

## مدلی جهت ارزیابی تولید ناب در صنایع کوچک و متوسط با استفاده از ترکیب روش‌های تحلیل عاملی تأییدی، خوشه‌بندی و تکنیک PROMOTEE

علیرضا پویا،\* غلامرضا سلطانی فسقندیس\*\*

(تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۷)

### چکیده

بسیاری از شرکت‌ها هنگام استفاده از ابزارها و شیوه‌های دستیابی به اهداف تولید ناب، به علت عدم وجود یک نگرش واحد از ابزارهای پیاده‌سازی و ارزیابی با مشکلات عدیده‌ای مواجه شده‌اند؛ به طوری که محققان مختلف با توجه دیدگاه‌های خود روش‌های مختلفی را به منظور استقرار و ارزیابی تولید ناب در صنایع پیشنهاد داده‌اند. بر همین اساس نیز هدف این تحقیق ارائه مدلی جهت ارزیابی تولید ناب در صنایع کوچک و متوسط با استفاده از ترکیب روش‌های تحلیل عاملی تأییدی، خوشه‌بندی و تکنیک PROMOTEE می‌باشد. جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه شرکت‌های صنایع کوچک و متوسط تولیدکننده فلزات اساسی و فابریکی استان آذربایجان شرقی بوده است. به منظور جمع‌آوری داده‌ها در این تحقیق از پرسشنامه محقق ساخته استفاده گردیده که پس از اطمینان از روایی و پایایی در بین نمونه آماری تحقیق توزیع شده است. یافته‌های تحلیل عاملی تأییدی نشان دهنده وجود هشت سازه اصلی به عنوان شیوه‌ها و ابزارهای اصلی تولید ناب بوده است. تحلیل خوشه‌ای انجام گرفته به روش  $k$  میانگین نیز، تولیدکنندگان نمونه آماری را در سه خوشه دسته‌بندی نمود. در نهایت رتبه‌بندی انجام گرفته نشان داد که خوشه دوم، سوم و اول به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم از منظر عملکرد آنها در تولید ناب قرار گرفتند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که صنایعی که توجه بیشتری به تولید به موقع، تأمین‌کنندگان و مشتریان دارند، عملکرد بالاتری نیز در تولید ناب دارند.

**واژگان کلیدی:** تولید ناب، تحلیل عاملی تأییدی، خوشه‌بندی، تکنیک پرومتی

\* استادیار گروه مدیریت دانشگاه فردوسی مشهد

\*\* دانشجوی دکتری مدیریت تحقیق در عملیات دانشگاه فردوسی مشهد، پردیس بین‌الملل (نویسنده مسئول)

## مقدمه

مروری بر کارهای انجام شده در زمینه تولید ناب در مقالات و تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که بسیاری از شرکت‌ها در بکارگیری تولید ناب و اصول نابی چندان هم موفق نبوده‌اند. به نظر می‌رسد تعدد ابزارها و شیوه‌های تولید ناب، عدم توجه به تفاوت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در سیستم‌های تولیدی و فقدان چارچوبی یکپارچه و منسجم به منظور پیاده‌سازی و ارزیابی آن از جمله دلایل عدم موفقیت بکارگیری تولید ناب بوده است. با این وجود، از زمان معرفی تولید ناب که نه تنها با موفقیت توانست شیوه‌های تولید انبوه پذیرفته شده در صنعت خودروسازی را به چالش کشد، بلکه به طور قابل توجهی باعث بازنگری در مسئله کیفیت و بهره‌وری به عنوان دو حوزه اساسی تولید شده، بسیاری از کسب و کارهای بزرگ دنیا به منظور حفظ توان رقابتی خود، سعی دارند تا سیستم‌های تولیدی خود را با شیوه‌ها و ابزارهای آن منطبق نمایند؛ لذا ارائه مدل‌های کاربردی تر در زمینه ارزیابی موفقیت تولید ناب، به عنوان یک مسئله اساسی توجه محققان و مدیران مختلفی را به خود جلب کرده است؛ به طوری که تلاش‌ها برای ارائه مدل‌های کاربردی تر ادامه دارد.

