اولویت‌بندی سیستم‌های کنترل تولید و موجودی کششی و هیبریدی در شرکت ایران خودرو

دکتر علیرضا رشیدی کمیجانی*، محمد قربانی**

* استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فیروزکوه، گروه مهندسی صنایع، فیروزکوه، ایران
** دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فیروزکوه، گروه مدیریت صنعتی، فیروزکوه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۶/۱۸

چکیده

در این مقاله ابتدا به بررسی متدلوژی‌های رایج برنامه‌ریزی و کنترل تولید کششی[1] و هیبریدی[2] پرداخته شده است و سپس با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[3] سعی شده است تا پس از اولویت بندی این روش‌ها، بهترین روش برنامه‌ریزی و کنترل تولید برای خط تولیدی تندر ال۹۰ در کارخانه تولیدی ایران خودرو انتخاب شود. بدین منظور برای اولویت‌بندی این متدلوژی‌ها ابتدا با استفاده از فن دلفی[4] مهم‌ترین معیارها از نظر کارشناسان خبره این خط تولیدی شناسایی و انتخاب شدند؛ سپس با استفاده از فن AHP گروهی میزان اهمیت این معیارها اندازه‌گیری، و در انتها با استفاده از روش تصمیم‌گیری گروهی بردا[5] به اولویت‌بندی این روش‌ها پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: تولید بهنگام، تئوری محدودیت‌ها، کانبان، کانویپ، دی‌بی‌آر، بردا.

1. Pull Systems
2. Hybrid Systems
3. Multi Attribute Decision Making
4. Delphi Method
5. Borda

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

در دنیای امروز تغییر و پویایی از اصول اولیه علم مدیریت است. بنابراین، مدیران با توجه به این اصل و روند رو به رشد رقابت و ضرورت حفظ جایگاه خویش، باید سیستم های مورد نظرشان را طوری تعدیل و اصلاح کنند که با شرایط محیطی سازگار باشد. یکی از مسائل و مشکلات شرکت‌های تولیدی و تجاری، موجودی‌ها می‌باشند که حجم نسبتا بالایی از سرمایه‌گذاری اغلب موسسات را در بر می‌گیرند. علی رغم توجه اکثر شرکت‌ها به حداقل‌سازی سطح موجودی‌ها، استفاده صحیح از فنون برنامه‌ریزی و کنترل موجودی ضروری به نظر می‌رسد. این امر با به‌کارگیری اطلاعات مناسب و استفاده از سیستم‌های روز دنیا محقق می‌گردد. هدف نهایی این سیستم‌ها به حداقل رساندن میزان سرمایه‌گذاری و افزایش حجم سودآوری شرکت‌ها می‌باشد.

علم مدیریت همزمان با رشد و توسعه سایر علوم به پیشرفت‌های خود ادامه داده و در این بین شاخه مدیریت تولید نیز توانسته جایگاه خود را در این زمینه کسب نماید. ریشه همه پیشرفت‌های بشری بحث محدودیت منابع می‌باشد که موجب گردیده آدمی به فکر استفاده از راه‌های جدید جهت رفع نیازها باشد و این امر باعث شده تا امروزه شاهد ظهور انواع محصولات جدید باشیم که حتی توانسته‌اند نیازهای جدیدی را هم مطرح نمایند. اما مشکل قدیمی همچنان پابرجا است، یعنی انسان امروزی هنوز هم از محدودیت منابع در رنج است و سعی در ارائه روش هایی دارد تا بتواند از منابع به صورت بهینه استفاده نموده و میزان ستاده‌های خود را از هر منبع گسترش دهد. در این راستا سازمان‌هایی توانسته‌اند از دنیای رقابت سربلند خارج شوند که به این امر جامه عمل پوشانده و از منابع خود بهترین و بیشترین استفاده را در جهت اهداف خود ببرند. در نهایت، کشورهایی که شیوه‌های نوین استفاده از موجودی را به کار برده‌اند گام به دنیای صنعتی و فراصنعتی نهاده و مابقی کشورها همچنان در جهان سوم در گرفتاری و فقر غوطه ور مانده‌اند.

