

دسترسی در سایت <http://jnrm.srbiau.ac.ir>

سال دهم، شماره چهل و هفتم، فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۳

شماره شاپا: ۵۸۸۸-۲۵۸۸



پژوهش‌های نوین در ریاضی



دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

بهبود کارایی خطوط تولید خودرو با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و الگویابی

مهدی کمیجانی^۱، امیرغلام ابری^{۲*}، نقی شجاع^۳، احمد شایان نیا^۴

^(۱و۴) گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران

^(۲و۳) گروه ریاضی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۱۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۹/۱۶

چکیده

بهبود کارایی در خطوط تولید باتوجه به تقاضای بازار و محدودیت‌های اقتصادی از اهمیت خاصی برخوردار است. در این تحقیق از روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با عوامل نامطلوب به عنوان روش اصلی برای تجزیه و تحلیل صنعت خودرو و ارزیابی کارایی استفاده شده است. مدل پوششی و اجرا شد که از آن دو چیز به دست آمد، مجموعه مرجع که واحدهای تصمیم‌گیرنده است که الگوها را می‌سازند و معیار که خود الگو است. سپس شناسایی شد کدام عوامل واحد ناکارا باید تغییر کنند و عواملی که باید تغییر کنند تابعی از چه پارامترهایی هستند. در نهایت اقدامات لازم جهت تغییر مقدار مؤلفه‌ها در مجموعه مرجع ارائه شده‌اند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد واحد تصمیم‌گیرنده ۵ در خط E نسبت به باقی خطوط کارا تر است. دلیل عمده ناکارایی خطوط تولیدی، ضعف نرخ دستیابی ایرادات اعلام شده به شبکه خدمات پس از فروش در سه ماهه اول پس از تحویل خودرو، نرخ دستیابی به حفاظت از مشتری، ایرادات کیفی و تعمیرات و بازکاری، سطح مهارت اپراتور، موجودی در دست تعمیر و میانگین $V1+V2$ تأمین‌کننده است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، کارایی، الگویابی، ارزیابی عملکرد، بهره‌وری

۱. مقدمه

صنعت خودرو در اقتصاد کشور مهم است و رشد آن و افزایش متقاضیان عام و خاص محصولات آنها، روزه‌روز بر اهمیت کیفیت آن می‌افزاید. در صنایع خودروسازی، همان‌طور که نیازمند تحقیق و توسعه، طراحی و تکوین محصول جدید هستند، نیازمند حفظ شرایط فعلی به‌صورت پایدار نیز هستند. یکی از مهم‌ترین استراتژی‌های شرکت‌های خودروسازی در فضای رقابتی، توجه روزافزون به ارزیابی عملکرد است. شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی عملکرد در دسته‌هایی نظیر هزینه، زمان، سود، کیفیت و نیروی انسانی و ... اندازه‌گیری می‌شوند [۱]. در سال‌های اخیر، آگاهی از عملکرد سازمان برای مدیران اهمیت بسیاری دارد تا به اهداف سازمانی خود برسند زیرا در محیطی رقابتی فعالیت دارند و بایستی از مدل ارزیابی عملکرد مناسب سازمان خود استفاده نمایند [۲]. بهره‌وری و ارزیابی یکی از خواسته‌های اصلی و مهم سازمان‌ها، شرکت‌ها و موسسات است.

تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها یک روش مناسب برای اندازه‌گیری کارایی و عملکرد سازمان‌ها است. مزیت کاربرد مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها آن است که علاوه بر تعیین میزان کارایی نسبی، نقاط ضعف سازمان‌ها را در شاخص‌های مختلف تعیین کرده و با ارائه میزان مطلوب آنها خط مشی سازمان را به‌سوی ارتقای کارایی و بهره‌وری مشخص می‌کند [۳]. مدل‌های شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها این امکان را فراهم می‌کنند تا علاوه بر کارایی کلی هر واحد تصمیم‌گیرنده، به بررسی فرایندهای داخلی و مراحل کاری واحدهای تصمیم‌گیرنده نیز پرداخته شود. بنابراین ممکن است نتایج اندازه‌گیری کارایی با روش‌های مرسوم مانع دستیابی به اطلاعات مدیریتی تحلیل پوششی داده‌ها با ارزش شود [۴]. در این مقاله شاخص‌هایی مانند بهره‌گیری از سرمایه، تعداد کل کارکنان، تعداد ایرادات کشف شده در فرایندهای تولیدی، زمان گردش مالی کل، عملکرد جلسات QRQC و ... برای ارزیابی عملکرد شرکت در نظر گرفته شده که همانگونه که مشاهده می‌شود، خروجی‌های مطلوب و نامطلوب در کنار هم قرار دارند. در ادامه، در بخش دوم به بررسی ادبیات نظری و پیشینه تحقیق، بخش سوم به ارائه مدل، بخش چهارم به یافته‌های تحقیق و بخش پنجم به ارائه نتایج پرداخته خواهد شد.

۲. مرور ادبیات

تحلیل پوششی داده‌ها تکنیکی است که نقش مهمی در اندازه‌گیری کارایی نسبی دارد و به‌عنوان یک روش برنامه‌ریزی ریاضی برای ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس میزان توانایی هر واحد تصمیم‌گیری در تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها در یک فضای مقایسه‌ای به کار گرفته می‌شوند [۵]. اولین ظهور اصطلاح تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در سال ۲۰۰۰ بود [۶]. اندازه‌گیری عملکرد کل واحد یا جعبه سیاه برای انجام کار نسبتاً ساده است، زیرا فقط ورودی‌های عرضه شده و خروجی‌های تولید شده توسط واحد تصمیم‌گیرنده باید در نظر گرفته شوند که این امر بیان سیستماتیک از مدل را امکان‌پذیر می‌سازد. در مقابل، اندازه‌گیری عملکرد سیستم شبکه‌ای با استفاده از یک مدل کلی برای بیان دشوار است، زیرا ساختارهای مختلف از سیستم تولید شبکه‌ای درگیر هستند. ساده‌ترین ساختار سیستم‌های شبکه‌ای، سیستم دو مرحله‌ای پشتیبان است که ورودی‌های عرضه شده از خارج، همگی در مرحله اول برای تولید مجموعه‌ای از محصولات واسطه مورد استفاده قرار می‌گیرند که در مرحله دوم برای تولید خروجی‌های نهایی سیستم استفاده می‌شوند [۷]. بررسی ارائه شده در کائو در سال ۲۰۱۷ با توجه به تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای جزئیات بسیاری از مدل‌ها و برنامه‌های مرتبط را ارائه می‌دهد و یک نمای کلی درباره این موضوع ارائه می‌دهد [۸].

در صورتی که X_{ij} و Y_{rj} ، آمین ورودی ($i = 1, \dots, m$) و آمین خروجی ($r = 1, \dots, s$) از زمین واحد تصمیم‌گیرنده را تعریف کنند، مدل تحلیل پوششی داده‌های توسعه یافته توسط چارنز در سال ۱۹۷۸ برای اندازه‌گیری بازده نسبی واحد تصمیم‌گیرنده ۰ با فرض بازده ثابت به مقیاس در فرم چند برابر به شرح زیر است:

(۱)

$$\begin{aligned} E_0 = & \max \sum_{r=1}^s \lambda_r Y_{r0} \\ \text{s.t.} & \sum_{i=1}^m v_i X_{i0} = 1 \\ & \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n \\ & u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s, \quad i = 1, \dots, m \end{aligned}$$

که u_r و v_i ضریب مجازی و ε یک عدد کوچک غیر ارشمیدسی است که برای جلوگیری از نادیده گرفتن هر عاملی در محاسبه بازده مورد استفاده قرار می‌گیرد [۹] و از این مدل به عنوان مدل CCR یاد می‌شود. اگر بازده به مقیاس مجاز متغیر باشد، متغیر نامحدود u_0 از $\sum_{r=1}^s u_r Y_{r0}$ در تابع هدف و $\sum_{i=1}^m u_r Y_{rj}$ در مجموعه محدودیت‌ها کم می‌شود. مدل (۱) ورودی است. مدل تحلیل پوششی داده‌ها همچنین می‌تواند به عنوان یک مدل برون سازمانی تنظیم شود. در این حالت، مدل تحت بازده ثابت به مقیاس همان مدل (۱) است در حالی که یکی از متغیرهای برگشت یافته به مقیاس، یک متغیر نامحدود v_0 را به $\sum_{i=1}^m v_i X_{i0}$ و $\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}$ در مجموعه محدودیت اضافه می‌کند. این مدل که اجازه می‌دهد بازگشت به مقیاس متغیر باشد، از آن به عنوان مدل BCC یاد می‌شود. مدل (۱) دارای دوگانگی است که می‌تواند به صورت زیر تنظیم شود:

(۲)

$$\begin{aligned} E_0 = & \min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\ \text{s.t.} & \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^- = \theta X_{i0}, \quad i = 1, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ = Y_{r0}, \quad r = 1, \dots, s \\ & \lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, m, \quad r = 1, \dots, s. \end{aligned}$$

θ نامحدود در علامت

این مدل ورودی گرا و از نوع پوششی است. اگر مدلی خروجی گرا موردنظر باشد، عملکرد تابع به $\max \theta + \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+)$ تغییر می‌یابد و متغیر θ متصل به X_{i0} به Y_{r0} منتقل می‌شود. علاوه بر این، هنگامی که فرض بازده ثابت به مقیاس به بازده متغیر به مقیاس تغییر می‌یابد، محدودیت محدب بودن $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ به آن اضافه می‌شود.

مدل (۱) (یا مدل (۲)، معادل آن) ساختار داخلی سیستم را در اندازه‌گیری بهره‌وری در نظر نمی‌گیرد و بنابراین معمولاً مدل جعبه سیاه نامیده می‌شود. مدل جعبه سیاه فقط ورودی‌های X_i مصرف شده و خروجی‌های Y_r تولید شده از سیستم را در نظر می‌گیرد. در مقایسه با مدل جعبه سیاه، یک مدل شبکه عملکرد فرآیندهای جزء را در اندازه‌گیری کارایی در نظر می‌گیرد. وقتی ساختار داخلی یک سیستم در نظر گرفته شود، ورودی‌های عرضه شده از

خارج می‌توانند مستقیماً توسط کلیه فرایندها مورد استفاده قرار گیرند و خروجی‌های هر فرآیند می‌تواند یا خروجی نهایی سیستم یا محصولات واسطه‌ای باشد که توسط سایر فرایندها برای تولید استفاده می‌شود.

اجرای موفقیت‌آمیز سیستم‌های تولیدی با کیفیت، از اوایل دهه ۱۹۰۰، یک مشکل کلی برای شرکت‌های تولیدی خودرو در سرتاسر جهان بوده است [۱۰-۱۲]. سیستم‌های تولیدی با کیفیت نامناسب، بر شاخص‌های عملکرد بهره‌وری تولید، فرآیندهای ناب، تغییرات چرخه زمان، توان مصرفی، تغییر زمان، خرابی، زمان انتظار، بازرنگری و چرخه زمان تأثیر منفی می‌گذارند [۱۳].

بر تعداد مقالات در زمینه تحلیل پوششی داده‌ها و محاسبه و بهبود کارایی سیستم سال به سال افزوده می‌شود، همانطور که در چندین مطالعه مروری سال‌های اخیر در ادامه نشان داده شده است.