تولید ناب یک پارادایم تولیدی است که بر اساس حذف اتلافات بنا شده است (Deif, 2012). تولید ناب به دنبال ارائه عملکردی برتر برای مشتریان، کارکنان، سهامداران و جامعه می‌باشد. این امر مستلزم تولید و ارائه محصولی است که ضمن ارائه ارزش به مشتری بر اساس ظرفیت موجود و کاستن از هزینه‌های اضافی، دقیقاً منطبق با خواسته‌های مشتری باشد (Azevedo et al, 2012). کتاب «ماشینی که دنیا را متحول کرد» با معرفی واژه تولید ناب در سال ۱۹۹۰ یکی از منابعی است که بیشترین ارجاع در ادبیات تحقیقی مدیریت عملیات در دهه گذشته به آن شده است (Holweg, 2007). هر چند مزایای حاصل از تولید ناب همیشه آشکار نیست (Allway & Corbett, 2002) ولی از زمان انتشار این کتاب، شیوه‌ها و ابزارهای تولید ناب بیشتر از روش‌های سنتی تولیدی مورد توجه و پذیرش تولیدکنندگان قرار گرفته‌اند (Doolen & Hacker, 2005). امروزه تولید ناب به عنوان یک سیستم پیچیده در بخش عظیمی از فعالیت‌های داخلی شرکت‌ها و حتی فراتر از مرزهای

آن‌ها گسترش یافته و مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hines et al, 2004; Losonci et al, 2011; Matsui, 2007). با این وجود بر اساس نظر بیچنو و هولوگک (۲۰۰۹) در انگلستان کمتر از ۱۰ درصد شرکت‌ها در بکارگیری روش‌های تولید ناب موفق بوده‌اند. با توجه به این که سنجش روش‌ها و مولفه‌های ناب‌ی اولین گام در شناخت نقاط قوت و ضعف صنایع در جهت دستیابی به اهداف تولید ناب می‌باشد، بنابراین نیاز است تا روش‌های کاربردی‌تری در این حوزه تدوین گردد. از آنجا که نظام تولید ناب شامل شیوه‌ها و مولفه‌های گوناگونی می‌شود، در عمل بسیاری از شرکت‌ها هنگام استفاده از ابزارها و روش‌ها برای دستیابی به اهداف تولید ناب، به علت عدم وجود یک نگرش واحد از روش‌های پیاده‌سازی و ارزیابی با مشکلات عدیده‌ای مواجه شده‌اند؛ به طوری که محققان مختلف با توجه دیدگاه‌های خود روش‌های مختلفی را به منظور استقرار و ارزیابی تولید ناب در صنایع پیشنهاد داده‌اند؛ تعدد شیوه‌ها و ابزارهای تولید ناب باعث شده که تحلیل‌های انجام شده از قدرت تمایز کمتری برخوردار بوده و دستیابی به تصمیم‌گیری صحیح را با مشکل مواجه نماید. بر همین اساس در چنین حالتی لازم است تا تعداد متغیرها کاهش یابد، یکی از روش‌های کاهش تعداد متغیرها، استفاده از مولفه‌های اصلی است. از طرفی نیز بسیاری از محققان بدون شناخت از امکانات و محدودیت‌های صنایع و فقط بر مبنای مولفه‌های استخراجی از ادبیات تحقیق، اقدام به ارائه مدل‌ها و روش‌های پیاده‌سازی و ارزیابی تولید ناب می‌نمایند، در حالی که به نظر می‌رسد، به طور طبیعی همه شرکت‌ها با توجه به محدودیت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری به خصوص در کشور ما، فقط قادر به استفاده از برخی شیوه‌ها و مولفه‌های ناب می‌باشند، لذا لازم است تا صنایع مختلف بر پایه شباهت‌ها در استفاده از ابزارها تولید ناب در خوشه‌هایی دسته‌بندی شده و از طریق دسته‌بندی خوشه‌ها بر پایه شباهت‌ها، ارزیابی تولید ناب در آنها انجام شود تا ضمن شناخت خوشه‌های برتر، مولفه‌های دارای اهمیت بیشتر را شناسایی و برای سازمان‌ها ابزارهای موثری را به منظور دستیابی به تولید ناب پیشنهاد داد. بر همین اساس نیز هدف این تحقیق ارائه مدلی برای ارزیابی تولید ناب در صنایع کوچک و متوسط با استفاده از ترکیب روش‌های تحلیل مولفه‌های اصلی، خوشه‌بندی و تکنیک PROMOTEE می‌باشد.

