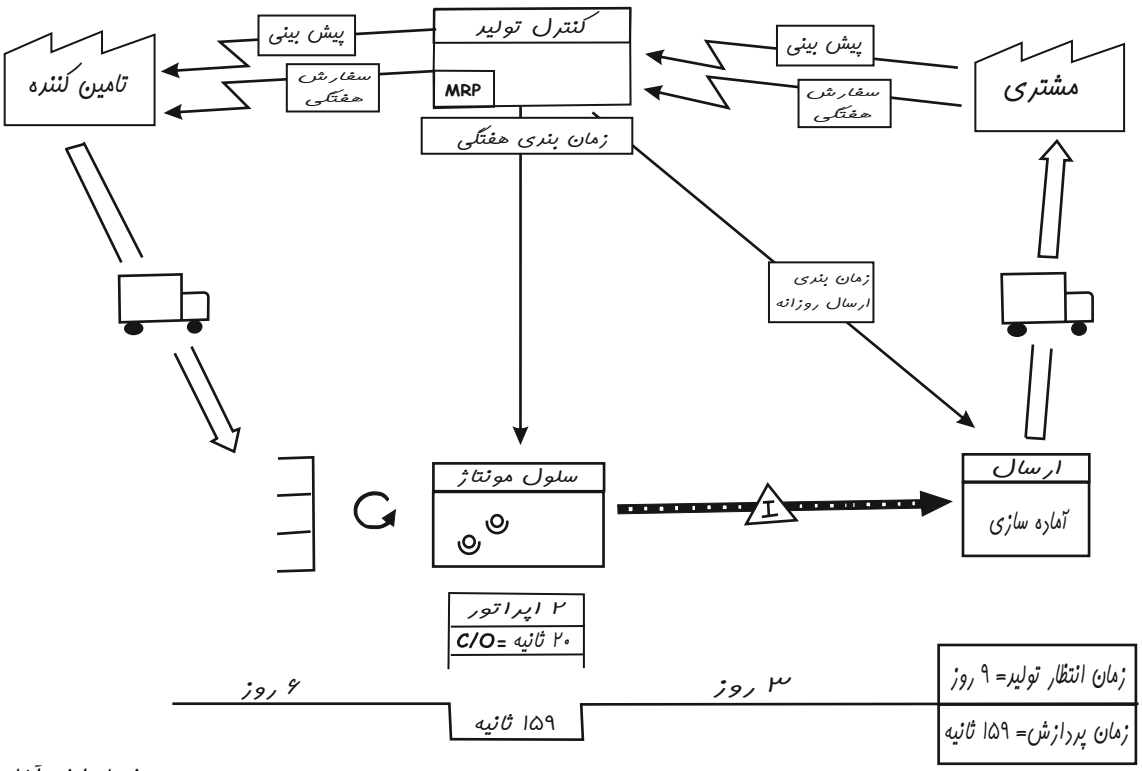
اهداف سیستم تغذیه ناب مواد

برای ایجاد یک کارخانه ناب‌تر، مدیران اپکس نیاز به استقرار یک سیستم تغذیه ناب مواد داشتند تا با بالاترین دقت و با کم‌ترین هزینه، حرکت *مواد* را در سرتاسر کارخانه مستقر سازند. آنها به خصوص:

- باید فرآیندی برای توصیف دقیق چگونگی مدیریت هر قطعه در کارخانه (از سکوی دریافت تا نقطه مصرف) داشته باشند.
- به منظور نگهداری و کنترل قطعات ضروری باید یک سوپرمارکت قطعات تأمینی نزدیک به سکوی دریافت داشته باشند.
- یک سیستم تغذیه دقیق برای تحویل قطعات به نقطه مصرف داشته باشند.
- و یک سیستم علامت‌دهی دقیق داشته باشند که هر بخش تولید با استفاده از آن بتواند قطعه مورد نیاز خود را از سوپرمارکت قطعات تأمینی برداشت کند.