کیایی و متین در سال ۲۰۲۰ به منظور ارزیابی واحدها و زیر مجموعه‌های موجود در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای دو مرحله‌ای بر اساس یک معیار یکسان، پیشنهاد می‌کنند از روش CSWs بر اساس بردار جدایی استفاده شود [۱۴]. در مقاله لو استورتو در سال ۲۰۲۰ از آنالیز پوششی داده‌های شبکه برای سنجش عملکرد شهرداری استفاده شده است. رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای اجازه می‌دهد تا در صورت مقایسه با تحلیل پوششی داده‌های سنتی، ارزیابی جامع‌تری از عملکرد شهرداری داشته باشیم [۱۵]. در مقاله ویلانو و همکاران در سال ۲۰۲۰، استحکام خانه‌ها را در پاسخ به سوانح ناشی از آب و هوا از جمله سیل ناشی از فلش و رانش زمین در دره کمپوستلا فیلیپین ارزیابی می‌کنیم [۱۶]. با استفاده از ارائه زوج مدل‌های پیشنهادی گلسفید و همکاران در سال ۲۰۲۱ توانستند عملکرد یک سیستم خدماتی را به کمک شبیه‌سازی سناریوهای مختلف برای آن سیستم بهبود دهند. نتایج حاکی از آن است که سناریوی معرفی شده توانسته کارایی سیستم را ۲۲٪ افزایش دهد [۱۷]. طاهر و همکاران در سال ۲۰۲۱ در مقاله خود به مطالعه تحلیل پوششی داده‌های معکوس می‌پردازد. آنها با در نظر گرفتن داده‌ها به صورت بازه‌ای، روش تحلیل پوششی داده‌های معکوس را با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه، به کار گرفتند، به‌طوری که کارایی واحد تحت ارزیابی بهبود پیدا کند [۱۸]. هدف اصلی مقاله عباسیان در سال ۲۰۲۱، ارتقا و بهبود واحدهای ناکارا به وسیله وزن‌های مشترک به دست آمده از همه واحدهای مورد مطالعه می‌باشد. در واقع وزن‌های مشترک ورودی‌ها و خروجی‌هایی که شامل داده‌های منفی است را به وسیله حل یک مدل برنامه‌ریزی خطی به دست می‌آورند و بردار وزن‌ها را به عنوان جهتی در نظر می‌گیرند که واحدهای ناکارا در آن مسیر ارتقا می‌یابند [۱۹]. ایرانزاده و همکاران در سال ۲۰۲۲ در صدد پاسخ‌گویی به این سوال برآمدند که چگونه می‌توان مراکز تلفن شهری ناکارا را به مرز کارایی رساند. آنها به روش «تحلیل پوششی داده‌ها» و در شرایط «بازده به مقیاس ثابت و متغیر»، امتیاز کارایی مراکز محاسبه، رتبه‌بندی و در نهایت راه کارهای بهبود کارایی مراکز ناکارا استخراج کردند و عوامل مهم ناکارایی را اعلام کردند [۲۰]. در پژوهش خردرنجبر و همکاران در سال ۲۰۲۲ با هدف ارزیابی عملکرد و بررسی کارایی سیستم نت در ساختمان‌ها با استفاده از روش کمی و قابل اثبات تحلیل پوششی داده‌ها، پس از تعیین شاخص‌های خروجی و ورودی، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها میزان کارائی هر یک از ساختمان‌ها مبتنی بر شاخص‌های سیستم نت و هزینه آن (در مطالعه موردی شهر کرج) مشخص گردید و با بررسی نتایج، برای بهبود کارایی هر کدام از ساختمان‌های ناکارا بر اساس هزینه‌های نگهداری و تعمیر، پیشنهاداتی جهت بهبود کارایی ارائه گردید [۲۱]. در مقاله نصراللهیان در سال ۲۰۲۲ سعی شده تا با افزودن واحدهای تصمیم‌گیرنده مجازی با استفاده از فاصله اطمینان، مرز مجموعه امکان تولید را بهبود داد تا بتوان رتبه‌بندی بهتری نسبت به رتبه‌بندی مرسوم ارائه کرد. زیرا ساخت مجموعه امکان تولید و استفاده از آن برای رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده یک روش مرسوم در علم تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. اما از آنجا که مجموعه امکان تولید تخمینی از مجموعه

تکنولوژی واقعی T می‌باشد، در بسیاری از مواقع فاصله زیادی از آن می‌گیرد و این سبب ایجاد مشکلاتی در رتبه‌بندی می‌شود [۲۲]. مطالعه موچولی آرس و همکاران در سال ۲۰۲۲ یک مدل ساختار شبکه دو مرحله‌ای را برای ارزیابی هزینه ارائه‌دهندگان خدمات آب و عملکرد عملیاتی دربرگیرنده متغیرهای کیفیت خدمات اعمال می‌کند. یک تحلیل تجربی از صنایع آب و فاضلاب شیلی در دوره ۲۰۱۰-۲۰۱۸ ارائه شده است. علاوه بر این، در مرحله دوم تحلیل، تأثیر مجموعه‌ای از متغیرهای برون‌زا بر عملکرد شرکت‌های آب را تحلیل کرده‌اند [۲۳].

با مطالعه تحقیقات گذشته مشخص می‌شود محاسبه کارایی، ارزیابی عملکرد و تعیین اولویت‌بندی شاخص‌های عملکرد، نمونه‌هایی از کاربردهای موثر تحلیل پوششی داده‌ها به شمار می‌رود. مزیت این کاربردها آن است که علاوه بر تعیین میزان کارایی نسبی نقاط ضعف سازمان‌ها را در شاخص‌های مختلف تعیین کرده با ارائه میزان مطلوب آنها خط مشی سازمان را به سوی ارتقای کارایی و بهره‌وری مشخص می‌کند. مدل‌های شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها این امکان را فراهم می‌کنند تا علاوه بر کارایی کلی هر واحد تصمیم‌گیرنده، به بررسی فرایندهای داخلی و مراحل کاری واحدهای تصمیم‌گیرنده و در نتیجه بهبود آنها پرداخته شود.

۳. روش پژوهش

ما می‌خواهیم الگویابی کنیم اینکده واحدهای ناکارا چه تغییری ایجاد کنند تا کارا شوند. معیار به‌تنهایی به کار نمی‌آید و به‌تنهایی می‌گویند واحد تصمیم‌گیرنده p مختصاتش در یک ساختار جعبه سیاه (Xp, Yp) است و باید مختصات آن به (Xp', Yp') تغییر کند.

گاهی کاهش کارایی به منزله بهبود کارایی اشکالی ندارد. مثلاً شخصی به دلیل بیماری ۶۰ درصد مواقع نمی‌تواند پله را بالا برود. پس از عمل برای بهبود بیماری به دلیل دوره نقاهت بیماری بالارفتن از پله به ۱۰ درصد می‌رسد. پس از گذشت دوران نقاهت بالارفتن از پله شخص به ۹۰ درصد افزایش می‌یابد. همه سازمان‌ها نیز بدین‌گونه هستند و هنگام افزایش کارایی انتظار دارند به‌صورت خطی روند بهبود را به‌پیمایند در صورتی که این روند به دلیل اصلاح فرایندها و هر چیزی که در آن سازمان وجود دارد، کارایی ابتدا افت می‌کند و سپس افزایش می‌یابد. مدت‌زمان و میزان افت کارایی بستگی به سازمان و نوع آن دارد، اینکده سازمان چقدر ظرفیت تغییرات جهت بهبود را دارد. بیشتر مدیران به دلیل ترس از افت کارایی سعی می‌کنند کارایی و شرایط سازمان را ثابت نگه دارند و روزمرگی می‌کنند. فقط این نیست که بگوییم کجا باشد، چند تا نکته در آن وجود دارد. نکته اول اینکده الگویابی را برای زمان حال به دست می‌آورند این در حالی است که الگویابی برای آینده باید اتفاق بیفتد. ما در تمام سازمان‌ها کاهش هزینه زمان صفر است چون مثلاً از الان دستور می‌دهیم اضافه‌کاری‌ها قطع شود و انجام می‌شود، یا می‌گوییم چراغ‌های اضافه خاموش شوند و همین‌الان یک چراغ می‌شود یا می‌گوییم از این هفته حقوق‌ها نصف شود و همین‌الان انجام می‌شود. ولی این فی‌البداهه نیست که بگوییم درآمد زیاد شود، فروش زیاد شود، تولید زیاد شود و ... در فروش بازاریاب ابتدا باید بازاریابی کند، تبلیغات نمود، قرارداد بست و با مشتری جلسه گذاشت تا بتوان محصول را فروخت و یک‌زمان تولید و یک‌زمان فروش داریم، پس زیادشدن فروش زمان می‌خواهد و بزرگ‌تر از صفر است. بسته به نوع کالا مدت‌زمان آن متفاوت است. در مدت‌زمانی که طولی می‌کشد تا ما کارایی را بهبود دهیم و به نقطه مشخص شده برسیم، موجودیت‌های کارا نیز بهبود می‌یابند و مقدار کارایی آنها افزایش می‌یابد؛ بنابراین زمانی که ما به نقطه مشخص شده می‌رسیم، باز هم کارا نیستیم و مقدار کارا نیز جابه‌جا شده و افزایش یافته است. دلیل این است که زمان را حساب نکردیم که با گذشت زمان نقاط کارا نیز به دلایلی مثل تکنولوژی تولید بهبود خواهند یافت و با گذشت زمان به چه نقطه‌ای خواهند رسید. در نتیجه به فرایندی به نام پیش‌بینی نیاز است. نکته دوم راه رسیدن به نقطه معیار است که شامل مسیر حرکت و اینکده چه تغییراتی لازم است و کجای سیستم را باید تغییر دهیم. مدل‌های

کمی هیچ کدام این پاسخ را به ما نمی‌دهند و نمی‌توانند بگویند باید چه کرد، دستگاه‌ها کالیبره شود، نیروها آموزش داده شود، تبلیغات افزایش یابد تا سازمان کارا تر شود. در تحلیل پوششی داده‌ها در این جا چیزی به نام مجموعه مرجع داریم که به آن مجموعه مرجع گفته می‌شود. مجموعه مرجع چیست؟ ما وقتی یک نقطه‌ای را برای رسیدن به کارایی هدف گذاری می‌کنیم، این نقطه روی مرز کارایی از ترکیب نقاط حقیقی که روی مرز قرار دارند به وجود می‌آید که به آنها واحد تصمیم‌گیرنده گفته می‌شود. بر اساس این که نقطه کارایی که شرکت در آن قرار دارد، نزدیک به کدام یک از نقاط روی مرز کارایی است، برای آن مجموعه مرجع تعریف می‌کنیم. مرجع این نقطه نیستند اما مرجعی برای یافتن نقطه الگو هستند. این مرجع بسته به اینکه نقطه موردنظر به کدام یک نزدیک تر است، آن مرجع وزن بالاتری می‌گیرد و می‌گوید نقطه الگوی ما به کدام واحدهای تصمیم‌گیرنده نزدیک تر است و هر کدام که وزن بالاتری دارد، باید ببینیم مدیریت آن سازمان چگونه در آن کار کرده و چه کارهایی در آن انجام می‌شود و چه تغییراتی در سیستم به وجود آورده که کارا تر است و از آنها برای رسیدن به آن الگو، الگوبرداری انجام دهیم. تحلیل پوششی داده‌ها می‌گوید که ما X_1 داریم و X_1 باید به X'_1 تبدیل شود. الگویی را به این صورت می‌توان پیاده‌سازی نمود که با شناسایی زیرمجموعه‌ها، شناسایی مجموعه‌های مرجع، شناسایی معیار، از طریق پرسش‌نامه ببینیم در مجموعه‌های مرجع معیارها چه تغییری ایجاد کرده‌اند و بعد پیشنهاد دهیم.