## مروری بر ادبیات تحقیق

### تولید ناب

تعارف متعددی از سوی محققان مختلف برای تولید ناب ارائه شده است. با توجه به رویکرد تولید ناب؛ این روش تولیدی اساساً بر کاهش ضایعات به عنوان وسیله‌ای برای افزایش واقعی ارزش افزوده در راستای تحقیق نیازهای مشتری و سودآوری متمرکز است (Azevedo et al, 2012). بسیاری از مطالعات تحقیقاتی، ناب بودن به معنای بدون اتلاف و ضایعات بودن را به عنوان مفهوم اصلی تولید ناب می‌دانند (Goldsby & Martichenko, 2004). تولید ناب به منظور پاسخ‌گویی به نرخ تقاضا، از طریق مجموعه‌ای از روش‌های هم‌افزا بر حذف سیستماتیک ضایعات از فرایندهای عملیاتی سازمان متمرکز است (Simpson & Power, 2005). دی تریویل و آنتوناکیس<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) تولید ناب را سیستم تولید یکپارچه‌ای می‌دانند که درصدد حداکثرسازی استفاده از ظرفیت و حداقل‌سازی موجودی‌ها از طریق کاهش تغییرات سیستم است. سیمونز و زوکایی<sup>۲</sup> (۲۰۰۵) تولید ناب را تلاشی برای رسیدن به کمال و حذف ضایعات می‌دانند. هوپ و اسپرمن<sup>۳</sup> (۲۰۰۴) تولید ناب را تولیدی می‌دانند که با حداقل هزینه‌های بافر انجام می‌شود. شاه و وارد<sup>۴</sup> (۲۰۰۳) در تعریف خود از تولید ناب، آن را مجموعه روش‌هایی می‌دانند که برای ایجاد یک سیستم با کیفیت، مطابق با تقاضای مشتری و بدون اتلاف، محصولات نهایی را تولید کرده و با یکدیگر کار می‌کنند. بر اساس نظر میر و فارستر<sup>۵</sup> (۲۰۰۲) مفهوم تولید ناب به طور عملی ادغام اصول مرتبط با بهبود از طریق به کارگیری هم‌زمان مدیریت کیفیت جامع و تولید به موقع است به طوری که فرآیندها بر مبنای رایانه در تمام بخشهای طراحی، مدیریت کارخانه، عرضه و کامل شوند. یانگ و

---

1- de Treville and Antonakis

2- Simons & Zokaei

3- Hopp & Spearman

4- Shah & Ward

5- Meier & Forrester

همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۱) تولید ناب را مجموعه‌ای از روش‌هایی تعریف می‌کنند که با هدف حذف ضایعات و فعالیت‌های فاقد ارزش افزوده از عملیات تولیدی شرکت بکار گرفته می‌شود.

### ارزیابی تولید ناب

تولیدکنندگان بخش‌های مختلف کسب و کار در بسیاری از کشورهای دنیا به دنبال سرمایه‌گذاری در روش‌های مختلف برای پیاده‌سازی تولید ناب هستند. بسیاری از روش‌های مورد استفاده در این شرکت‌ها مبتنی بر اصول و شیوه‌های سیستم تولید تویوتا است که اغلب به عنوان تولید ناب نیز اطلاق می‌گردد (Doolen & Hacker, 2005). ووماک و جونر<sup>۲</sup> (۲۰۰۳) پنج مفهوم نابی را برای حذف ضایعات در سازمان‌ها تعریف می‌کنند. این مفاهیم عبارتند از: تعیین ارزش، شناسایی جریان ارزش، کشش و کمال. به اعتقاد دولن و هاکر<sup>۳</sup> (۲۰۰۵) در حالی که اصول ناب بودن ثابت هستند، ولی بسیاری از شیوه‌های مختلف برای ایجاد ارزش در محصولات توسط تولیدکنندگان در حال اجرا و پیاده‌سازی است. تولید به موقع، تعمیرات و نگهداری جامع، ساخت سلولی، راه‌اندازی قالب در چند دقیقه<sup>۴</sup> و تولید مدل‌های مختلط<sup>۵</sup> تنها نمونه‌های بسیار کمی از این روش‌ها می‌باشند که توسط تولیدکنندگان استفاده می‌گردند (MacDuffie et al, 1996). بر همین اساس نیز در تحقیقات مختلف نمی‌توان روش‌های مشابهی را به منظور ارزیابی تولید ناب مشاهده نمود. مک‌لاچلین<sup>۶</sup> (۱۹۹۷) با بررسی هیجده پژوهش مختلف، بیست و یک شیوه (ابزار) را برای دستیابی به نابی ارائه داده است. ساخت سلولی، الگوبرداری، بهبود مستمر، تولید به موقع، تعمیرات و نگهداری، کاهش اندازه دسته‌ها و مدیریت کیفیت جامع نمونه‌ای از روش‌های تولید ناب می‌باشند که در سنجش تولید ناب نیز مورد نظر قرار می‌گیرند. پانیزولو<sup>۷</sup> (۱۹۹۸) در تحقیقی با عنوان

- 
- 1- Yang et al
  - 2- Womack and Jones
  - 3- Doolen & Hacker
  - 4- Single Minute Exchange of Die (SMED)
  - 5- Mixed Model Production (MMP)
  - 6- Mc Lachlin
  - 7- Panizzolo