فلسفه‌های سیستم های تولیدی اهدافی را که باید به‌وسیله تکنیک‌های کنترل به‌دست آیند، تعریف می‌کنند. هدف فلسفه تولید بهنگام[1] این است که مواد اولیه لازم برای یک فرآیند، درست در زمان مورد نیاز برای سیستم ارسال شوند. مفهوم عمومی تولید بهنگام، با توسعه سیستم تولید تویوتا همراه بوده است و هدف اصلی آن حذف اتلاف‌ها از طریق فعالیت‌های متعدد بهبود می‌باشد (توماس و همکاران[2]، ۲۰۰۵). سیستم‌های کنترل تولید و موجودی کانبان[3] و کانویپ[4] از رایج‌ترین سیستم‌های کنترلی می‌باشند که در فلسفه تولید بهنگام به‌کار برده می‌شوند. فلسفه دیگری که در سیستم‌های تولیدی مطرح است، تئوری محدودیت‌ها[5] می‌باشد. تئوری محدودیت‌ها مبتنی بر بهبود مستمر بوده و تمرکز اصلی آن بر شناسایی محدودیت‌ها و گلوگاه‌های سیستم تولیدی به منظور افزایش مستمر دستیافت کل سیستم می‌باشد. تئوری محدودیت‌ها را می‌توان نگرش سیستماتیک نوین در فرایند تفکر نامید. فرایند تفکر تئوری محدودیت‌ها به عنوان ابزاری برای حل مسئله، تشخیص و از بین بردن محدودیت‌ها، ذهنیت‌ها و راه‌های سنتی موجود مورد استفاده مدیران قرار می‌گیرد. تمرکز اصلی این تئوری ابتدا شناخت محدودیت‌ها و سپس مدیریت بر روی آنها در جهت افزایش کارایی سیستم است (گلدرات[6]، ۱۳۹۰). سیستم کنترل تولید و موجودی دی‌بی‌آر شیوه کاربردی تئوری محدودیت‌ها در زمینه تولید می‌باشد که در ادامه به تشریح بیشتر این سیستم‌ها پرداخته خواهد شد.

اصول و مبانی سیستم‌های تولیدی

به طور کلی دو سیستم کنترل تولید اصلی وجود دارد: فشار[7] و کشش[8]. سایر سیستم ها به نوعی ترکیب یا مشتقی از این دو سیستم هستند و به سیستم‌های

1. Just In Time
2. Thomas et al
3. KANBAN
4. CONWIP
5. Theory Of Constraint
6. Goldratt
7. Push
8. Pull

Archive of SID

www.SID.ir

هیبریدی[1] مرسوم‌اند.

سیستم فشار برای تعیین زمانبندی تولید از تقاضای پیش‌بینی شده استفاده می‌کند. زمانبندی تولید، زمان ارسال مواد به ایستگاه‌های مناسب را تنظیم می‌کند. هر ایستگاه، فرایند لازم را روی واحدهای موجود در بافر انجام می‌دهد و آن‌ها را به ایستگاه بعدی منتقل می‌کند. این سیکل دریافت، پردازش و ارسال تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که محصول کامل شود. در سیستم‌های فشار حرکت محصول از یک ایستگاه به ایستگاه بعدی بدون توجه به شرایط ایستگاه دوم صورت می‌گیرد که گاهی مشکل‌ساز خواهد بود؛ از جمله زمانی که ایستگاه بعدی به هر علتی کار نمی‌کند که در این صورت کار در جریان تا زمانی‌که ایستگاه مجدداً شروع به کار نکرده، افزوده و انباشته می‌شود.

سیستم های کشش برای تعیین میزان تولید تنها بر وضعیت سیستم تکیه می‌کنند. در این نوع سیستم ها موجودی به‌وسیله سیستمی از کارت‌ها کنترل می‌شود. در چنین سیستم هایی نرخ تولید بر اساس میزان تقاضای کالا توسط مشتری از ایستگاه نهایی تعیین می‌شود. در فرایند تولیدی که سیستم کشش بر آن حاکم است، قطعات تنها در صورتی تولید می‌شوند که علامتی از مصرف‌کننده آن دریافت شده باشد. سیستم های کانبان و کانویپ از نظر عملکرد در این گروه قرار می‌گیرند.

سیستم‌های هیبریدی نیز از ترکیب سیستم‌های فشاری و کششی تشکیل می‌شوند. سیستم دی‌بی‌آر[2] جزو این سیستم‌ها محسوب می‌شود. در این سیستم تا قبل از ایستگاه محدودیت وهمچنین بعد از ایستگاه محدودیت، سیستم فشاری است. در ایستگاه محدودیت نیز پس عبور یک دسته[3] تولیدی از این ایستگاه دستور تولید برای ایستگاه اول فرستاده می‌شود و بنابراین سیستم کششی برقرار است (الفتمن و تیموتی[4]، ۱۹۹۹).

کانبان: کانبان یک ابزار ساده اطلاع رسانی است و کار هماهنگی را بین فرایندهای مختلف انجام می‌دهد، کانبان به مفهوم علامتی است که در جریان فرایند تولید و یا حمل به اقلام متصل می‌شود و به عنوان سیستم عصبی کارخانه عمل می‌کند. این سیستم از موجودی‌های بافر سطوح مختلف برای تنظیم تولید استفاده می‌کند. وقتی یک بافر به بالاترین حجم خود رسید به ایستگاه قبل اعلام می‌شود که تولید آن قطعه را قطع نماید (تردیف و مااسیدواگ[5]، ۲۰۰۱).