در این تحقیق برای محاسبه کارایی، تعیین واحدهای ناکارا و نهایتاً کارا نمودن واحدهای ناکارا گام‌های زیر پیشنهاد می‌شود:

گام اول. تعریف متغیرهای ورودی و خروجی

گام دوم. محاسبه کارایی واحدها و تعیین واحدهای ناکارا

گام سوم. شناسایی شود عواملی که باید تغییر کنند تابعی از چه پارامترهایی هستند. مثلاً می‌گوییم X تابعی است از α_1 تا α_k .

$$X = f(\alpha_1, \alpha_k)$$

گام چهارم. تحقیق شود که بردار یا مؤلفه‌های α چگونه در مجموعه مرجع تغییر کرده‌اند (با استفاده از پرسش‌نامه جهت به دست آوردن روش ابتکاری-بله خیر نیست). منظور روش‌های مدیریت آیت‌ها و روش‌های تغییر است نه مقدار تغییر.

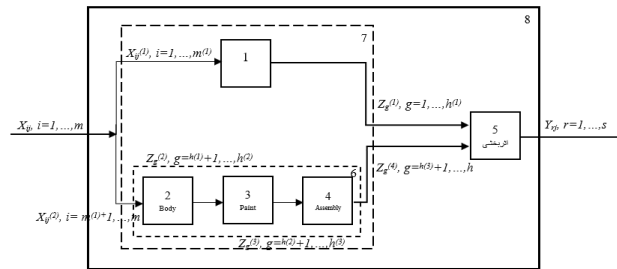
گام پنجم. از تحقیق گام چهارم پیشنهاد برای ناکارا ارائه شود.

گام اول. تعریف متغیرهای ورودی و خروجی

در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای هر واحد تصمیم‌گیرنده از چند جز تشکیل شده است. ساختار مورد استفاده در مدل موردنظر ترکیبی است و اندیس‌ها، متغیرهای تصمیم و پارامترهای مدل در زیر آورده شده است:

i	اندیس ورودی هر بخش
j	اندیس بخش مورد بررسی
r	اندیس خروجی هر بخش
U_r	متغیر وزن داده شده به خروجی r ام
V_i	متغیر وزن داده شده به ورودی i ام
X_{ij}	مقدار ورودی i ام از بخش j ام
Y_{rj}	مقدار خروجی r ام از بخش j ام
Z_g	مقدار میانی تولید شده توسط بخش g ام

با در نظر گرفتن اندیس‌ها، متغیرها و پارامترهای فوق، مسئله به صورت شکل ۱ خواهد شد که در آن هر واحد تصمیم‌گیرنده DMU_i دارای m متغیر ورودی X_{ij} ، $X_{ij} = X_{ij}^{(1)} + X_{ij}^{(2)}$ و h متغیر میانی Z_g که خروجی بخش قبل و ورودی بخش بعدی هستند و S متغیر ورودی Y_{rj} است. خروجی‌های میانی و نهایی سیستم شامل دو نوع متغیر خروجی مطلوب و نامطلوب است.



شکل ۱. فرایند شبکه‌ای ارزیابی عملکرد شرکت خودروسازی

کارایی جعبه سیاه‌های ۱ تا ۵ به صورت جداگانه، ۶ از حاصلضرب کارایی جعبه‌های ۲ و ۳ و ۴، ۷ از ترکیب محدب کارایی جعبه‌های ۱ و ۶ و در نهایت ۸ کارایی کل واحدهای تصمیم‌گیرنده که از حاصلضرب کارایی جعبه‌های ۵ و ۷ به دست می‌آیند به ترتیب برابر روابط زیر است که وقتی برابر ۱ باشد کارا و وقتی برابر ۱ نباشد ناکارا است.

$$\theta_j^{(1)} = \frac{\sum_{g=1}^{h^{(1)}} w_g Z_{gj}^{(1)}}{\sum_{i=1}^{m^{(1)}} v_i X_{ij}^{(1)}} \quad (3)$$

$$\theta_j^{(2)} = \frac{\sum_{g=h^{(1)}+1}^{h^{(2)}} w_g Z_{gj}^{(2)}}{\sum_{i=m^{(1)}+1}^m v_i X_{ij}^{(2)}} \quad (4)$$

$$\theta_j^{(3)} = \frac{\sum_{g=h^{(2)}+1}^{h^{(3)}} w_g Z_{gj}^{(3)}}{\sum_{g=h^{(1)}+1}^{h^{(2)}} w_g Z_{gj}^{(2)}} \quad (5)$$

$$\theta_j^{(4)} = \frac{\sum_{g=h^{(3)}+1}^h w_g Z_{gj}^{(4)}}{\sum_{g=h^{(2)}+1}^{h^{(3)}} w_g Z_{gj}^{(3)}} \quad (6)$$

$$\theta_j^{(5)} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{g=1}^{h^{(1)}} w_g Z_{gj}^{(1)} + \sum_{g=h^{(3)}+1}^h w_g Z_{gj}^{(4)}} \quad (7)$$

$$\theta_j^{(6)} = \frac{\sum_{g=h^{(3)}+1}^h w_g Z_{gj}^{(4)}}{\sum_{i=m^{(1)}+1}^m v_i X_{ij}^{(2)}} \quad (8)$$

$$\theta_j^{(7)} = \frac{\sum_{g=1}^{h^{(1)}} w_g Z_{gj}^{(1)} + \sum_{g=h^{(3)}+1}^h w_g Z_{gj}^{(4)}}{\sum_{i=1}^{m^{(1)}} v_i X_{ij}^{(1)} + \sum_{i=m^{(1)}+1}^m v_i X_{ij}^{(2)}} \quad (9)$$

$$\theta_j^{(s)} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m^{(1)}} v_i X_{ij}^{(1)} + \sum_{i=m^{(1)}+1}^m v_i X_{ij}^{(2)}} \quad (10)$$

باتوجه به تعریف کارایی و مدل ورودی گرا، مدل سازی مضربی مسئله فوق به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} \max \quad & \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{r0}}{\sum_{i=1}^{m^{(1)}} v_i X_{i0}^{(1)} + \sum_{i=m^{(1)}+1}^m v_i X_{i0}^{(2)}} \\ \text{s.t} \quad & \frac{\sum_{g=1}^{h^{(1)}} w_g Z_{gj}^{(1)}}{\sum_{i=1}^{m^{(1)}} v_i X_{ij}^{(1)}} \leq 1 \\ & \frac{\sum_{g=h^{(1)}+1}^{h^{(2)}} w_g Z_{gj}^{(2)}}{\sum_{i=m^{(1)}+1}^m v_i X_{ij}^{(2)}} \leq 1 \\ & \frac{\sum_{g=h^{(2)}+1}^{h^{(3)}} w_g Z_{gj}^{(3)}}{\sum_{g=h^{(1)}+1}^{h^{(2)}} w_g Z_{gj}^{(2)}} \leq 1 \\ & \frac{\sum_{g=h^{(3)}+1}^h w_g Z_{gj}^{(4)}}{\sum_{g=h^{(2)}+1}^{h^{(3)}} w_g Z_{gj}^{(3)}} \leq 1 \\ & \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{g=1}^{h^{(1)}} w_g Z_{gj}^{(1)} + \sum_{g=h^{(3)}+1}^h w_g Z_{gj}^{(4)}} \leq 1 \\ & \frac{\sum_{g=h^{(3)}+1}^h w_g Z_{gj}^{(4)}}{\sum_{i=m^{(1)}+1}^m v_i X_{ij}^{(2)}} \leq 1 \\ & \frac{\sum_{g=1}^{h^{(1)}} w_g Z_{gj}^{(1)} + \sum_{g=h^{(3)}+1}^h w_g Z_{gj}^{(4)}}{\sum_{i=1}^{m^{(1)}} v_i X_{ij}^{(1)} + \sum_{i=m^{(1)}+1}^m v_i X_{ij}^{(2)}} \leq 1 \\ & \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m^{(1)}} v_i X_{ij}^{(1)} + \sum_{i=m^{(1)}+1}^m v_i X_{ij}^{(2)}} \leq 1 \\ & u_r \geq \varepsilon, v_i \geq \varepsilon, w_g \geq \varepsilon, \quad r=1, \dots, s, \quad i=1, \dots, m, \quad g=1, \dots, h \end{aligned} \quad (11)$$

مدل‌سازی پوششی مدل فوق عبارت است از:

$$\begin{aligned}
 \min \quad & \theta \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^n \lambda_j^{(1)} X_j^{(1)} \leq \theta X_p^{(1)} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(1)} Z_j^{(1)} \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(5)} Z_j^{(1)} \\
 & \sum_{i=1}^n \lambda_j^{(2)} X_j^{(2)} \leq \theta X_p^{(2)} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(2)} Z_j^{(2)} \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(3)} Z_j^{(2)} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(3)} Z_j^{(3)} \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(4)} Z_j^{(3)} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(4)} Z_j^{(4)} \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(5)} Z_j^{(4)} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j^{(5)} Y_j \geq Y_p \\
 & \lambda_j^{(1)} \geq 0, \lambda_j^{(2)} \geq 0, \lambda_j^{(3)} \geq 0, \lambda_j^{(4)} \geq 0, \lambda_j^{(5)} \geq 0.
 \end{aligned} \tag{۱۲}$$

با حل مدل فوق، چنانچه $\theta^* = 1$ باشد، روی مرز کارایی قرار دارد و این نشان می‌دهد که DMU 0 کارا است. از اجرای مدل پوششی دو چیز به دست می‌آید، مجموعه مرجع که واحدهای تصمیم‌گیرنده است که الگوها را می‌سازند و معیار که خود الگو است.

گام دوم. محاسبه کارایی واحدها و تعیین واحدهای ناکارا

داده‌های مورد نیاز تحقیق و ورودی‌ها و خروجی‌های هر یک از پنج خط تولید با پیگیری از شرکت پارس خودرو در سال ۱۳۹۸ جمع‌آوری گردیده است. همچنین اطلاعات جمع‌آوری شده، زیر نظر کارشناسان شرکت بررسی شده و ورودی‌ها و خروجی‌های هر ایستگاه با نظر کارشناسان و خبرگان شرکت مشخص گردیده که در جداول ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است.