درس‌هایی که باید از ۲۷ تولیدکننده ناب آموخت، سعی نموده تا روش‌های مختلف تولید ناب را که این تولیدکنندگان به منظور ناب کردن سیستم‌های تولیدی خود بکار گرفته‌اند را مشخص نماید. این تحقیق که به صورت میدانی در بخش‌های مختلف صنعتی کشور ایتالیا انجام گرفته است، روش‌ها و اصول تولید ناب را در شش طبقه فرایندها و تجهیزات، برنامه‌ریزی و کنترل تولید، منابع انسانی، طراحی محصول، ارتباط با تأمین‌کنندگان و ارتباط با مشتریان دسته‌بندی نموده است. کاهش زمان تنظیم، ساخت سلولی، هموارسازی تولید، تیم‌های کاری، طراحی برای ساخت، تولید به موقع، ارزیابی هزینه کل تأمین‌کننده، تحویل به موقع و مشارکت مشتری در طراحی محصول برخی از روش‌ها و اصول ناب هستند که در این شش طبقه قرار گرفته‌اند. پرز و ساچز<sup>۱</sup> (۲۰۰۰) در تحقیقی با عنوان تولید ناب و رابطه آن با تأمین‌کنندگان که به صورت یک بررسی میدانی از تأمین‌کنندگان خودرو انجام گرفته بود؛ ضمن بررسی مشخصات جمعیت‌شناختی سازمان‌ها مانند تعداد کارکنان، سن شرکت، فروش و نوع مالکیت آنها، به منظور ارزیابی تولید ناب در این سازمان‌ها، ابزارهای نابی را در سه مولفه اصلی تولید به موقع، انعطاف‌پذیری نیروی کار و مکان تولید دسته‌بندی نموده‌اند. جردن و میشل<sup>۲</sup> (۲۰۰۱) با استفاده از یک پرسشنامه ۳۶ سوالی به بررسی درجه نابی شرکت‌ها اقدام نموده‌اند. پرسشنامه استفاده شده به منظور ارزیابی درجه نابی شرکت‌ها در این تحقیق در نسخه‌های مختلف برای ارزیابی تمامی ذینفعان از جمله مدیران، کارکنان، سرمایه‌گذاران، تأمین‌کنندگان و مشتریان طراحی شده بود. مجموعه‌ای از ابزارها و روش‌های نابی مانند شناسایی و کاهش ضایعات، بهبود مستمر، مدیریت جریان ارزش و موضوعات مربوط به منابع انسانی مانند توسعه کارکنان و رهبری سوالات این پرسشنامه‌ها را تشکیل می‌دادند. نایتینگل و میز<sup>۳</sup> (۲۰۰۳) در تحقیقی با عنوان توسعه یک مدل بلوغ تحول شرکت ناب، پنجاه و چهار روش مختلف را به عنوان ابزارهای ارزیابی نابی معرفی و مورد استفاده قرار داده‌اند؛ این پنجاه و چهار روش در سه بخش رهبر تحول‌آفرین ناب، فرایندهای چرخه زندگی و زیرساخت‌های

---

1- Perez & Sanchez

2- Jordan & Michel

3- Nightingale and Mize

توانمند نمودن شرکت، دسته‌بندی شده‌اند. شاه و وارد (۲۰۰۳) بر مبنای کار مک-لاچلین (۱۹۹۷) بیست و یک ابزار را به عنوان شیوه‌های نابی سنجش تولید ناب ارائه نموده‌اند. روش‌ها و شیوه‌های تولید ناب که توسط این محققان استفاده شده بود، با اندکی تغییر در تحقیقات دیگری نیز به منظور ارزیابی تولید ناب مورد استفاده قرار گرفته است؛ از جمله این تحقیقات می‌توان به تحقیق دولن و هاکر<sup>۱</sup> (۲۰۰۵) و بایو و کروین<sup>۲</sup> (۲۰۰۸) اشاره نمود. لی و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۵) به منظور ارزیابی تولید ناب، فقط به سه روش کاهش زمان راه‌اندازی، اندازه دسته و تولید کششی در ارزیابی تولید ناب توجه نموده‌اند. شاه و وارد در سال ۲۰۰۷ با یک دیدگاه کل‌نگر و با در نظر گرفتن تمامی ابعاد داخلی و خارجی، پرسشنامه‌ای مبتنی بر ۴۸ سوال به منظور ارزیابی تولید ناب، طراحی نمودند. در این پرسشنامه روش‌های نابی در ده طبقه ارائه بازخورد به تأمین کنندگان، تحویل به موقع توسط تأمین کنندگان، عملکرد تأمین کنندگان، مشتریان، سیستم کششی، جریان پیوسته، زمان راه‌اندازی، روش‌های کنترل کیفیت آماری فرایند، مشارکت کارکنان و تعمیرات و نگهداری بهره‌رور دسته‌بندی شده‌اند. جعفرنژاد و همکاران (۱۳۹۰) با انتقاد از مدل‌های موجود در ارزیابی تولید ناب، در تحقیق خود با استفاده از روش‌های ANP و دیمتل، مدلی برای ارزیابی تولید ناب در سه شرکت خودروسازی سایپا، پارس و زامیاد ارائه نموده‌اند. در این تحقیق به منظور سنجش سطح نابی از ده سنجه نیروی کار، شرایط سازمانی، مدیریت، طراحی، تولید به هنگام، انعطاف‌پذیری، تعمیرات و نگهداری، کنترل بصری، تکنولوژی سخت و تکنولوژی نرم که در سه گروه زیرساخت‌ها، ابزارها و تکنیک‌ها و تکنولوژی دسته‌بندی شده بودند، استفاده شده است. رودپشتی و میرغفوری (۱۳۹۰) نیز مدلی به منظور ارزیابی تولید ناب در صنایع کاشی و سرامیک ارائه نموده‌اند که در آن مجموعه‌ای از ابزارها و روش‌های نابی را در نه مولفه اصلی استانداردهای فرایندها، تولید به هنگام، مدیریت کیفیت جامع، مدیریت منابع انسانی، مشارکت کارکنان، نگهداری بهره‌وری جامع، مشتری‌مداری، روابط با تأمین کنندگان و انتقال