برای دستیابی به این موارد، مدیران اپکس، یک نقشه وضع آینده جدید با مشخصه‌های فوق ترسیم کردند (توجه کنید که شرکت اپکس برای مدتی به سفارش قطعات تأمینی از طریق سیستم MRP ادامه خواهد داد و تصمیم دارد در آینده و در طی این مسیر، سیستم کششی قطعات تأمینی را به تأمین‌کنندگان خود گسترش داده و سیستم MRP را کنار بگذارد. همزمان، در سوی دیگر جریان ارزش، علائم کششی‌ای که پیوسته از سوی مشتری نهایی وارد کارخانه خواهد شد، چونان دستور تولید برای سلول‌ها عمل خواهد کرد.)

نقشه جدید وضع آینده لوله‌های سوخت کامیون سبک اپکس



ما بر اساس تجارب گسترده خود در مدیریت مواد، می‌توانیم برای یک سیستم ناب تغذیه مواد در کارخانه اپکس، اهداف قابل دسترس زیر را در مقایسه با وضع موجود (جدول زیر) تعیین کنیم.

سیستم تغذیه مواد اپکس

	عملکرد وضع موجود	عملکرد هدف
تعداد مسئولان تغذیه مواد در کف کارگاه	۱۴	۵
درصد زمان اپراتور برای پیدا کردن و برداشتن قطعه	۱۵ – ۱۰٪	۰ ٪
درصد فضای تولیدی لازم برای انبارش موجودی قطعات	۲۰ ٪	۱ ٪
کل گردش موجودی در کارخانه	۸	۱۵
موجودی قطعات در سلول‌ها	۳ – ۲ روز	۲ ساعت
تعداد لیفتراک برای تحویل قطعات	۷	۰
تعداد حوادث ثبت شده برای لیفتراک در سال	۱۳	۰
میانگین تولید واقعی در هر شیفت به تولید هدف در هر شیفت	۶۹۰ / ۵۵۲	۶۹۰ / ۶۹۰
زمان اضافه کاری روزانه برای هر سلول لوله سوخت کامیون سبک	۲ ساعت و ۳۵ دقیقه	۰ دقیقه
هزینه اضافه کاری، برای کل کارخانه در هر هفته	۱۹۵۰۰ دلار	۰ دلار
مجموعه هزینه ارسال فوری در هفته	۱۴۰۰ دلار	۰ دلار

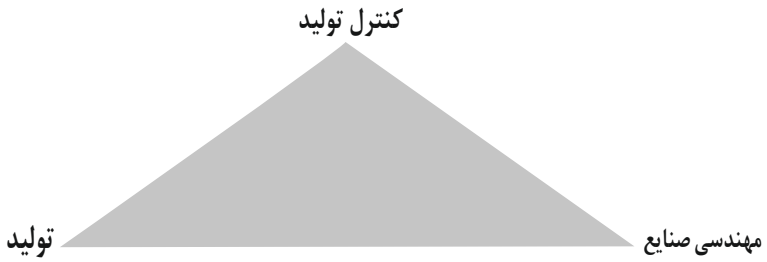
نقش کلیدی واحد کنترل تولید

آرزوی داشتن یک سیستم بهتر تغذیه مواد، یک چیز است و دستیابی و حفظ آن یک چیز دیگر. اما مثل همیشه، عنصر کلیدی در دستیابی به این آرزو، مدیریت و سازمان است. از این رو، اپکس باید روی گروهی تمرکز می‌کرد که غالباً در سازمان نادیده گرفته می‌شد، یعنی *واحد کنترل تولید*، واحدی که باید به آن نقشی کلیدی می‌داد. با اینکه در اپکس به این واحد، کنترل تولید گفته می‌شد (و در دیگر سازمان‌ها *کنترل لجستیک*، *کنترل مواد*، یا *کنترل موجودی*) اما در واقع، این واحد روی هیچ چیز *کنترل* نداشت. کار کنترل تولید آن بود که یک برنامه هفتگی صادر کند و پس از آن، در نقش یک تسریع کننده، به شکار و تأمین قطعات دچار کسری اقدام کند تا بتواند از توقف خط جلوگیری کند.