این امر اغلب به‌وسیله گردش یک سری کارت بین ماشین و بافر بعد از آن صورت می‌گیرد. ماشین باید قبل از شروع عملیات تولیدی کارت دریافت کرده باشد. با این کارت می‌تواند از بافر ایستگاه قبلی مواد اولیه دریافت و عملیات تولیدی انجام دهد، سپس کارت را به کالای ساخته شده متصل کرده به ایستگاه بعدی ارسال می‌کند. بنابراین، زمانی‌که کارت‌ها به کانتینرها متصل هستند، تولیدی صورت نمی‌گیرد. زمانی‌که ایستگاه مواد اولیه را از ایستگاه قبلی دریافت می‌کند، کارت متصل شده به آن را جدا کرده برای آن ایستگاه ارسال می‌کند تا آن قطعات مجددا تولید شوند.

سیستم کنترل کانبان اطمینان می‌دهد که قطعات ساخته نمی‌شوند مگر در پاسخ به یک تقاضا و از خود قطعات به‌عنوان ابزار انتقال اطلاعات استفاده می‌شود. زمانی به ماشین اعلام می‌شود تولید نکند که بافر آن پر شده باشد. این امر مستلزم آن است که تعدادی از قطعات بدون مصرف در بافر جا گیرند تا تولید ماشین قبلی را قطع نمایند و این نکته خیلی خوشایند نیست. البته قطعات موجود در بافر به‌عنوان موجودی احتیاطی عمل کرده تاثیر از کارافتادگی ماشین‌های قبلی را بر ماشین‌های بعدی کاهش می‌دهد و ماشین‌های بعدی می‌توانند تا مدتی از این بافر تغذیه شوند. این فاصله فرصتی را برای تعمیر ماشین متوقف شده به دست می‌دهد.

کانبان یک لغت قدیمی ژاپنی است ماهی‌گیران کیوتو از علائمی برای نشان دادن نوعی ماهی استفاده می‌کردند که به این علائم کانبان گفته می‌شد؛ کانبان در لغت ژاپنی از دو واژه کان به معنای کارت و بان به معنای علامت تشکیل شده است (آکتورک و ارهان[6]، ۱۹۹۹).

کانویپ: کانویپ به دنبال ایجاد یک حجم ثابت کار در جریان در طول فرایند می‌باشد و به عنوان یک سیستم کنترلی برای محدود کردن تعداد قطعات مجاز به ورود

1. Hybrid
٤. دروم بافر روپ (Drum-Buffer-Rope)
3. Batch
4. Elftman & Timothy
5. Tardif & Maaseidvaag
6. Akturk & Erhun

Archive of SID

www.SID.ir

سیستم در هر لحظه از زمان تلقی می‌شود. زمانی که قطعات برای ورود به سیستم آماده می‌شوند، در اسرع وقت پردازش شده و تا قرار گرفتن در بافر کالای ساخته شده ادامه می‌دهند. یکی از راه‌های مشاهده این وضعیت این است که سیستم را به عنوان یک سیستم تک ایستگاهی با یک کارت کانبان فرض کنیم. زمانی که مصرف کننده یک واحد از موجودی کالای ساخته شده را بر می‌دارد، ماشین اول مجاز خواهد بود یک واحد تولید کند. رفتار سیستم کانویپ دارای تفاوت‌های لطیفی با کانبان است. مانند کانبان تنها به تقاضای واقعی پاسخ می‌دهد؛ بنابراین یک سیستم کنترل تولید از نوع کششی است. اما بر خلاف کانبان به جز بافرکالای ساخته شده که همیشه پر است، مابقی بخش‌ها دارای بافر صفر است. این اتفاق به این دلیل می‌افتد که هر قطعه‌ای که وارد سیستم شد، تا انتهای خط و تبدیل به کالای ساخته شده ادامه مسیر می‌دهد. تا زمانی که بافر کالای ساخته شده پر است، هیچ قطعه‌ای وارد سیستم نمی‌شود. موجودی کالای ساخته شده برای ارائه به مشتری وجود دارد، اما در طول خط هیچ موجودی و بافری وجود ندارد (کاراسمن و دالری[1]، ۲۰۰۰). در یک سیستم کانویپ، کارت‌ها در ایستگاه اول به بچ‌ها متصل می‌شوند و تا پردازش آخرین ایستگاه سیستم، همراه بچ می‌ماند و پس از پردازش در آخرین ایستگاه آزاد شده به اولین ایستگاه باز می‌گردند. بازگشت کارت به معنای مجوز ورود بچ جدید به سیستم است. در این سیستم تعداد بچ‌ها باید طوری محاسبه شود که از گلوگاه حداکثر استفاده به عمل آید. اگر تعداد کارت‌ها ناکافی باشد، گلوگاه به طور کامل تغذیه نمی‌شود و بیکار می‌ماند لذا خروجی سیستم کاهش می‌یابد (تاکاهاشی و ناکامورا[2]، ۲۰۰۲).