---

1- Doolen & Hacker

2- Bayou & Korvin

3- Li et al

هوش انسانی به تولید دسته‌بندی نموده‌اند. علاوه بر مطالعات فوق، پژوهش‌های دیگری نیز در این زمینه انجام گرفته است. جدول (۱) نشان دهنده تحلیل محتوای پیشینه تحقیق از سال ۲۰۰۰ به بعد در زمینه شیوه‌های ناب به منظور سنجش و ارزیابی تولید ناب می‌باشد.

جدول (۱): تحلیل محتوای روش‌های ناب به منظور سنجش و ارزیابی تولید ناب

نماد	محققان استفاده کننده	شیوه‌های فرعی تولید ناب	(شیوه‌های اصلی) نماد
<i>JIT1</i>	(Azevedo et al, 2012; Bhasin, 2012; Chiappetta et al, 2012; Demeter & Matyusz, 2011; Pettersen, 2009; Parveen & Rao, 2009; Bayou & de Korvin, 2008; Narasimhan et al, 2006; Shah and Ward, 2007; Bhasin & Burcher, 2006; Doolen & Hacker, 2005; &Shah and Ward, 2003; Biazzo Panizzolo, 2000)	سیستم کششی / کانبان	JIT (تولید به موقع)
<i>JIT2</i>	(Chiappetta et al, 2012; Pettersen, 2009; Bayou & de Korvin, 2008; Narasimhan et al, 2006; Bhasin & Burcher, 2006; Narasimhan et al, 2006; Doolen & Hacker, 2005; &Shah and Ward, 2003; Biazzo Panizzolo, 2000)	کاهش اندازه دسته‌ها	
<i>JIT3</i>	(Bhasin, 2012; Bayou & de Korvin, 2008; Abdulmalek & Rajgopal, 2007; Shah and Ward, 2007; Narasimhan et al, 2006; Doolen & Hacker, 2005; Shah and Ward, 2003)	ساخت سلولی	
<i>JIT4</i>	(Seyedhosseini, 2011; Bayou & de Korvin, 2008; Doolen & Hacker, 2005; Shah and Ward, 2003)	کاهش زمان چرخه تولید	
<i>JIT5</i>	Bayou & de Korvin, 2008; )	هموارسازی تولید	



	Abdulmalek & Rajgopal, 2007; (Shah and Ward, 2003)		
<i>JIT6</i>	(Doolen & Hacker, 2005)	قطعات استاندارد	
<i>JIT7</i>	(Bhasin, 2012)	جریان عملیات تک قطعه‌ای	
<i>JIT8</i>	(Womack & Jones, 2003)	تحویل محصول سالم	
<i>JIT9</i>	(Doolen & Hacker, 2005; Womack & Jones, 2003)	تحویل به موقع / بهبود عملکرد تحویل	
<i>JIT10</i>	(Abdulmalek & Rajgopal, 2007; Shah and Ward, 2007; Doolen & Hacker, 2005; Yurdakel, 2002 )	کاهش زمان تنظیم	
<i>JIT11</i>	(Womack & Jones, 2003)	تحویل مقدار درست	
<i>JIT12</i>	(Bhasin, 2012; Bayou & de Korvin, 2008; Shah and Ward, 2003)	تکنیک‌های تغییرات سریع / تغییرات ناگهانی و سریع (Kaikaku)	
<i>TQM1</i>	(Azevedo et al, 2012; Bhasin, 2012; Chiappetta et al, 2012; Demeter & Matyusz, 2011; Pettersen, 2009; Bayou & de Korvin, 2008; Bhasin & Burcher, 2006; Doolen & Hacker, 2005; Shah and Ward, 2003; Panizzolo, 2000) & Biazzo	برنامه‌های بهبود مستمر	
<i>TQM2</i>	(Narasimhan et al, 2006)	کنترل کیفیت آماری	
<i>TQM3</i>	(Shah and Ward, 2007)	کنترل آماری فرایندها و تجهیزات	
<i>TQM4</i>	(Shah and Ward, 2007)	استفاده از نمودارهای مختلف برای نشان دادن نرخ خرابی و کیفیت	
<i>TQM5</i>	(Bhasin, 2012; Abdulmalek & Rajgopal, 2007)	سیستم‌های کنترل بصری	