پس اپکس تصمیم گرفت واحد کنترل تولید خود را احیاء کند و در کارخانه به آن نقشی کلیدی دهد. با این وجود، برای دستیابی به موفقیت، این واحد نمی‌توانست به تنهایی کار

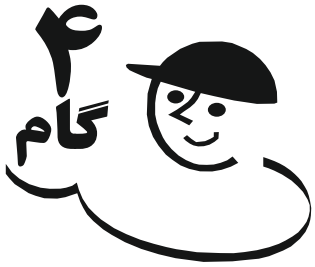
کند. اگر برای تغذیه در تا در مواد، یک مثلث در نظر بگیریم یک گوشه آن کنترل تولید است، یک گوشه آن واحد تولید و گوشه دیگر آن واحد مهندسی صنایع. البته در سازمان شما ممکن است نام این فعالیت‌ها متفاوت باشد اما بدون توجه به آنها، آنچه مهم است توجه به هماهنگی امور کنترل تولید (شامل ارسال فوری) با عملیات تولید و طراحی لی‌اوت است. به همین دلیل بود که اپکس باید تلاش‌های این سه گروه را کاملاً با یکدیگر هماهنگ می‌کرد.

مثلث تغذیه در تا در مواد



هنگام پیاده‌سازی سیستم ناب تغذیه مواد، اپکس دریافت ایجاد تغییرات در این سیستم، نیازمند بحث و توافق تمامی این سه عضو اصلی مثلث مواد است و در غیر این صورت، بی‌تردید، مشکلات جدی‌ای بروز خواهد کرد. این چیزی است که اپکس حین پیاده‌سازی سیستم تغذیه جدید و درست هنگامی دریافت که کنترل تولید تصمیم گرفت برای مسیر تغذیه مواد خود راهرویی درست کند. مهندسی صنایع، راهرو را طراحی کرد و پروژه را به بخش تأسیسات تحویل داد. در اینجا بود که معلوم شد عملیات تولید نیاز دارد در همان محدوده و درست بالای همان جایی که قرار بود راهرو شود، یک خط لوله ثابت آب داشته باشد. درست است که این مشکل، درست قبل از شروع مراحل ساخت، شناسایی شد، اما به هر حال، تمام برنامه‌ها متوقف شد و درست کردن مسیرهای تغذیه جدید نیز با تأخیر مواجه گشت.

مدیران اپکس بر اساس این تجربه و موارد دیگر، قانون جدیدی را برای تصمیم گیری وضع کردند که ما اصرار داریم شما آن را الگوی خود قرار دهید: پیشنهاد برای تغییر *هر چیزی* که تغذیه مواد در داخل کارخانه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، باید قبل از پیاده‌سازی، توسط هر یک از اعضای مثلث تغذیه مواد تأیید گردد.



آغاز کار

هنگامی که اپکس موفق شد با تغییر نقش واحد کنترل تولید و شفاف‌سازی مسئولیت‌های آن در حوزه تغذیه مواد و تدقیق ارتباطات این واحد با دیگر واحدهای کلیدی، آن را احیاء کند، آماده بود تا به سرعت، سیستم ناب تغذیه مواد خود را پیاده کند.

این کار مستلزم چهار مرحله ساده اما انرژی بر زیر بود:

۱. تهیه پلان قطعات (PFEP)، که یک بانک اطلاعاتی است برای هر شماره فنی وارده به کارخانه، شامل مشخصات قطعه و تأمین‌کننده، موقعیت مکانی تأمین‌کننده، مکان‌های انبارش، نقطه مصرف، نرخ مصرف، و دیگر اطلاعات مهم.

۲. استقرار *سوپرمارکت قطعات تأمینی* برای تمام قطعات وارده به کارخانه و اجرای قواعد دقیق برای مدیریت آن.

۳. استقرار لوپ‌های *تغذیه دقیق* برای رساندن تمام مواد در داخل کارخانه و استانداردسازی آن.