دروم- بافر- روپ: سیستم لجستیک دی‌بی‌آر یک سیستم زمان‌بندی محدود است که جریان را در سیستم بالانس می‌کند تا محصولات تولیدی مطابق با تقاضای بازار و با حداقل زمان تاخیر تولید، موجودی و هزینه‌های عملیاتی تولید شوند. سیستم لجستیکی دروم - روپ - بافر قلب روش تولید همبار[3] می‌باشد (گلدرات، ۱۹۹۶).

روش برنامه ریزی زمانی دروم- بافر- روپ شیوه کاربردی تئوری محدودیت‌ها در زمینه تولید می‌باشد که توسط آقای گلدرات (۲۰۰۲) ارائه شد. بر اساس تئوری محدودیت هر سیستمی دارای محدودیت می‌باشد. در یک سیستم تولیدی نیز به تبع آن محدودیت وجود دارد که اصطلاحا "دروم" نامیده می‌شود. این محدودیت یا گلوگاه، ظرفیت سیستم تولیدی را تعیین می‌کند و درواقع سرعت خط تولید توسط این گلوگاه تعیین می‌شود. به منظور حفظ جریان مداوم تولید محصول در سیستم، همواره باید مراقب بود تا این ایستگاه محدودیت (گلوگاه) بیکار نماند به طور مثال می‌توان به جای استفاده از یک زمان معین برای ناهار، کارگران ایستگاه محدودیت در زمان‌های مختلف برای ناهار مراجعه کنند تا همواره واحد گلوگاه در حال کار باشد؛ زیرا هر لحظه‌ای در این واحد هدر رود منجر به هدر رفتن همان میزان در کل سیستم می‌شود و به عبارت دیگر، هر دقیقه‌ای که در این واحد از دست برود قابل جبران نخواهد بود.

اولویت‌بندی سیستم‌های کانبان، کانویپ و دی‌بی‌آر در خط تولیدی تندرال۹۰ شرکت ایران خودرو

شناسایی مهم‌ترین شاخص‌ها جهت مقایسه این سیستم ها با استفاده از فن دلفی انجام گرفته است. بدین منظور طی دو مرحله ارائه پرسشنامه به ۳۰ نفر از کارشناسان خبره خط تندر ال۹۰، ابتدا تمامی معیارها شناسایی شدند و سپس با استفاده از یک پرسشنامه دیگر به منظور مقایسه زوجی شاخص‌ها با یکدیگر و با استفاده از روش AHP گروهی و استفاده از روش تقریبی میانگین حسابی اوزان این شاخص‌ها به صورت زیر محاسبه شدند (قدسی‌پور، ۱۳۷۹).

با استفاده از پرسشنامه‌ای از کارشناسان خواسته شد تا شاخص‌ها را دوبه‌دو باهم مقایسه کنند و برتری هر شاخص را نسبت به دیگری بیان نمایند. نتیجه نهایی این پرسشنامه به صورت ماتریس جدول (۱) می‌باشد که صورت هر درایه آن نشان دهنده تعداد افرادی است که موافق برتری شاخص هر ردیف نسبت به شاخص ستون متناظر آن، و مخرج نیز نشان دهنده تعداد افرادی است که موافق برتری شاخص هر ستون نسبت به شاخص ردیف متناظر آن می‌باشد:

1. Karaesmen & Dallery
2. Takahashi & Nakamura
3. Synchronous Manufacturing

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: ماتریس نظرات کارشناسان در مورد مقایسه زوجی معیارها