جدول ۱. مقادیر مربوط به شاخص‌های ورودی

	x(i,j)	بهره‌گیری از سرمایه	تعداد کل کارکنان	زمان سیکل خرید سفارشات	زمان گردش مالی کل	هزینه موجودی کل	هزینه هر ساعت عملیات
A	DMU1	2.4	2.2	2.8	2.8	3.6	2.4
	DMU2	2.4	3.2	2.2	2.2	2.2	2.4
	DMU3	3.6	4	2.8	2.8	3.6	3.6
	DMU4	2.2	2.6	3	3	3	2.2
	DMU5	4	2.6	3.4	3.4	3.4	4
B	DMU1	1.2	5	5	2.4	2.6	1.2
	DMU2	1.8	4.6	4.5	3.5	1.3	1.8
	DMU3	2.4	4.7	2.3	5	5	2.4
	DMU4	1.4	3.6	3.2	4	4.2	1.4
	DMU5	3.2	3.6	2.1	4.1	2.2	3.2
C	DMU1	4.2	1.5	2.6	2.9	3.8	4.2

	DMU2	5	4.1	1.3	5	3.6	5
	DMU3	3.3	3.7	2.9	5	2	3.3
	DMU4	1.5	4	1.4	2.5	1.2	1.5
	DMU5	3.4	4.8	3.9	1.3	2.3	3.4
D	DMU1	1.3	5	3	4.5	3.6	1.3
	DMU2	1.6	2.9	2.2	1.7	5	1.6
	DMU3	2	2.9	5	5	2.3	2
	DMU4	4.3	4	2.2	2.5	5	4.3
	DMU5	2.1	2.1	1.7	5	2	2.1
E	DMU1	1.3	1	1.5	1	1.4	1.3
	DMU2	2	2.8	1	1.7	1.2	2
	DMU3	2.5	1.9	4.9	3.7	2	2.5
	DMU4	3.4	3.1	2.5	1.9	1.6	3.4
	DMU5	1.3	5	2.7	5	1.8	1.3

جدول ۲. مقادیر مربوط به شاخص‌های میانی

	$z(d,j)$	بهره‌گیری از سرمایه	زمان سیکل خرید سفارشات	زمان گردش مالی کل	هزینه هر ساعت عملیات	Short- AVES	S-AVES convergence V1, V2 (GAP ratio)	S- AVE S V1	DPU- OFF / DPHU- OFF	Proper employee ratio L or U level employee ratio	L Level operator (Job observation) Standard and training
A	DMU1	5	4	3.2	1.7	2.1	4.3	1.6	4.5	2	3.3
	DMU2	4.9	1.2	5	3	2	1.7	2	4	2.5	2
	DMU3	1.8	2.4	5	1.1	4	3.8	1	5	4	2.5
	DMU4	3.8	5	1.9	2.5	5	4.4	3	4.7	1.5	4.5
	DMU5	2.2	1.5	3	4	2.1	2	4.9	1.4	5	3.4
B	DMU1	3.8	1.1	1.4	4.8	1.8	1.4	2.2	4	1.6	2.9
	DMU2	1.2	3	1.8	3.5	4.4	5	1.5	3.1	1.4	5
	DMU3	5	3.3	2.6	2	2.8	1	3.2	1.6	5	1.4
	DMU4	2.1	1.5	3.1	3.9	3.1	2.9	3.7	2.7	3.7	5
	DMU5	4.4	1.1	4.6	5	3.6	4.9	5	2.3	3.1	3
C	DMU1	1.2	5	2.6	5	3.5	4.4	1.9	5	1.2	1.6
	DMU2	5	3.5	3.5	1	5	5	5	5	3.6	4.7
	DMU3	1.8	4.3	3.5	4.2	5	2	5	3.7	1.4	2.8
	DMU4	5	5	5	1.8	4	4.5	5	2.4	5	1.8
	DMU5	1.4	4.8	3	5	5	5	4.6	5	5	5
D	DMU1	5	5	5	1.2	4.5	3.6	3.1	2.1	1.6	5
	DMU2	4.2	4.7	3.3	3.8	3.7	4.6	4.3	5	2.7	4.7
	DMU3	1.9	1.4	1.1	3.8	4.7	4	3.3	4.6	1.3	5
	DMU4	5	4	3.3	5	2.9	2.3	1.4	5	4	2
	DMU5	3.7	3.6	1.4	2.7	4.5	4.4	5	3.7	5	1.8
E	DMU1	1.5	2.2	3	1.7	2.3	3.9	1.7	2.9	1.9	2
	DMU2	1.3	1.3	2.4	5	2.1	1.9	3.5	1.8	4.9	1.7
	DMU3	1.6	2	3.5	4.8	1.8	2.3	5	1.6	1.7	5
	DMU4	2.2	3.5	1.6	3.1	1.6	2.7	1	1.8	4.6	1
	DMU5	2.5	1.6	2.6	2.2	2.9	1.8	1	5	4.7	1.1

جدول ۳. مقادیر مربوط به شاخص‌های خروجی

		Output (Product)					Output (Process)											
	y(r,j)	نرخ دستیابی ابرادات اعلام شده به شبکه خدمات پس از فروش در سه ماهه اول پس از تحویل خودرو	نرخ دستیابی به حفاظت از مشتری 3MIS Q3 / Customer protection ratio	Short-AVES	S-AVES convergence V1, V2 (GAP ratio)	S-AVES V1	Inspection Capability of Final area	قابلیت تعمیر	عبور مستقیم F-STR	DPHU-OFF / DPHU-ON	DPHU	DPHU	DPHU	Proper employee ratio L or U level employee ratio	L Level operator (Job observation) Standard and training	عملکرد جلسات QRQC	موجودی تعمیر	میانگین V1+V2 تأمین کننده
A	DMU1						3.5	2.5	3.5	1.5	2.5	2	4.5	4	2	3.5	2.5	
	DMU2	3.5	3	3.5	4.2	3.2												
	DMU3	3.2	4.2	3.5	2.7	3.2												
	DMU4	2	3	3.5	3.2	2.2												
	DMU5	4	4.2	4.5	2.7	3.2	2	2.5	5	4	2.5	3	3.5	2.5	3.5	4.5	4	
B	DMU1						5.1	1.7	4.7	5.1	4.5	5.1	2.6	4	1.8	4.6	5.8	
	DMU2	1.9	1.4	5.2	1.6	5.1												
	DMU3	4.8	5.5	4.3	4.8	2.6												
	DMU4	3.9	3.3	2.2	3.8	3												
	DMU5	1.3	1.2	3.1	2.8	3.4	2.5	4.2	3.7	1.5	4.6	2.6	1.1	5.9	4.7	4	2.5	
C	DMU1						2	5.5	3.7	2.5	3.3	3.3	3.4	3.1	2.6	2	4.2	
	DMU2	5	2	3.7	3.9	1.4												
	DMU3	3.4	4.4	2.8	5.5	1.7												
	DMU4	1.3	2.8	3.8	4.3	4.5												
	DMU5	3.5	2.7	1.9	3.3	2.3	5.8	2.9	5.9	3.3	5.7	2.7	1.7	4.2	4.1	1.2	5.4	
D	DMU1						3.8	1.8	5.7	3.3	1.1	2.7	1	3	1.2	5.9	1.7	
	DMU2	5.7	4.6	4.2	2.7	2.7												
	DMU3	3.9	3.6	5.9	1.7	1.5												
	DMU4	4.3	5.3	5.3	3.7	1.2												
	DMU5	5.4	4.1	3.3	5.4	5.9	2.3	2.1	4.1	4.2	4.2	4.1	1.6	4.2	1.6	3.6	1.3	
E	DMU1						2.9	1.5	2.3	4.6	4.8	5.3	2	1.8	4.8	3	2.1	
	DMU2	5.6	1.6	4.8	5.5	2.5												
	DMU3	6	2.5	4.6	1.5	2.8												
	DMU4	1.3	2.7	1.4	5	3.9												
	DMU5	5.6	3.8	3.9	2.1	2.6	4.2	5.7	5.8	1.4	3.9	5.6	2.9	1.5	4.9	3.6	1.4	

با استفاده از نرم‌افزار GAMS win64 25.1.2 مقدار ضرایب λ هر پنج خط تولید به ازای هر واحد تصمیم گیرنده محاسبه گردیده و در جدول ۴ آورده شده است و همان‌طور که مشاهده می‌شود، ۵ در خط E نسبت به باقی خطوط کارا تر است.

جدول ۴. مقدار ضرایب λ و کارایی خطوط تولید

		Lambda 1	Lambda 2	Lambda 3	Lambda 4	Lambda 5	Black-Box 1	Black-Box 2	Black-Box 3	Black-Box 4	Black-Box 5	Black-Box 6	Black-Box 7	Black-Box 8
A	DMU1			1.33	1.33		0.72	1	0.64	0.87	0.34	0.55	0.71	0.24
	DMU2						1	0.87	1	0.99	0.95	0.86	0.99	0.56
	DMU3		0.34				0.68	0.8	1	0.79	1	0.63	0.71	0.68
	DMU4	1	0.17			1	0.99	0.46	0.84	1	1	0.39	0.71	0.95
	DMU5		0.15				1	0.69	1	0.64	1	0.44	0.71	0.96
B	DMU1			1.33	0.94		0.63	1	0.64	1	0.47	0.64	0.63	0.3

	DMU2					0.08	0.41	1	0.76	0.26	0.31	0.08	0.06
	DMU3			0.24		0.33	1	1	1	0.63	1	0.63	0.21
	DMU4	1	1		0.2	1	0.18	0.48	0.77	0.62	1	0.23	0.18
	DMU5						1	0.45	0.9	1	1	0.41	0.63
C	DMU1			0.39			0.67	1	1	1	0.13	1	0.68
	DMU2	0.16				0.16	1	0.94	0.48	0.59	0.51	0.26	0.92
	DMU3	1.07		0.39		0.24	1	0.66	1	0.78	1	0.52	0.68
	DMU4		0.39		0.79	0.82	0.46	1	0.77	1	1	0.77	0.68
	DMU5						0.69	0.81	0.8	0.53	1	0.34	0.68
D	DMU1			0.38			1	0.62	1	0.22	1	0.13	0.15
	DMU2	0.29				0.29	0.32	0.35	0.79	0.5	1.04	0.14	0.15
	DMU3	0.94		0.38		0.12	1	0.4	1	0.43	0.72	0.17	0.15
	DMU4		0.38			0.82	0.4	0.52	0.86	1	0.4	0.45	0.15
	DMU5				0.77		0.67	1	0.98	1	1	0.98	0.15
E	DMU1	0.17		0.76			0.6	0.71	0.81	0.6	0.44	0.35	0.59
	DMU2	0.95				0.34	0.7	0.7	1	0.5	0.48	0.35	0.69
	DMU3				0.19		0.82	0.77	0.91	0.22	1	0.15	0.59
	DMU4		0.61		0.19	0.34	1	0.83	0.96	0.66	1	0.52	0.59
	DMU5			0.3	0.69	0.58	1	1	1	1	1	1	0.59

باتوجه به اینکه در گذشته دیدن مسیر حرکتی سازمان بسیار مشکل بود، لذا شرکت‌ها نمی‌توانستند اقداماتی متناسب با شرایطی که سازمان در آن قرار داشت، ارائه دهند. لذا به سیستمی نیاز است که بتواند این مسیر حرکتی را به ما نشان دهد تا با تعریف اقدامات صحیح و به موقع کل سازمان را در مسیر حرکتی درست آن قرار داد. در اینجا می‌توان با سرلوحه قرار دادن بخش کاراتر، باقی خطوط را با آن مقایسه کرده و اقدامات لازم را تدوین نمود.

گام سوم. شناسایی شود عواملی که باید تغییر کنند تابعی از چه پارامترهایی هستند.

مؤلفه‌های مؤثر بر هر شاخص ورودی و خروجی را می‌توان در جدول ۵ مشاهده نمود.