٤. تلفیق *سیستم جدید تغذیه ناب مواد* با *سیستم مدیریت اطلاعات* از طریق کاربرد علائم کششی، به منظور اطمینان از اینکه فقط قطعاتی به سلول تغذیه خواهند شد که مصرف شده‌اند.

در صفحات بعد، شما را با تمامی اطلاعات و روش‌هایی آشنا می‌کنیم که برای اجرای این چهار مرحله بدان‌ها نیاز دارید. ما این کار را همراه با شما و از طریق طرح ۱۰ پرسش ساده و پاسخگویی به آنها با ذکر مثال و نمونه انجام خواهیم داد. از آنجا که برای هر نوع عملیاتی، برداشتن این چهار گام، دستآوردهای بسیاری در پی خواهد داشت پس بگذارید هر چه سریع‌تر کار خود را آغاز کنیم.

آیا وضعیت کارخانه شما پیچیده‌تر است؟

ما در این کتاب کارگاهی، کارخانه اپکس را به عنوان نمونه انتخاب کردیم چون کارخانه نسبتاً ساده‌ای است و محصول ساده‌ای هم می‌سازد. چنین نمونه‌ای تشریح اصول کلیدی تغذیه ناب مواد را ساده می‌کند. اما ممکن است کارخانه شما پیچیده‌تر باشد. برای مثال، ممکن است شما بخش‌های تولیدی ای داشته باشید که به شیوه دسته‌ای کار می‌کنند، بخش‌هایی که برای سلول‌های مونتاژ نهایی شما قطعاتی را تولید می‌کنند. یا ممکن است شما به جای سلول‌های حرکت پیوسته دارای خطوط مونتاژ سنتی باشید. همچنین ممکن است در مقایسه با اپکس، خانواده‌های محصول شما بسیار متنوع‌تر اما با حجم تولید کم‌تری باشند. با این همه و برای ساده شدن اصول کلیدی، ما در طول این کتاب بر روی نمونه اپکس کار می‌کنیم و در پیوست کتاب، به‌طور مختصر درباره نحوه پیشبرد کار در شرایط پیچیده‌تر بحث خواهیم کرد.

با حرکت شروع کنید و با کشش ادامه دهید.

همیشه بهترین حالت پیاده‌سازی ناب در یک کارخانه این است: همزمان که سیستم کششی را از مشتری به سمت بالای جریان ارزش و بر اساس انتقال پس‌روانه اطلاعات، مستقر می‌سازید، محصول را در حرکت پیوسته در کارخانه خود به پیش رانید.

با این حال بر اساس آنچه که ما دیده‌ایم بسیاری از شرکت‌ها ابتدا روی ایجاد سلول‌ها تمرکز می‌کنند و بعد از آن، و البته گاهی اوقات خیلی بعد از آن به سراغ یک سیستم کششی می‌روند که از مشتری نهایی کارخانه شروع می‌شود.

به همین دلیل ما استقرار سیستم تغذیه ناب مواد را به طور جداگانه مورد بحث قرار می‌دهیم. سیستم تغذیه ناب مواد شامل حرکت علائم کششی از سلول‌های تولیدی به سوپرمارکت قطعات تأمینی و سپس و فقط در پاسخ به این علائم، حرکت و تحویل مواد از این سوپرماکت به سلول‌ها است. می‌کوشیم نشان دهیم که چگونه می‌توان این سیستم را در کارخانه‌ای مستقر کرد که هنوز دارای سیستم کنترل تولید سنتی MRP است و از هموارسازی، سوپرمارکت محصول نهایی و ارسال علائم کششی برای تأمین‌کننده در آن خبری نیست .

با این وجود توجه داشته باشید: سازمان‌هایی که مسیر مطلوب فوق را در پیش گرفته‌اند و در حال استقرار یک سیستم کششی کامل با استفاده از هی‌جونکا و همزمان، تولید سلولی هستند، درخواهند یافت روش‌هایی که در این کتاب برای معرفی یک سیستم تغذیه ناب مواد توصیف شده است، با یک سیستم کششی کامل، کاملاً سازگار بوده و به راحتی قابل استفاده خواهند بود.