	میزان خروجی سیستم	بهبود مستمر	کاهش هزینه	سیکل تولید	تقاضای مداوم	سهولت کنترل	توازن خط تولید	دفعات تولید زیاد	هزینه پیاده سازی	بهبود برنامه ریزی	موجودی در جریان	حجم بچ‌های تولیدی	زمان‌های راه اندازی کوتاه	قابلیت اطمینان خط تولید	انعطاف خط در برابر نوسانات	قابلیت به‌کارگیری در تولید با تنوع زیاد	قابلیت به‌کارگیری در تولید با حجم زیاد	کنترل سیستمی در مقابل کنترل ایستگاهی	توجه در مقابل ایستگاه بعد در قبال تولید (کشش)
میزان خروجی سیستم	1	24/6	21/9	26/4	26/4	8/22	8/22	15/15	26/4	26/4	22/8	10/20	14/16	8/22	12/18	18/12	15/15	6/24	6/24
بهبود مستمر	6/24	1	15/15	21/9	25/5	18/12	15/15	22/8	28/2	15/15	18/12	18/12	22/8	15/15	15/15	22/8	21/9	18/12	18/12
کاهش هزینه	9/21	15/15	1	12/18	12/18	12/18	15/15	22/8	15/15	15/15	15/15	20/10	22/8	15/15	14/16	24/6	20/10	14/16	18/17
سیکل تولید	4/26	9/21	18/12	1	16/14	15/15	15/15	6/24	4/26	4/26	12/18	8/22	6/24	8/22	6/24	18/12	12/18	12/18	10/20
تقاضای مداوم	4/26	5/25	18/12	14/16	1	16/14	14/16	22/8	22/8	15/15	15/15	18/12	22/8	18/12	15/15	22/8	20/10	16/14	16/14
سهولت کنترل	22/8	12/18	18/12	15/15	14/16	1	14/16	18/12	24/6	12/18	14/16	18/12	21/9	10/20	12/18	20/10	14/16	12/18	14/16
توازن خط تولید	22/18	18/15	15/15	18/15	16/14	16/14	1	20/10	26/4	18/15	14/16	20/10	23/7	15/15	18/12	22/8	20/10	17/13	16/14
دفعات تولید زیاد	15/15	8/22	8/22	24/6	8/22	12/18	10/20	1	24/6	12/18	10/20	14/16	15/15	18/17	14/16	18/12	15/15	13/17	12/18
هزینه پیاده سازی	4/26	2/28	15/15	26/4	8/22	6/24	4/26	6/24	1	12/18	10/20	18/12	12/18	16/14	8/22	10/20	14/16	22/8	15/15
بهبود برنامه ریزی	4/26	15/15	15/15	24/6	15/15	18/12	15/15	18/12	18/12	1	15/15	18/12	18/12	10/20	14/16	22/8	22/8	15/15	16/14
موجودی در جریان	8/22	12/18	15/15	18/12	15/15	16/14	16/14	20/10	20/10	15/15	1	24/6	26/4	13/17	26/4	24/6	22/8	20/10	20/10
حجم بچ‌های تولیدی	20/10	12/18	10/20	22/8	12/18	12/18	10/20	16/14	12/18	12/18	6/24	1	18/12	12/18	18/17	20/10	18/17	9/21	8/22
زمان‌های راه اندازی کوتاه	16/14	8/22	8/22	24/6	8/22	9/21	7/23	15/15	18/12	12/18	4/26	12/18	1	11/19	10/20	16/14	3/27	12/18	12/18
قابلیت اطمینان خط تولید	23/7	15/15	15/15	22/8	12/18	20/10	15/15	17/13	14/16	20/10	17/13	18/12	19/11	1	15/15	26/4	14/16	14/16	14/16
انعطاف خط در برابر نوسانات	18/12	15/15	16/14	24/6	15/15	18/12	12/18	16/14	22/8	16/14	4/26	17/13	20/10	15/15	1	25/5	12/18	6/24	14/16
قابلیت به‌کارگیری در تولید با تنوع زیاد	12/18	8/22	6/24	12/18	8/22	10/20	8/22	12/18	20/10	8/22	6/24	10/20	14/16	4/26	5/25	1	12/18	6/24	10/20
قابلیت به‌کارگیری در تولید با حجم زیاد	15/15	9/21	10/20	18/12	10/20	16/14	10/20	15/15	16/14	8/22	8/22	17/13	27/3	16/14	18/12	18/12	1	15/15	12/18
کنترل سیستمی در مقابل کنترل ایستگاهی	24/6	12/18	16/14	18/12	14/16	18/12	13/17	17/13	20/10	15/15	10/20	21/13	18/12	16/14	24/6	24/6	15/15	1	16/14
توجه در مقابل ایستگاه بعد در قبال تولید (کشش)	7/23	12/18	17/13	20/10	14/16	16/14	14/16	18/12	22/8	14/16	10/20	22/8	18/12	16/14	16/14	20/10	18/12	14/16	1

Archive of SID

www.SID.ir

پس از نرمالیزه کردن ستون‌ها و محاسبه میانگین هر سطر اوزان شاخص‌ها به صورت جدول (۲) محاسبه می‌شود:

جدول شماره ۲: شاخص‌ها و اوزان آنها

شماره معیار	معیارها	وزن	شماره معیار	معیارها	وزن
۱	میزان خروجی سیستم	۰.۰۹۲	۱۱	موجودی در جریان	۰.۰۸۱
۲	بهبود مستمر	۰.۰۹۰	۱۲	حجم بچ‌های تولیدی	۰.۰۳۴
۳	کاهش هزینه	۰.۰۵۲	۱۳	زمان‌های راه اندازی کوتاه	۰.۰۲۸
۴	سیکل تولید	۰.۰۲۸	۱۴	قابلیت اطمینان خط تولید	۰.۰۶۲
۵	تقاضای مداوم	۰.۰۵۵	۱۵	انعطاف خط در برابر نوسانات	۰.۰۵۱
۶	سهولت کنترل	۰.۰۴۹	۱۶	قابلیت به‌کارگیری در تولید با تنوع زیاد	۰.۰۲۰
۷	توازن خط تولید	۰.۰۶۵	۱۷	قابلیت به‌کارگیری در تولید با حجم زیاد	۰.۰۴۶
۸	دفعات تولید زیاد	۰.۰۳۷	۱۸	کنترل سیستمی در مقابل کنترل ایستگاهی	۰.۰۶۳
۹	هزینه پیاده سازی	۰.۰۳۸	۱۹	توجه در مقابل ایستگاه بعد در قبال تولید (کشش)	۰.۰۵۰
۱۰	بهبود برنامه ریزی	۰.۰۵۶			

اولویت بندی نهایی سیستم‌ها با استفاده از روش بردا

به منظور تعیین اولویت نهایی این سیستم‌ها روش تصمیم‌گیری گروهی بردا مورد استفاده قرار گرفته است.

با فرض توافق گروه تصمیم‌گیرنده برای شاخص‌های مشترک، هر تصمیم‌گیرنده گزینه‌های موجود را در ابتدا به ازای هریک از شاخص‌ها رتبه بندی نموده و آنگاه تجزیه و تحلیل مسئله طی مراحل زیر صورت گرفته است (اصغرپور، ۱۳۸۲):

به عنوان مثال رتبه‌بندی گزینه‌ها توسط کارشناس شماره ۱ به صورت جدول (۳) می‌باشد:

جدول ۳: رتبه‌بندی گزینه‌ها به وسیله کارشناس شماره ۱

شاخص‌ها / گزینه‌ها	میزان خروجی سیستم	بهبود مستمر	کاهش هزینه	سیکل تولید	تقاضای مداوم	سهولت کنترل	توازن خط تولید	دفعات تولید زیاد	هزینه پیاده سازی	بهبود برنامه ریزی	موجودی در جریان	حجم بچ‌های تولیدی	زمان‌های راه اندازی کوتاه	قابلیت اطمینان خط تولید	انعطاف خط در برابر نوسانات	قابلیت به‌کارگیری در تولید با تنوع زیاد	قابلیت به‌کارگیری در تولید با حجم زیاد	کنترل سیستمی در مقابل کنترل ایستگاهی	توجه در مقابل ایستگاه بعد در قبال تولید (کشش)
کانبان	۱	۳	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۳	۳	۱	۲	۳	۳	۱	۱	۳	۳
کانوپ	۲	۲	۲	۳	۳	۲	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۳	۲	۱	۲
دی‌بی‌آر	۳	۱	۳	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۱	۱	۳	۳	۱	۱	۲	۳	۲	۱

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج رتبه‌بندی کلیه ۳۰ تصمیم‌گیرنده، به ازای هر شاخص، به صورت ۱۹ ماتریس به ازای ۱۹ شاخص، تشکیل می‌شود. به عنوان نمونه نتایج رتبه بندی گزینه‌ها به ازای شاخص میزان خروجی سیستم، در زیر آورده شده‌است:

جدول ۴: نتایج رتبه‌بندی گزینه‌ها توسط ۳۰ کارشناس به ازای شاخص میزان خروجی سیستم

شماره-کارشناس / گزینه‌ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰
کانبان	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۱	۳	۳	۳	۲	۱	۱	۲	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۲	۲	۱
کانویپ	۳	۳	۲	۳	۳	۳	۲	۳	۳	۳	۳	۱	۲	۱	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۳	۳	۲	۱	۳	۳	۳	۳
دی‌بی‌آر	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۳	۱	۱	۱	۲	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۱	۱	۱	۲	۳	۲	۲	۳	۳	۲	۱	۱	۲

نتایج رتبه‌بندی کلیه ۳۰ تصمیم‌گیرنده، به ازای هر شاخص را به عدد بردا تبدیل می‌نماییم. نتیجه به ازای شاخص میزان خروجی سیستم، به صورت زیر می‌باشد:

جدول ۵: اعداد بردا حاصل از رتبه‌بندی گزینه‌ها توسط ۳۰ کارشناس و به ازای شاخص میزان خروجی سیستم

شماره-کارشناس / گزینه‌ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰
کانبان	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۱	۱	۲	۰	۰	۰	۱	۲	۲	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۱	۱	۲
کانویپ	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۲	۱	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۲	۰	۰	۰	۰
دی‌بی‌آر	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۲	۲	۲	۱	۱	۲	۱	۲	۱	۱	۲	۲	۲	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۲	۲	۱

مجموع ردیفی از هر ماتریس مرحله قبل را به دست آورده و از آنجا رتبه نهایی هر گزینه را به ازای هر شاخص، محاسبه خواهیم کرد، بدین صورت که ردیف با بیشترین مجموع از عدد بردا دارای رتبه یکم و ردیف با کمترین مجموع دارای رتبه سوم خواهد بود.