TQM (مدیریت کیفیت جامع)

<i>PM1</i>	Bayou & de Korvin, 2008; Shah ) (and Ward, 2003	تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه	PM (تعمیرات و نگهداری)
<i>PM2</i>	Bayou & de Korvin, 2008; Shah ) (and Ward, 2003	بهینه‌سازی تعمیرات و نگهداری	
<i>PM3</i>	(Shah and Ward, 2007)	مستند سازی اقدامات تعمیرات و نگهداری	
<i>PM4</i>	(Shah and Ward, 2007)	برنامه تعمیر و نگهداری منظم	
<i>PM5</i>	(Chiappetta et al, 2012; Pettersen, 2009; Abdulmalek & Rajgopal, 2007; Bhasin & Burcher, 2006; Doolen & Hacker, 2005; Biazzo Panizzolo, 2000)&	تعمیرات و نگهداری بهره‌ور جامع	
<i>PM6</i>	(Bayou & de Korvin, 2008; Shah and Ward, 2003)	برنامه‌های بهبود ایمنی	
<i>PM7</i>	(Bhasin, 2012; Chiappetta et al, 2012; Pettersen, 2009; Abdulmalek & Rajgopal, 2007; Bhasin & Burcher, 2006; Doolen & Hacker, 2005; Biazzo Panizzolo, 2000)	5S	
<i>SUP1</i>	(Bhasin, 2012; Shah and Ward, 2007)	ارتباط نزدیک با تأمین کنندگان	SUP (روابط با تأمین کنندگان)
<i>SUP2</i>	(Shah and Ward, 2007)	ارائه بازخورد به تأمین کنندگان	
<i>SUP3</i>	(Azevedo et al, 2012; Parveen & Rao, 2009; Shah and Ward, 2007; Doolen & Hacker, 2005; Sanchez & Perez, 2001)	روابط طولانی مدت با تأمین کنندگان	
<i>SUP4</i>	(Shah and Ward, 2007)	همکاری مستقیم تأمین کنندگان در توسعه محصول جدید	

<i>SUP5</i>	(Narasimhan et al, 2006; Shah & Ward, 2007)	کاهش تعداد تأمین کنندگان		
<i>SUP6</i>	(Doolen & Hacker, 2005; Narasimhan et al, 2006; Shah & Ward, 2007)	ارزیابی تأمین کنندگان		
<i>SUP7</i>	(Shah and Ward, 2007)	فاصله تأمین کنندگان		
<i>SUP8</i>	(Narasimhan et al, 2006)	انتخاب تأمین کننده بر اساس توانایی		
<i>SUP9</i>	(Narasimhan et al, 2006; Doolen & Hacker, 2005)	تبادل اطلاعات با تأمین کنندگان		
<i>SUP10</i>	(Azevedo et al, 2012; Bhasin, 2012)	کاهش موجودی بر اساس تأمین کنندگان		
<i>CUR1</i>	(Azevedo et al, 2012; Parveen & Rao, 2009; Shah and Ward, 2007; Narasimhan et al, 2006)	ارتباط نزدیک با مشتریان		CUR (روابط مشتریان)
<i>CUR2</i>	(Shah and Ward, 2007)	دریافت بازخورد از مشتریان		
<i>CUR3</i>	(Narasimhan et al, 2006)	تعاملات کارکنان با مشتریان		
<i>CUR4</i>	(Shah and Ward, 2007)	همکاری مشتریان در توسعه محصول فعلی و جدید		
<i>CUR5</i>	(Shah and Ward, 2007)	همکاری مشتریان در به اشتراک گذاری اطلاعات مربوط به تقاضای فعلی و آینده محصولات		
<i>CUR6</i>	(Azevedo et al, 2012; Parveen & Rao, 2009; Lee et al, 2007; Narasimhan et al, 2006; Doolen & Hacker, 2005)	تحلیل نیازمندی های مشتریان		