جدول ۵. مؤلفه‌های مؤثر بر شاخص‌ها جهت کارا نمودن واحدهای ناکارا

ردیف	عنوان شاخص	مؤلفه بهبود شاخص کیفی	تعریف
۱	نرخ دستیابی ایرادات اعلام شده به شبکه خدمات پس از فروش در سه ماهه اول پس از تحویل خودرو 3MIS achievement ratio	جلسات QRQC Customer	نوعی سیستم مدیریت ایرادات کیفی کشف شده توسط مشتری نهایی است که به منظور اجرا و پیگیری اقدامات متقابل سریع جهت حفاظت از مشتری و عدم عبور ایراد و نیز جلوگیری از تکرار ایراد کیفی از طریق شناسایی و حذف علل ریشه‌ای آن، طراحی شده است.
۲	نرخ دستیابی به حفاظت از مشتری 3MIS Q3 / Customer protection ratio	جلسات رویت و بررسی ایرادات	
		Live Case ایرادات مشتریان	
		استانداردسازی سیستم اعلام ایرادات مشتریان	طراحی نوعی سیستم مدیریت ایرادات کیفی کشف شده توسط مشتری نهایی، به منظور اجرا و پیگیری اقدامات متقابل سریع جهت حفاظت از مشتری و عدم عبور ایراد و نیز جلوگیری از تکرار ایراد کیفی از طریق شناسایی و حذف علل ریشه‌ای آن
		اجرای سیستم کیفی حل مسئله و پیگیری اقدامات اصلاحی	
۳	Short-AVES	استانداردسازی فعالیت‌ها و اطمینان بخشی در جهت عدم عبور ایراد	پایش اثربخشی و اطلاع رسانی وضعیت
		انجام Job Observation توسط سرپرست و رئیس	پایش اقدامات تضمینی صورت گرفته برای حفاظت از مصرف کنندگان و در صورت نیاز تعریف اقدامات جدید و همچنین ایجاد و پیگیری یک راهبرد تحلیلی برای ریشه کن کردن ایرادات اعلامی از مصرف کنندگان
			ارزیابی ایستگاه کاری جهت حصول اطمینان از رعایت استانداردها، کشف موارد عدم انطباق، تشخیص نقاط قابل

بهبود اجباری و همچنین بهبود برنامه سرپرست جهت دستیابی به اهداف Q-C-T	انجام صحیح بازکاری ایرادات	تکمیل صحیح CP برای عدم عبور ایرادات کیفی	استانداردسازی بازکاری‌های آنلاین	جلوگیری از جابه‌جایی غیراصولی اپراتورها	TPM	چیدمان استاندارد خودروها	چکمن‌ها و میلرها
	اقدام انجام شده بر روی یک محصول نامنطبق به‌طوری‌که بتواند الزامات را برآورده سازد. بازکاری نباید به‌گونه‌ای باشد که بر بخشی محصول تأثیر بگذارد یا آن را تغییر دهد. این عملیات توسط اپراتورهای تولید انجام می‌شود.						
	منظور از CP عبارت است از مجموعه فعالیتی که فوراً و تا زمانی که بتوان راه‌حل قطعی عیب را تعیین و اجرایی کرد، انجام می‌شود تا مشتریان بعدی و مصرف‌کنندگان نهایی را در برابر عیوب کیفی محصولات دارای عیب یا مشکوک به عیب، محافظت نمود.						
	انجام بازکاری‌های مجازی که توسط حوزه مهندسی با درنظرگرفتن استانداردها، مقررات ایمنی و قانونی و ملاحظات فنی و مهندسی و کیفی، مجاز اعلام می‌شود.						
	جلوگیری از جابه‌جایی غیراصولی اپراتورها در یک ایستگاه مشخص						
	بازدید و کنترل ماشین‌آلات و تجهیزات عملیاتی طبق فرم‌های نت خودگردان به‌صورت روزانه و توسط اپراتور تولید انجام می‌گیرد.						
	نقشه جانمایی وضعیت چیدمان خودروها در پارکینگ (رعایت فواصل طولی، عرضی، جریان مواد و ...)						
	*میلر (دستیار کیفی مدیر): مسئول ارائه بازخورد و نظارت مداوم برای دسترسی به سطح کیفیت مورد انتظار و محافظت از مشتریان در برابر ریسک‌های کیفی محصول است. همچنین میلر، تضمین‌کننده اجرای اقدامات واکنشی عیوب کیفی محصول عمل نموده و هماهنگی‌های لازم را میان واحدهای کیفیت و تولید به انجام می‌رساند. دستیار کیفی مدیر باید دانش و سابقه کافی را برای انتخاب‌شدن به‌عنوان دستیار کیفی با تشخیص مدیر کیفیت داشته باشد.						
	*چکمن: مسئول کنترل عملیات ایمنی/قانونی و ریسک‌های کیفی محصول بر اساس فهرست کنترلی مدون در انتهای محدوده EWT مربوطه و اصلاح موارد قابل‌رفع در محصول است.						
	ارتقاء قابلیت بازرسان کیفیت						
تولید خودروی کامل							
ارتقاء قابلیت بازکاری							
بهبود وضعیت ابعادی بدنه‌ها							
بهبود وضعیت استانداردسازی اپراتورها							
Conformity Index							
DPU off							
کلیه ایراداتی که تعمیراتشان پس از اتمام فرایند خط تولید صورت می‌گیرد.	کاهش سهم نمره منفی قطعات در ارزشیابی						
بهبود کیفیت مواد و قطعات ورودی							

		افزایش اثربخشی و واکنش‌پذیری QRQC و اثربخشی QRQE	کار گروهی به‌منظور توسعه روحیه پاسخگویی و واکنش سریع به مسائل
		شرایط محیطی ایستگاه‌های CSC1,2 و چکمن‌ها	استانداردسازی شرایط بهداشت صنعتی محیط کار و شرایط بازرسی استاندارد
۵	S-AVES V1	Skills management	انجام اقدامات ذیل برای پیشگیری از بازرسی اشتباه (Mis Inspection)
		تأمین شرایط محیطی مناسب	ایجاد تمهیدات مناسب برای ثبت ایرادات کیفی و پیشگیری از Difficult to Check
		جلوگیری از انجام Poor Repair	انجام بازکاری و تعمیرات مناسب ایرادات کیفی
		Levelling	یکسان‌سازی سطح قضاوت بازرسین
		پیشگیری از ایجاد Secondary Damage	پیشگیری از بروز ایرادات ثانویه
		Visual Inspection و DOJO	ارائه آموزش‌های بازرسی چشمی و ارتقاء مهارت بازرسان کیفیت
		HELP CALL	استفاده از ابزار هشدار HELP CALL در زمان مشاهده ایرادات کیفی
		رویه برخورد با خودروهای دارای کسری و یا با ماندگاری بالا	استانداردسازی رویکرد مدیریت خودروهای دارای کسری قطعات یا ماندگاری بالا
۶	Inspection Capability of Final area	Leveling بازرسان	یکسان‌سازی سطح قضاوت بازرسین
		DOJO	ارائه آموزش‌های بازرسی چشمی و ارتقاء مهارت بازرسان کیفیت
		شناسایی تعمیرات بد	انجام بازکاری و تعمیرات مناسب ایرادات کیفی
		قابلیت فردی بازرسان	یکسان‌سازی سطح تشخیص و قضاوت بازرسین کیفیت
		Job Observation و OJT توسط سرپرست	مشاهده کار و آموزش حین کار و جوار کارگاهی
		شرایط محیطی و ارگونومی ایستگاه‌های کاری	بهبود شرایط محیطی ارگونومی و نور ایستگاه‌های کاری
		تعداد ایرادات V1 و V2 شناسایی و رفع شده	تعداد ایرادات V1 و V2 شناسایی و رفع شده قبل از ارزیابی S-AVES
۷	قابلیت تعمیر Repair capability	تعداد تعمیرات اثربخش بر روی خودروهای آفلاین	بهبود وضعیت ریورک ایرادات
		تخصیص ریورکرهای آنلاین در خطوط تولیدی	انجام بازکاری در خط تولید بر اساس استانداردهای بازکاری مجاز
۸	عبور مستقیم F-STR	Help Call	استفاده از ابزار هشدار HELP CALL در زمان مشاهده ایرادات کیفی
		Animate کردن موارد Help Call ایرادات کیفی به تفکیک اپراتورها و ایستگاه‌های کاری	کاهش ایرادات خروجی از خط مونتاژ
		دستیابی به تارگت ILU 3*3	کاهش ایرادات خروجی از خط مونتاژ
		سیستماتیک کردن خروجی‌ها و ایستگاه‌های تعمیراتی	نرخ عبور مستقیم
		پایش نوع ایرادات در ایستگاه‌های تعمیراتی و ارسال آن به مبادی ایجادکننده	نرخ عبور مستقیم
		پایش نوع ایرادات در خروجی‌های تعیین شده	نرخ عبور مستقیم

ایجاد فلو جریان حرکت خودروها در رتوش	نرخ عبور مستقیم		
DOJO Dexterity School	مدرسه مهارت DOJO	DPU-OFF / DPHU-OFF	۹
Rework Capability	تعریف شاخص قابلیت بازکاری برای بهبود فرایندهای مرتبط		
ثبت عیوب کیفی خودرو در سیستم ERP	ثبت مکانیزه ایرادات کیفی		
ایجاد فرایند کنترلی روزانه برای CP ها و ایجاد دیتابیس در سیستم ERP برای پیگیری آنلاین	کنترلی روزانه CP ها و ایجاد سیستم مکانیزه ایرادات کیفی		
استقرار سیستم Help Call و پیگیری موارد ثبت شده توسط سرپرست و استادکاران	کاهش ایرادات خروجی از خط مونتاژ		
پیگیری و دریافت اقدامات جهت کاهش ایرادات با منشأ طراحی از تأمین‌کنندگان و سازندگان	پیگیری و دریافت برنامه اقدام اصلاحی		
تخصیص رپورگرهای آنلاین در خطوط تولیدی	تخصیص نفرات تعمیرکار در خطوط تولیدی		
کاور نمودن ابزارآلات و قسمت‌های در معرض آسیب بدنه	پروتکت ابزارهای خط تولید		
فرهنگ‌سازی در بین اپراتورها برای جلوگیری از ایجاد ایرادات ثانویه	ایجاد فرهنگ مناسب بین اپراتورها برای پیشگیری از secondary damage		
استفاده از tampon کنترلی در انتهای خط درب بندی	استفاده از تجهیزات کنترلی (شابلون، تامپون، ...) در انتهای خط درب سازی	DPU/ DPHU بدنه	۱۰
استفاده از ابزار مخصوص در خط درب بندی و کنترل توسط چکمن در انتهای خط صافکاری	کنترل ابعادی 1D در خطوط تولیدی (کنترل گپ و استپ moving part)		
IC individually& calculating inspection capability	محاسبه قابلیت کشف و قضاوت بازرسان کیفیت	DPU / DPHU رنگ	۱۱
PM for dust	بهبود PM برای حفظ وضعیت و کاهش ذرات		
Improving the ergonomic	بهبود ارگونومی		
Respect secondary damage rules in paint shop	حفظ قوانین مربوط به ایرادات ثانویه در سالن رنگ		
Preparing the grid in green card	استفاده از کارت سبز برای مشخص نمودن مکان ایرادات		
Providing the collection of defects with clear pictures at the end of line	مشخص نمودن ایرادات با تصاویر در انتهای خط		
standard Lighting Tunnel	بازرسی استاندارد کیفی	Proper employee ratio L or U level employee ratio	۱۲
کاهش نرخ جابه‌جایی نیروهای تولیدی در سالن	نرخ جابه‌جایی نیروهای تولیدی		
بالابردن نرخ تخصیص کار مناسب ایستگاه‌های کاری	تخصیص کار متناسب به اپراتور بر اساس تخصص و دانش و مهارت آنها	L Level operator (Job observation) Standard and training	۱۳
بازآموزی استاندارد AVES برای بازرسان در DOJO	بازآموزی استانداردهای بازرسی		
برنامه‌ریزی JO	طرح‌ریزی برای مشاهده کار (JO)		
بالانس بودن متوسط زمان انجام عملیات مطابق با زمان انجام عملیات	استاندارد بودن زمان انجام عملیات		