جدول ۶: ماتریس توافق گروهی از رتبه‌بندی‌ها به ازای کلیه شاخص‌ها

شاخص‌ها / گزینه‌ها	میزان خروجی سیستم	بهبود مستمر	کاهش هزینه	سیکل تولید	تقاضای مداوم	سهولت کنترل	توازن خط تولید	دفعات تولید زیاد	هزینه پیاده سازی	بهبود برنامه ریزی	موجودی در جریان	حجم بچ‌های تولیدی	زمان‌های راه اندازی کوتاه	قابلیت اطمینان خط تولید	انعطاف خط در برابر نوسانات	قابلیت به‌کارگیری در تولید با تنوع زیاد	قابلیت به‌کارگیری در تولید با حجم زیاد	کنترل سیستمی در مقابل کنترل ایستگاهی	توجه در مقابل ایستگاه بعد در قبال تولید (کشش)
کانبان	۴۴	۲۳	۳۱	۴۸	۴۴	۳۷	۱۶	۴۴	۵۰	۱۵	۱۰	۲۹	۲۸	۲۷	۷	۴۳	۳۹	۱۶	۲۴
کانویپ	۱۳	۲۲	۲۵	۱۶	۲۶	۴۰	۴۸	۲۵	۲۱	۳۶	۳۰	۷	۵۱	۲۰	۳۴	۲۳	۲۸	۴۶	۱۲
دی‌بی‌آر	۳۳	۴۴	۳۴	۲۷	۲۰	۱۴	۲۶	۲۱	۱۹	۴۰	۵۰	۵۴	۱۱	۴۳	۴۹	۲۴	۲۳	۲۸	۵۴

Archive of SID

www.SID.ir

بنابراین، رتبه مورد توافق گروهی برای گزینه‌ها به ازای شاخص‌ها عبارت‌اند از (جدول ۷):

جدول ۷: رتبه مورد توافق گروهی گزینه‌ها به ازای شاخص‌ها

شاخص‌ها / گزینه‌ها	میزان خروجی سیستم	بهبود مستمر	کاهش هزینه	سیکل تولید	تقاضای مداوم	سهولت کنترل	توازن خط تولید	دفعات تولید زیاد	هزینه پیاده سازی	بهبود برنامه ریزی	موجودی در جریان	حجم بچ‌های تولیدی	زمان‌های راه اندازی کوتاه	قابلیت اطمینان خط تولید	انعطاف خط در برابر نوسانات	قابلیت به‌کارگیری در تولید با تنوع زیاد	قابلیت به‌کارگیری در تولید با حجم زیاد	کنترل سیستمی در مقابل کنترل ایستگاهی	توجه در مقابل ایستگاه بعد در قبال تولید (کشش)
کانبان	۱	۲	۲	۱	۱	۲	۳	۱	۱	۳	۳	۲	۲	۲	۳	۱	۱	۳	۲
کانوپ	۳	۳	۳	۳	۲	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۳	۱	۳	۲	۳	۲	۱	۳
دی‌بی‌آر	۲	۱	۱	۲	۳	۳	۲	۳	۳	۱	۱	۱	۳	۱	۱	۲	۳	۲	۱

ماتریس وزین از توافق گروهی را با استفاده از اوزان شاخص‌ها که در مراحل قبل محاسبه شد، به ازای ۳ رتبه از ۳ گزینه، به صورت زیر تشکیل می‌دهیم:

جدول ۸: ماتریس وزین

	رتبه یک	رتبه دو	رتبه سه
کانبان	W1+w4+w5+w8+w9+w16+w17 =0. 3167	W2+w3+w6+w12+w13+w14+w19 =0. 303	W7+w10+w11+w15+w18 = 0. 316
کانوپ	W6+w7+w13+w19 = 0. 205	W5+w8+w9+w110+w11+w15+w17 = 0. 3525	W1+w2+w3+w4+w12+w14+w16+w19 = 0. 5436
دی‌بی‌آر	W2+w3+w10+w11+w12+w14+w15+w19 = 0. 458	W1+w4+w7+w16+w18 = 0. 2915	W5+w6+w8+w9+w13+w17 = 0. 253

مسئله تخصیص زیر را با متغیرهای صفر-یک h_{it}، به منظور مشخص نمودن اولویت‌بندی نهایی از گزینه‌ها، می‌بایست حل گردد:

$$\max : \sum_{i=1}^{m}\sum_{t=1}^{m} q_{it}.h_{it}$$

$$S.t : \sum_{i=1}^{m} h_{it} = 1 \quad ; \quad t = 1 \ , \dots , \ m$$

$$\sum_{t=1}^{m} h_{it} = 1 \quad ; \quad i = 1 \ , \dots , \ m$$

$$h_{it} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

Archive of SID

www.SID.ir

در راه حل نهایی، $h_{it} = ۱$ خواهد بود چنانچه رتبه t ام به گزینه i ام تخصیص یافته باشد و در غیر این صورت برابر صفر است.