<i>CUR7</i>	(Doolen & Hacker, 2005)	ثبات تقاضا	HU (مدیریت منابع انسانی)
<i>CUR8</i>	(Seyedhosseini, 2011)	خدمات پس از فروش	
<i>HU1</i>	Bayou & de Korvin, 2008; ) Narasimhan et al, 2006; Shah and (Ward, 2003	تیم‌های خودگردان	
<i>HU2</i>	(Shah and Ward, 2007)	تیم‌های حل مسأله	
<i>HU3</i>	(Shah and Ward, 2007)	نظام پیشنهادات	
<i>HU4</i>	(Shah and Ward, 2007)	ارائه آموزش‌های میان وظیفه‌ای	
<i>HU5</i>	(Narasimhan et al, 2006)	گردش شغلی کارکنان	
<i>HU6</i>	(Chiappetta et al, 2012; Pettersen, 2009; ; Bhasin & Burcher, 2006; Narasimhan et al, 2006; Doolen & &Hacker, 2005; Biazzo Panizzolo, 2000 )	نیروی کار چند وظیفه‌ای	
<i>HU7</i>	(Doolen & Hacker, 2005)	تفویض کار	
<i>HU8</i>	(Doolen & Hacker, 2005)	سیستم پاداش رسمی	
<i>HU9</i>	(Doolen & Hacker, 2005)	پرداخت بر مبنای عملکرد	
<i>HU10</i>	(Doolen & Hacker, 2005)	ارزیابی کارکنان	
<i>P1</i>	(Bayou & de Korvin, 2008; Shah and Ward, 2003)	تجهیزات جدید فرایند	P (مدیریت فرایند)
<i>P2</i>	(Bayou & de Korvin, 2008; Shah and Ward, 2003)	قابلیت اندازه‌گیری فرآیند	
<i>P3</i>	(Bhasin, 2012; Abdulmalek & Rajgopal, 2007)	نقشه برداری جریان ارزش	
<i>P4</i>	(Doolen & Hacker, 2005)	شناسایی ارزش	
<i>OP1</i>	(Doolen & Hacker, 2005)	برنامه‌های افزایش ارزش محصول	OP (بهسازی سطح کارخانه)
<i>OP2</i>	(Doolen & Hacker, 2005)	ارزیابی هزینه کل	
<i>OP3</i>	Bayou & de Korvin, 2008; Shah )	مهندسی مجدد فرایندها	

	(and Ward, 2003		
OP4	(Womack, 2006; Doolen & Hacker, 2005)	مهندسی همزمان	
OP5	(Doolen & Hacker, 2005)	سفارشی سازی محصول	
OP6	Bayou & de Korvin, 2008; ) Narasimhan et al, 2006; Shah and (Ward, 2003	برنامه ریزی استراتژیک	
OP7	Bayou & de Korvin, 2008; ) Narasimhan et al, 2006; Shah and (Ward, 2003	الگوبرداری رقابتی	

گوناگونی شیوه‌های تولید ناب باعث شده تا تمرکز بیشتر تحقیقات انجام یافته بر شناسایی مولفه‌های اصلی در ارزیابی تولید ناب باشد. این گوناگونی در شیوه‌ها و ابزارهای تولید ناب باعث شده تا حتی محققان واحد از سنجه‌ها و سازه‌های مختلفی نیز در این راه استفاده نمایند که بعضاً از جامعیت کافی نیز برخوردار نبوده‌اند. کارهای شاه و وارد (۲۰۰۳) و (۲۰۰۷) مثال- های بارزی در این زمینه می‌باشند. در بیشتر این تحقیقات در نهایت با استفاده از مولفه‌های شناسایی شده، روابط و شاخص‌هایی به منظور ارزیابی تولید ناب ارائه شده است که این روابطه جنبه جهانشمولی داشته و برای ارزیابی نابی در تمامی شرکت‌ها با هر نیاز، توان دانشی و امکانات و منابع موجود توصیه شده است. حتی در برخی از تحقیقات توجهی به اهمیت و وزن شاخص‌ها در ارزیابی نشده و تمامی شاخص‌ها با وزن برابر در فرایند ارزیابی به کار گرفته شده‌اند. در مدل ارزیابی ارائه شده در این تحقیق علاوه بر اینکه با مروری جامع بر ادبیات تحقیق، سنجه‌های تولید ناب شناسایی و از طریق تحلیل عاملی تأییدی سازه‌ها استخراج می‌شوند، بر اساس شباهت‌هایی که صنایع در استفاده از شیوه‌ها و ابزارهای نابی دارند، خوشه- هایی تشکیل می‌شود که بر اساس آن خوشه‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و در این راه اهمیت و وزن شاخص‌ها نیز مشخص می‌گردد. تا تحلیلی جامع از وضعیت شرکت‌ها و سازه- های اصلی تولید ناب بدست آید.