		آشنایی اپراتور با مراحل اصلی انجام فرآیند و رعایت صددرصدی مطابق با A-SOS	آشنایی اپراتور از Main Step های فرایند در SOS
		Important A/B, CSR/PANNE IMMO, High voltage رعایت نکات	آشنایی اپراتور از نکات کلیدی فرایند در SOS ها
		آموزش الزامات ایمنی و قانونی (CSR & IMMO)	تدوین دوره‌های آموزشی مربوطه در OJT های ماهانه سرپرستان تولید
		شرایط محیطی و ارگونومی ایستگاه‌های کاری	بهبود شرایط محیطی، ارگونومی و نور در ایستگاه‌های کاری
۱۴	عملکرد جلسات QRQC	برگزاری اثربخش جلسات QRQC APW	مدیریت ایرادات کیفی در سیستم جلسات QRQC
		نحوه ورود و خروج ایرادات به جلسات QRQC	مدیریت ایرادات کیفی در سیستم جلسات QRQC
		فعالیت صحیح نفرات شرکت‌کننده در جلسات	بهبود عملکرد افراد شرکت‌کننده در جلسات
۱۵	موجودی تعمیر	استفاده از سیستم هشدار خودروها در مناطق دوباره‌کاری	استفاده و مدیریت منظم سیستم هشدار برای حفظ تعداد خودروها در مناطق دوباره‌کاری
		کار توگرافی منطقه تعمیراتی	مشخص کردن فضای مجاز برای تعمیرات سبک و سنگین
		D-STR	عبور مستقیم تولید
۱۶	میانگین V1+V2 تأمین‌کننده	آنالیز بهبود شاخص S-AVES مربوط به قطعات	تجزیه و تحلیل شاخص کیفی SAVES قطعات

گام چهارم. تحقیق شود که بردار یا مؤلفه‌های α چگونه در مجموعه مرجع تغییر کرده‌اند (با استفاده از پرسش‌نامه جهت به دست آوردن روش ابتکاری-بله خیر نیست). منظور روش های مدیریت آیت‌ها و روش های تغییر است نه مقدار تغییر که در جدول ۶ جمع آوری شده است.

جدول ۶. اقدامات مورد نیاز مؤلفه‌های مؤثر بر شاخص‌ها جهت کار نمودن واحدهای ناکارا

ردیف	عنوان شاخص	مؤلفه بهبود شاخص کیفی	اقدامات
۱	نرخ دستیابی ایرادات اعلام شده به شبکه خدمات پس از فروش در سه ماهه اول پس از تحویل خودرو 3MIS achievement ratio	جلسات QRQC Customer	۱- سنجش اثربخشی و واکنش‌پذیری جلسات QRQC Customer ۲- ایجاد فرایند کنترلی با دوره روزانه برای کنترل دقیق CP ها و ایجاد یک دیتابیس در سیستم ERP برای پیگیری آنلاین
۲	نرخ دستیابی به حفاظت از مشتری 3MIS Q3 / Customer	Live Case ایرادات مشتریان	پایه‌سازی و اجرای بازدیدهای هفتگی منظم و هدفمند از ایرادات مشتریان در نمایندگی‌های خدمات پس از فروش (Live Case)
		استانداردسازی سیستم اعلام ایرادات مشتریان	تشکیل و برگزاری جلسات کمیته ورودی ایرادات مشتریان به سیستم حل مسئله
		اجرای سیستم کیفی حل مسئله و پیگیری اقدامات اصلاحی	برگزاری جلسات منظم QRQC Customer و پیگیری برنامه‌های اقدام اصلاحی از پابلوت‌ها و واحدهای مختلف

	protection ratio	استانداردسازی فعالیت‌ها و اطمینان بخشی در جهت عدم عبور ایراد	انجام آدیت C.P و بازنگری مستندات ارائه شده
		پایش اثربخشی و اطلاع‌رسانی وضعیت	سنجش اثربخشی اقدامات اصلاحی و ارائه گزارش ماهانه به واحدهای مرتبط
۳	Short-AVES	انجام Job Observation توسط سرپرست و رئیس	انجام مشاهده کار به صورت مدون و بر اساس برنامه ILU ماهانه توسط سرپرست و رئیس
		انجام صحیح بازکاری ایرادات	انجام صحیح فرآیند بازکاری محصول نامنتطبق که در جریان پیوسته تولید توسط اپراتورها در خطوط تولید یا خارج از آن، مطابق با استاندارد RW
		تکمیل صحیح CP برای عدم عبور ایرادات کیفی	تکمیل صحیح قسمت اقدامات حفاظت از مشتری (CP) از فرم EWT Conformity
		استانداردسازی بازکاری‌های آنلاین	استانداردسازی نمودن بازکاری‌های آنلاین
		جلوگیری از جابه‌جایی غیراصولی اپراتورها	انجام Job Rotation بر اساس استانداردهای ILU ماهانه، جدول ORT و برگه پیشرفت مهارت‌های فردی اپراتورها
		TPM	اپراتور پیش از شروع به کار، عملکرد تجهیز را بر اساس دستورالعمل/راهنمای انجام کار/برگه‌های استاندارد عملیات و... را در ابتدای هر شیفت مورد ارزیابی قرار داده و در صورت مشاهده هرگونه عملکرد نامناسب دستگاه و خارج شدن از حدود استاندارد دستگاه، مورد مشاهده شده را طبق TPM TAG به سرپرست خود گزارش می‌دهد.
		چیدمان استاندارد خودروها	۱- کنترل مناسب بودن وضعیت چیدمان خودروها مطابق با نقشه جانمایی چیدمان خودروها ۲- اجرای آدیت لجستیک و پارکینگ بر اساس الزامات استاندارد محافظت از محصول
		چکمن‌ها و میلرها	سازمان‌دهی چکمن و دستیار کیفی مدیر
		Inspection Capability (IC%)	بهبود قابلیت کشف و قضاوت بازرسان کیفیت (محاسبه ماهانه شاخص IC%)
		نرخ عبور کامل در ایستگاه قبل از تجاری‌سازی	افزایش نرخ عبور مستقیم (STR) سالن‌های تولیدی
۴	S-AVES convergence V1, V2 (GAP ratio)	Repair capability (RC%)	بهبود وضعیت رپورک ایرادات کیفی
		1D(G&S) & 3D(cmm)	اجرای هایژن و تکرارپذیری فیکسچرهای تولیدی در سالن‌های بدنه‌سازی
		L Level operator	سنجش امتیاز سطح مهارتی L اپراتورها بر اساس شاخصه‌هایی از قبیل: کنترل بالانس بودن متوسط زمان انجام عملیات مطابق با زمان انجام عملیات - کنترل آشنایی اپراتور مراحل اصلی انجام فرآیند - رعایت نکات کلیدی SOS - کنترل جدول پیشرفت مهارت‌های فردی - استفاده از ابزار Help Call در موارد غیرعادی استفاده از تجهیزات فردی - انجام فرآیند مطابق SOS و بالانس - آشنایی اپراتور از آخرین ایراد کیفی پیش آمده در EWT - آشنایی از نحوه راه‌اندازی و استفاده از تجهیزات - رعایت ۴ اصل اقتصاد حرکت - اجرای دقیق CPهای تعریف شده در خط - داشتن توانایی جبران زمان از دست رفته (باتوجه به شرایط ایستگاه)
		Conformity Index	بهبود درصد انطباق آدیت فرایندهای دوره‌ای در هر EWT تولیدی (بر اساس: کنترل میزان کنترل و انطباق کیفیت فرایند تولید و فعالیت‌های مرتبط با یک محصول با آنچه که در طرح‌ها،

دستورالعمل‌ها، استانداردها و ... و نیز بررسی کفایت طرح‌ها، دستورالعمل‌ها و ...)			
- بهبود نمره شاخص DPU - نمونه‌گیری بیشتر از ۴۰ دستگاه خودرو روند به‌صورت روزانه/هفتگی/ماهانه - پایش و موارد و مدیریت نتایج ایراداتی که در خط تولید کشف و تعمیر می‌گردند.	DPU off		
صیانت از قطعات ورودی به شرکت تا زمان ارسال به سالن‌های تولیدی	کاهش سهم نمره منفی قطعات در ارزشیابی		
بهبود سیستم حل مسئله	افزایش اثربخشی و واکنش‌پذیری QRQC و اثربخشی QRQE		
- ایجاد تمهیدات مناسب برای ثبت ایرادات کیفی - پیشگیری از Difficult to Check	شرایط محیطی ایستگاه‌های 1,2 CSC و چکمن‌ها		
ارائه آموزش جدید برای پرسنل جدیدالورود - ارتقا شناخت و آگاهی پرسنل نسبت به شدت ایرادات - کشف ایرادات ابعادی - افزایش مهارت و دانش استانداردها برای همکاران انتقالی - تدوین SOSهای بازرسی و چکمن - آموزش‌های APW مورد نیاز از قبیل JO, ATWI و QRQC - انجام Coaching (مربیگری) مربوط به QRR در شیفت‌های مختلف	Skills management		
انجام آدیت فرایند انجام آدیت GK انجام آدیت مدیریت کارخانه	تأمین شرایط محیطی مناسب		
- راهاندازی سیستم FVR - اخذ مجوز (Certificate) جهت اپراتورهای تعمیر ایرادات - انجام صحیح o/ز در تمام سطوح سالن مونتاژ و روتوش - تهیه و تدوین SOSهای تعمیراتی - رعایت فرآیند رفع ایراد بر اساس استاندارد تعریف شده	جلوگیری از انجام Poor Repair	S-AVES V1	۵
Mis judgments عدم یکسان بودن سطح قضاوت بازرسین با انجام کالیبراسیون و همسطح سازی بازرسان توسط واحد ارزشیابی محصول	Levelling		
- آدیت محافظت از محصول خودروهای تولیدی و دیو شده در سطح پارکینگ - محافظت از محصول تجاری نشده و دیو شده در سطح پارکینگ توسط اپراتورها و رانندگان	پیشگیری از ایجاد Secondary Damage		
DOJO برای بازرسین Visual Inspection برای بازرسین	DOJO و Visual Inspection		
اجرای اثربخش سیستم HELP CALL	HELP CALL		
اجرای صحیح رویه برخورد با خودروهای دارای کسری و یا با ماندگاری بالا	رویه برخورد با خودروهای دارای کسری و یا با ماندگاری بالا		
برگزاری دوره سطح‌بندی توسط همکاران ارزشیابی محصول طبق استاندارد AVES	Leveling بازرسان		
ایجاد DOJO برای آموزش بازرسین کیفی، آموزش نفرات جهت کشف و رفع ایرادات و بازآموزی استاندارد AVES برای بازرسان در DOJO	DOJO	Inspection Capability of Final area	۶
شناسایی تعمیرات بد (موارد تعمیر نشده)	شناسایی تعمیرات بد		
پایش اثربخشی قابلیت فردی بازرسان	قابلیت فردی بازرسان		