بنابراین، مدل تخصیص مسئله به صورت زیر می‌باشد:

Max:

$0.3176h_{11}+0.303h_{12}+0.316h_{13}+0.205h_{21}+0.3525h_{22}+0.5436h_{23}+0.458h_{31}+0.2915h_{32}+0.253h_{33}$

St:

$h_{11}+h_{12}+h_{13}=1$

$h_{21}+h_{22}+h_{23}=1$

$h_{31}+h_{32}+h_{33}=1$

$=0, 1\ h_{it}$

پس از حل مدل به روش بردا و حل مدل تخصیص فوق که آخرین مرحله ازاین روش می‌باشد، سیستم DBR به عنوان رتبه نخست و مناسب‌ترین روش انتخاب، و سیستم‌های KANBAN و CONWIP به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند. نتیجه حل مدل تخصیص فوق به صورت زیر می‌باشد:

جدول شماره ۱: حل مدل تخصیص

	رتبه یک	رتبه دو	رتبه سه
کانبان	0	Assign = 1	0
کانویپ	0	0	Assign = 1
دی‌بی‌آر	Assign = 1	0	0

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

یکی از عوامل عمده‌ی عقب‌ماندگی صنایع خودروسازی کشور ایران استفاده از روش‌ها، سیستم‌ها و تکنولوژی‌های سنتی و غیر علمی و انتخاب نادرست آنها می‌باشد. در بعضی موارد نیز الگوگیری‌های نامناسب از سازمان‌های پیشرو، بدون درنظر گرفتن اختلاف‌های ممکن در شرایط اختصاصی سازمان‌های مبدا و مقصد، وضع را فاجعه‌آمیزتر می‌کند. همان‌طور که به سادگی دراین تحقیق نشان داده شد، مناسب‌ترین سیستم کنترل تولید و موجودی خط تولیدی تندر ال۹۰ شرکت ایران خودرو، از بین سیستم‌های رایج کنترلی با استفاده از یک روش علمی و نظر کارشناسان خبره این خط انتخاب شد که سرانجام در صورت اجرایی شدن این سیستم و استفاده از آن سازمان به اهداف خود نزدیک‌تر شده و سود بیشتری عاید می‌شود. بنابراین، تنها راه جلوگیری از این عقب‌ماندگی‌ها و موفقیت در صنعت خودرو، شناسایی روش‌ها، سیستم‌ها و تکنولوژی‌های مدرن و علمی روز دنیا، انتخاب بهترین‌ها و به‌کارگیری آنها می‌باشد.

منابع و مآخذ

۱. اصغرپور، محمد جواد (۱۳۸۲)، "تصمیم‌گیری گروهی و نظریه بازی‌ها با نگرش تحقیق در عملیات"، دانشگاه تهران.

۲. قدسی پور، حسن، (۱۳۷۹) "فرآیند تحلیل سلسله مراتبی"، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، مرکز نشر.

3. Akturk M. S. and Erhun, F. (1999), "An Overview of Design and Operational Issues of Kanban Systems", International Journal of Production Research, 37 (17), 3859-3881,.

4. Elftman M. Timothy, (1999), " Examination Of The Effects Of Bottlenecks and Production Control Rules At Assembly Stations", University Of Florida, ,p. 18

5. Goldratt, E. M., (2002), Constraints

Archive of SID

www.SID.ir

Management Group, About Drum-Buffer-Rope (DBR).

www. thoughtwarepeople. com/files/pdf/app_operations. pdf

6. Goldratt, E. M. , (1990), "Theory Of Constraints". New York: North River Press.

7. Goldratt E. M. , (1996), "My Saga To Improve Production, The Performance Advantage", Vol. 6, No. 7, p. 32-35, No. 8, p. 34-36.

8. Karaesmen, F. and Y. Dallery (2000). "A performance comparison of pull type control mechanisms for multi-stage manufacturing. " International Journal of Production Economics 68: 59-71.

9. Takahashi K. and Nakamura N. (2002) "Comparing reactive Kanban and reactive CONWIP. " Production Planning & Control 13(8): 702-714.

10. Thomas E. Vollmann, William L. Berry, D. Clay Whybark, F. Robert Jacobs, (2005) "Manufacturing Planning nad Control Systems for Supply Chain Management" , McGraw-Hill.

11. Tardif, V. and Maaseidvaag, L. (2001) "An adaptive approach to controlling Kanban systems. " European Journal of Operational Research 132(2): 411-424.

Archive of SID

www.SID.ir