		Job Observation و OJT توسط سرپرست	انجام JO و OJT توسط سرپرست
		شرایط محیطی و ارگونومی ایستگاه‌های کاری	اجرای آدیت‌های GK، آدیت فرایند، تحلیل ریسک‌های ایمنی و بهداشت صنعتی
۷	قابلیت تعمیر Repair capability	تعداد ایرادات V1 و V2 شناسایی و رفع شده	- پیگیری ایرادات کیفی در قالب پانچ لیست پیگیری - تشکیل کمیته‌های تخصصی پیگیری رفع ایرادات کیفی
		تعداد تعمیرات اثربخش بر روی خودروهای آفلاین	شاخص RC
۸	عبور مستقیم F-STR	تخصیص رپورکرهای آنلاین در خطوط تولیدی	کاهش ایرادات خروجی از خط مونتاژ
		Help Call	استقرار سیستم Help Call و پیگیری موارد ثبت شده توسط سرپرست و استادکاران
		Animate کردن موارد Help Call ایرادات کیفی به تفکیک اپراتورها و ایستگاه‌های کاری	- پیگیری ایرادات کیفی در قالب پانچ لیست پیگیری - تشکیل کمیته‌های تخصصی پیگیری رفع ایرادات کیفی
		دستیابی به تارگت ILU 3*3	آموزش‌های اپراتور مطابق با ORT هر ایستگاه کاری JO بدون و برنامه‌ریزی شده ایستگاه کاری
		سیستماتیک کردن خروجی‌ها و ایستگاه‌های تعمیراتی	بهبود نرخ عبور مستقیم
		پایش نوع ایرادات در ایستگاه‌های تعمیراتی و ارسال آن به مبادی ایجادکننده	بهبود نرخ عبور مستقیم
		پایش نوع ایرادات در خروجی‌های تعیین شده	بهبود نرخ عبور مستقیم
		ایجاد فلو جریان حرکت خودروها در رتوش	بهبود نرخ عبور مستقیم
		DOJO Dexterity School	آموزش نفرات جهت کشف و رفع ایرادات
		Rework Capability	شاخص RC
۹	DPU-OFF / DPHU-OFF	ثبت عیوب کیفی خودرو در سیستم ERP	ایجاد زیرساخت‌ها برای ثبت کامل و به‌روز ایرادات خودرو در سیستم erp برای دریافت گزارش کامل
		ایجاد فرایند کنترلی روزانه برای CPها و ایجاد دیتابیس در سیستم ERP برای پیگیری آنلاین	رعایت حفاظت از مشتری
		استقرار سیستم Help Call و پیگیری موارد ثبت شده توسط سرپرست و استادکاران	رفع ایرادات مربوط به طرح و قطعه
		پیگیری و دریافت اقدامات جهت کاهش ایرادات با منشأ طراحی از تأمین‌کنندگان و سازندگان	رفع ایرادات مربوط به طرح و قطعه
		تخصیص رپورکرهای آنلاین در خطوط تولیدی	رفع ایرادات مربوط به طرح و قطعه
		کاور نمودن ابزارآلات و قسمت‌های در معرض آسیب بدنه	ایجاد مکانیزم کنترلی دقیق برای پروتکت ابزارهای خط تولید
		فرهنگ‌سازی در بین اپراتورها برای جلوگیری از ایجاد ایرادات ثانویه	ایجاد کلاس‌های آموزشی مداوم

۱۰	DPU/ DPHU بدنه	استفاده از tampon کنترلی در انتهای خط درب بندی	استفاده از تجهیزات کنترل ابعادی در خط تولید بدنه
		استفاده از ابزار مخصوص در خط درب بندی و کنترل توسط چکمن در انتهای خط صافکاری	- استفاده از تجهیزات کنترل ابعادی (از قبیل: گپ گیج و خط کش) در خط تولید بدنه - تحلیل شاخص IQG 3D و IQG 1D
۱۱	DPU / رنگ DPHU	IC individually& calculating inspection capability	- محاسبه قابلیت کشف بازرسان - پایش قابلیت کشف بازرسان و نفرات CSC برای کل سالن توسط پایش جداگانه نفرات
		PM for dust	انجام ذرات سنجی توسط واحد PM بر اساس طرح کنترل و طرح نگهداری، در سالن‌های رنگ
		Improving the ergonomic	بهبود ارگونومی برای انتهای ایستگاه‌ها (مثلاً: چک سقف)
		Respect secondary damage rules in paint shop	آموزش نحوه پیشگیری از بروز "ایرادات ثانویه" در سالن رنگ
		Preparing the grid in green card	استفاده از کارت سبز برای مشخص نمودن مکان ایرادات
		Providing the collection of defects with clear pictures at the end of line	نصب پوسترهای ایرادات کیفی در خطوط تولیدی
		standard Lighting Tunnel	ایجاد تونل نور برای ایستگاه‌های بازرسی و کیفیت و تولید
۱۲	Proper employee ratio L or U level employee ratio	کاهش نرخ جابه‌جایی نیروهای تولیدی در سالن	تولید روزانه مطابق با برنامه تولید جهت جلوگیری از نوسانات و جابه‌جایی نیروها
		بالا بردن نرخ تخصیص کار مناسب ایستگاه‌های کاری	- زمان سنجی مناسب با استفاده از سیستم APW - ارائه تخصیص کار مناسب برای هریک از ایستگاه‌های کاری - شاخص JLR
		بازآموزی استاندارد AVES برای بازرسان در DOJO	آموزش سرپرستان و استادکاران در مدرسه DOJO و مهارت‌های چشمی
۱۳	L Level operator (Job observation) Standard and training	برنامه‌ریزی JO	برنامه‌ریزی دقیق برای هر اپراتور برای دستیابی به سطح مهارت L
		بالانس بودن متوسط زمان انجام عملیات مطابق با زمان انجام عملیات	اجرای استاندارد عملیات بر اساس سایکل تایم
		آشنایی اپراتور با مراحل اصلی انجام فرآیند و رعایت صددرصدی مطابق با A-SOS	اجرای استاندارد عملیات بر اساس سایکل تایم
		Important A/B, CSR/PANNE IMMO, High voltage رعایت نکات	رعایت نکات کلیدی انجام عملیات توسط اپراتور و آشنایی آنها با دلایل آن
		آموزش الزامات ایمنی و قانونی (CSR & IMMO)	راه‌اندازی DOJO DEXTIRY SCHOOL و آموزش جهت کشف ایراد
		شرایط محیطی و ارگونومی ایستگاه‌های کاری	اجرای آدیت GK و آدیت فرایند و آدیت مدیریت کارخانه
		برگزاری اثربخش جلسات QRQC APW	- برقراری ارتباط بین جلسات QRR و QRQC - نفرات شرکت‌کننده در جلسه، مسئول حداکثر یک ایراد باشند - برگزاری منظم جلسات QRQC سطح مدیران
۱۴	عملکرد جلسات QRQC	نحوه ورود و خروج ایرادات به جلسات QRQC	- کنترل اثربخشی CPها - انتقال به QRQC - مشخص‌بودن رویکرد حل مسئله - تصدیق تأثیرات توسط واحد کیفیت - انجام فعالیت‌ها قبل از جلسه برای انتخاب ایراد روز با همکاری واحدهای کیفیت و تولید

		فعالیت صحیح نفرات شرکت‌کننده در جلسات	اثربخشی آنالیزهای سطوح ۱، ۲ و ۳- حضور نفرات واحدهای مسئول در جلسات
۱۵	موجودی تعمیر	استفاده از سیستم هشدار خودروها در مناطق دوباره‌کاری	سیستم Help Call
		کار توگرافی منطقه تعمیراتی	کار توگرافی منطقه تعمیراتی و مناطق انتظار (خارج از خط تعمیرات)
		D-STR	بهبود نرخ شاخص عبور مستقیم
۱۶	میانگین V1+V2 تأمین‌کننده	آنالیز بهبود شاخص S-AVES مربوط به قطعات	آنالیز بهبود شاخص SAVES مربوط به مواد و قطعات ورودی

گام پنجم. از تحقیق 'گام چهارم پیشنهاد برای ناکارا ارائه شود. شناسایی شود کدام عوامل واحد ناکارا باید تغییر کنند که معیار به ما می‌گوید.

جدول ۷. اقدامات مورد نیاز جهت بهبود شاخص‌ها جهت کارا شدن

ردیف	عنوان شاخص	از	به	اقدامات مورد نیاز جهت بهبود شاخص
۱	نرخ دستیابی ایرادات اعلام شده به شبکه خدمات پس از فروش در سه ماهه اول پس از تحویل خودرو 3MIS achievement ratio	۱,۳	۶	ایجاد فرایند کنترلی با دوره روزانه برای کنترل دقیق CPها و ایجاد یک دیتابیس در سیستم ERP برای پیگیری آنلاین
۲	نرخ دستیابی به حفاظت از مشتری 3MIS Q3 / Customer protection ratio	۱,۲	۵,۵	تشکیل و برگزاری جلسات کمیته ورودی ایرادات مشتریان به سیستم حل مسئله انجام آدیت C.P و بازنگری مستندات ارائه شده سنجش اثربخشی اقدامات اصلاحی و ارائه گزارش ماهانه به واحدهای مرتبط
۳	Short-AVES	۱,۴	۵,۹	انجام صحیح فرآیند بازکاری محصول نامنطبق که در جریان پیوسته تولید توسط اپراتورها در خطوط تولید یا خارج از آن، مطابق با استاندارد RW تکمیل صحیح قسمت اقدامات حفاظت از مشتری (CP) از فرم EWT Conformity انجام Job Rotation بر اساس استانداردهای ILU ماهانه، جدول ORT و برگه پیشرفت مهارت‌های فردی اپراتورها
۴	S-AVES convergence V1, V2 (GAP ratio)	۱,۵	۵,۵	افزایش نرخ عبور مستقیم (STR) سالن‌های تولیدی بهبود وضعیت ریورک ایرادات کیفی بهبود درصد انطباق آدیت فرایندهای دوره‌ای در هر EWT تولیدی نمونه‌گیری بیشتر از ۴۰ دستگاه خودرو روند به‌صورت روزانه/هفتگی/ماهانه ایجاد تمهیدات مناسب برای ثبت ایرادات کیفی پیشگیری از Difficult to Check
۵	S-AVES V1	۱,۲	۵,۹	- تدوین SOSهای بازرسی و چکمن - آموزش‌های APW مورد نیاز از قبیل JO, ATWI و QRQC - انجام Coaching (مربیگری) مربوط به QRR در شیفت‌های مختلف انجام آدیت GK - راه‌اندازی سیستم FVR

				- تهیه و تدوین SOSها تعمیراتی - آدیت محافظت از محصول خودروهای تولیدی و دپو شده در سطح پارکینگ - محافظت از محصول تجاری نشده و دپو شده در سطح پارکینگ توسط اپراتورها و رانندگان DOJO برای بازرسین Visual Inspection برای بازرسین
۶	Inspection Capability of Final area	۲	۵,۸	ایجاد DOJO برای آموزش بازرسین کیفی، آموزش نفرات جهت کشف و رفع ایرادات و بازآموزی استاندارد AVES برای بازرسان در DOJO اجرای آدیت‌های GK، آدیت فرایند، تحلیل ریسک‌های ایمنی و بهداشت صنعتی - پیگیری ایرادات کیفی در قالب پانچ لیست پیگیری - تشکیل کمیته‌های تخصصی پیگیری رفع ایرادات کیفی شاخص RC
۷	قابلیت تعمیر Repair capability	۱,۵	۵,۷	- پیگیری ایرادات کیفی در قالب پانچ لیست پیگیری
۸	عبور مستقیم F-STR	۲,۳	۵,۹	کاهش ایرادات خروجی از خط مونتاژ پیگیری ایرادات کیفی در قالب پانچ لیست پیگیری تشکیل کمیته‌های تخصصی پیگیری رفع ایرادات کیفی
۹	DPU-OFF / DPHU-OFF	۱,۴	۵,۱	ایجاد زیرساخت‌ها برای ثبت کامل و به‌روز ایرادات خودرو در سیستم erp برای دریافت گزارش کامل رفع ایرادات مربوط به طرح و قطعه ایجاد مکانیزم کنترلی دقیق برای پروتکت ابزارهای خط تولید
۱۰	DPU/ DPHU بدنه	۱,۱	۵,۷	- استفاده از تجهیزات کنترل ابعادی (از قبیل: گپ گیج و خط کش) در خط تولید بدنه - تحلیل شاخص IQG 3D و IQG 1D
۱۱	DPU / DPHU رنگ	۲	۵,۶	- محاسبه قابلیت کشف بازرسان - پایش قابلیت کشف بازرسان و نفرات CSC برای کل سالن توسط پایش جداگانه نفرات انجام ذرات سنجی توسط واحد PM بر اساس طرح کنترل و طرح نگهداری، در سالن‌های رنگ بهبود ارگونومی برای انتهای ایستگاه‌ها (مثلاً: چک سقف) استفاده از کارت سبز برای مشخص نمودن مکان ایرادات
۱۲	Proper employee ratio L or U level employee ratio	۱	۴,۵	تولید روزانه مطابق با برنامه تولید جهت جلوگیری از نوسانات و جابه‌جایی نیروها زمان‌سنجی مناسب با استفاده از سیستم APW ارائه تخصیص کار مناسب برای هریک از ایستگاه‌های کاری شاخص JLR
۱۳	L Level operator (Job observation) Standard and training	۱,۵	۵,۹	برنامه‌ریزی دقیق برای هر اپراتور برای دستیابی به سطح مهارت L اجرای استاندارد عملیات بر اساس سایکل تایم اجرای آدیت GK و آدیت فرایند و آدیت مدیریت کارخانه

۱۴	عملکرد جلسات QRQC	۱,۲	۴,۹	- برقراری ارتباط بین جلسات QRQC و QRR - کنترل اثربخشی CPها - مشخص بودن رویکرد حل مسئله - تصدیق تأثیرات توسط واحد کیفیت اثربخشی آنالیزهای سطوح ۰, ۱ و ۲- حضور نفرات واحدهای مسئول در جلسات
۱۵	موجودی تعمیر	۱,۲	۵,۹	سیستم Help Call کارتوگرافی منطقه تعمیراتی و مناطق انتظار (خارج از خط تعمیرات)
۱۶	میانگین V1+V2 تأمین‌کننده	۱,۳	۵,۸	آنالیز بهبود شاخص SAVES مربوط به مواد و قطعات ورودی

۴. نتیجه‌گیری

در این مقاله با استفاده از داده‌های حاصل از پنج خط تولیدی شرکت خودروسازی در ایران و به‌منظور سنجش کارایی خطوط در دوره زمانی سال ۱۳۹۸ و با استفاده از روش ناپارامتریک تحلیل پوششی داده‌ها انجام شده است. باتوجه‌به ضعف مدل‌های معمولی و کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها در سنجش کارایی خطوط تولید از مدل شبکه‌ای با خروجی نامطلوب در تجزیه‌وتحلیل کارایی شرکت‌های مزبور استفاده شده است. باتوجه‌به ملاحظات موجود در سیستم سلامت، توقف در سیستم برای ایجاد تغییرات امکان‌پذیر نیست. ازاین‌رو باید از راهکاری برای آن استفاده شود که اختلالی در ارائه خدمات ایجاد نکند.

مدل این مقاله باتوجه‌به درنظرگرفتن خروجی‌های مطلوب و نامطلوب در کنار هم به دنیای واقعی نزدیک‌تر است و در آن کارایی پنج خط تولیدی شرکت خودروسازی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای مورد بررسی قرار گرفته که با استفاده از ضرایب محاسبه شده برای شاخص‌های ورودی و خروجی شناسایی شده مطلوب و نامطلوب مرتبط بر سلامت کیفی خطوط، مدلی برای ارزیابی سلامت کیفیت خطوط تولید خودرو ارائه گردیده است. مهم‌ترین ویژگی عملیاتی مدل ارائه شده، شناسایی و تدوین اقدامات اصلاحی موقت و دستیابی به اقدامات اصلاحی دائم به همراه مسئول دقیق حل مسئله و زمان‌بندی عملیاتی باتوجه‌به کاراترین سازمان/خط تولید است که در نتیجه بررسی ایراد به منشأ ایراد بازمی‌گردد و از بروز مشکل جلوگیری می‌کند؛ بنابراین باتوجه‌به ارائه بازخوردهای مناسب جهت تدوین اقدامات اصلاحی در منشأ بروز مشکل، سبب کاهش هزینه‌های ناشی از افت کیفیت، دوباره‌کاری، ارتقاء سطح کیفی محصولات و نیز افزایش سطح قابلیت فرایند می‌گردد. این مدل قابلیت تعمیم به سایر شرکت‌های خودروسازی سبک‌وسنگین در صنعت خودروسازی کشور را دارد.

رویکرد ارائه شده در این پژوهش می‌تواند برای تحلیل و بهینه‌سازی سایر بخش‌ها نیز استفاده شود و به مدیران ارشد کمک کند که تأثیر تغییرات در سیستم‌ها را بهتر درک کنند و بتوانند با استفاده از رویکردی مشابه برای بهبود وضعیت سیستم‌ها اقدام کنند. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی معیارهای موردنظر را به‌صورت غیرقطعی یا سطوح تأمین‌کننده و توزیع‌کننده را در مدل در نظر گرفت، همچنین می‌توان از سایر مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها یا روش‌های دیگر برای رتبه‌بندی شاخص‌ها استفاده نمود.

فهرست منابع

- [1] Wu, D. and D.L. Olson, Supply chain risk, simulation, and vendor selection. *International journal of production economics*, 2008. **114**(2): p. 646-655.
- [2] Zhang, J. and W. Tan, Research on the performance evaluation of logistics enterprise based on the analytic hierarchy process. *Energy Procedia*, 2012. **14**: p. 1618-1623.
- [3] Kazan, H., Performance evaluation in research and development, intellectual capital, and firm infrastructure projects as intangible assets. *African Journal of Business Management*, 2012. **6**(5): p. 1872-1882.
- [4] Chen, C. and H. Yan, Network DEA model for supply chain performance evaluation. *European journal of operational research*, 2011. **213**(1): p. 147-155.
- [5] Charnes, A., W.W. Cooper, and E. Rhodes, A Data Envelopment Analysis Approach to Evaluation of the Program Follow through Experiment in US Public School Education. 1978, Carnegie-Mellon Univ Pittsburgh Pa Management Sciences Research Group.
- [6] Färe, R. and S. Grosskopf, Network DEA. *Socio Econ Plan Sci* 34:35-49, 2000.
- [7] Cook, W.D., L. Liang, and J. Zhu, Measuring performance of two-stage network structures by DEA: a review and future perspective. *Omega*, 2010. **38**(6): p. 423-430.
- [8] Kao, C., Network data envelopment analysis. *International Series in Operations Research & Management Science*. DOI, 2017. **10**: p. 978-3.
- [9] Banker, R.D., A. Charnes, and W.W. Cooper, Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 1984. **30**(9): p. 1078-1092.
- [10] Miina, A., M. Saat, and E. Kolbre, Critical success factors of lean thinking implementation in Estonian manufacturing companies. 2012: TUT Press.
- [11] Kumar, N., et al., Implementing lean manufacturing system: ISM approach. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 2013. **6**(4): p. 996-1012.
- [12] Gijo, E. and J. Scaria, Process improvement through Six Sigma with Beta correction: a case study of manufacturing company. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2014. **71**(1-4): p. 717-730.
- [13] Bagozzi, R.P., Performance and satisfaction in an industrial sales force: An examination of their antecedents and simultaneity. *Journal of Marketing*, 1980. **44**(2): p. 65-77.
- [14] Kiaei, H. and R. Kazemi Matin, Common set of weights and efficiency improvement on the basis of separation vector in two-stage network data envelopment analysis. *Mathematical Sciences*, 2020. **14**(1): p. 53-65.
- [15] lo Storto, C., Performance evaluation of social service provision in Italian major municipalities using Network Data Envelopment Analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2020. **71**: p. 100821.
- [16] Villano, R.A., et al., Measuring disaster resilience in the Philippines: evidence using network data envelopment analysis. *Climate and Development*, 2020. **12**(1): p. 67-79.
- [۱۷] گلسفید، غ.، دانشیان، and ر.م. خلیفه، کارایی متقاطع برای داده‌های بازه‌ای و کاربرد آن جهت بهبود عملکرد یک سیستم به کمک شبیه‌سازی. *تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات*، ۲۰۲۱.
- [۱۸] طاهر، ف.، et al., تخمین خروجی‌های نامطلوب و ورودی‌های مطلوب به همراه بهبود در کارایی برای واحدهای تصمیم‌گیری با داده‌های بازه‌ای. *پژوهش‌های نوین در ریاضی*، ۲۰۲۱. **۷**(۲۹): p. 65-72.

- [۱۹] عباسیان، ح.، ارتقاء واحدهای ناکارا (با داده‌های منفی) در جهت وزن‌های مشترک در تحلیل پوششی داده‌ها. Iranian Journal of Optimization, 2021. **13** (۳).
- [۲۰] ایرانزاده and سلیمان، کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها در اندازه‌گیری کارایی نسبی مراکز تلفن شهری (مطالعه موردی: مخابرات منطقه آذربایجان شرقی). مدیریت بهره‌وری، ۲۰۲۲.
- [۲۱] خردرنجبر، et al.، ارزیابی کارایی سیستم نگهداری و تعمیر ساختمان‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها. نشریه مهندسی سازه و ساخت، ۲۰۲۲. ۸ (شماره ویژه ۴): p. 252-269.
- [۲۲] نصراللهیان، پ.، et al.، بهبود مجموعه امکان تولید در تحلیل پوششی داده‌ها با استفاده از مقادیر بازه اطمینان. پژوهش‌های نوین در ریاضی، ۲۰۲۲.
- [23] Mocholi-Arce, M., et al., Performance assessment of the Chilean water sector: A network data envelopment analysis approach. Utilities Policy, 2022. **75**: p. 101350.