## ابزار و روش

### جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه شرکت‌های واحدهای صنایع کوچک و متوسط فلزات اساسی و فابریکی استان آذربایجان شرقی می‌باشد. تعداد واحدهای صنایع کوچک و متوسط تولیدکننده فلزات اساسی و فابریکی استان بر اساس آمار سازمان صنایع و معادن استان آذربایجان شرقی و سایت صنایع کوچک و متوسط کشور، ۲۴۵ شرکت می‌باشد؛ بر همین اساس نیز ۲۴۵ شرکت مورد پیمایش قرار خواهند گرفت. به منظور تعیین حجم نمونه، با توجه به اینکه از تحلیل عاملی تأییدی استفاده شده است و قاعدتاً حجم نمونه بیشتری برای برآزش مدل لازم است. لذا توصیه‌هایی برای تعیین حجم نمونه وجود دارد که در این تحقیق نیز به منظور تعیین حجم نمونه به این توصیه‌ها توجه شده است. دینگ و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۹۵) ۱۰۰ تا ۱۵۰ نمونه را به عنوان حداقل حجم نمونه رضایت‌بخش زمانی که با متغیرهای آشکار و پنهان سروکار داریم مناسب دانسته‌اند. لوهلین<sup>۲</sup> (۱۹۹۲) برای مدل‌های اندازه‌گیری دو تا چهار عامل، ۱۰۰ تا ۲۰۰ آزمودنی را پیشنهاد کرده است. بنتلر و چو<sup>۳</sup> (۱۹۸۷) پیشنهاد کرده‌اند که هنگامی که متغیرهای پنهان دارای معرف‌های چندگانه‌ای هستند، نسبتی به کوچکی ۵ آزمودنی به ازای هر متغیر برای یک توزیع نرمال کافی است. همچنین برای سایر توزیع‌ها نسبتی از حداقل ۱۰ آزمودنی به ازای هر متغیر کافی خواهد بود. بر همین اساس نیز در این تحقیق سعی شده است با کم نمودن مقدار خطا، حجم نمونه به گونه‌ای محاسبه شود که توصیه‌های ارائه شده رعایت گردد. بدین منظور حجم نمونه با مقدار بحرانی متغیر نرمال استاندارد در جدول  $Z = 1/96$ ، سطح اطمینان  $1 - \alpha = 95\%$ ، خطای قابل اغماض  $\epsilon = 0/05$  و انحراف معیار تقریبی  $0/667$  برای طیف پنج‌گزینه‌ای، ۱۸۱ شرکت محاسبه شده است که هم برای جامعه آماری ۲۴۵ شرکت مناسب بوده و هم توصیه‌های ارائه شده در تعیین حجم نمونه رعایت شده است.

1- Ding et al

2- Lohlin

3- Bentler & Chou

### طراحی پرسشنامه و روایی و پایایی

به منظور جمع آوری داده‌های تحقیق نیز از پرسشنامه محقق ساخته استفاده شده است. پرسشنامه طراحی شده بر اساس ادبیات موضوع جمع‌بندی و تدوین شده است. این پرسشنامه حاوی ۶۳ سوال می‌باشد که ابزارهای نابی بکار گرفته شده در نمونه آماری مورد مطالعه را سنجش می‌نماید. در طراحی پرسشنامه، سنجه‌های مورد نیاز برای اندازه‌گیری سازه‌های مورد بررسی بر اساس جدول (۱) می‌باشد. برای بررسی روایی پرسشنامه، ابتدا روایی پرسشنامه طراحی شده به صورت روایی صوری تعیین شده است؛ به این ترتیب که ابزار اندازه‌گیری در اختیار تعدادی از اساتید دانشگاه قرار گرفته و از آنان خواسته شد پس از مطالعه، نظرات خود را در مورد روایی پرسشنامه اعلام نمایند. پس از جمع آوری اظهار نظرهای اعلام شده و اصلاح برخی سؤالات، روایی پرسشنامه تأیید شده است. در مرحله بعد به منظور رفع ابهامات احتمالی پرسشنامه، چهار مورد از پرسشنامه‌ها به صورت رودررو با مشارکت محققان تکمیل شده و برخی از سؤالات نیز اصلاح شده است. در نهایت پس از اصلاح برخی سؤالات، دوباره پرسشنامه به منظور اخذ نظرات در رابطه با تغییرات انجام گرفته در اختیار اساتید دانشگاه قرار گرفته و روایی پرسشنامه مورد تأیید قرار گرفته است. برای تعیین پایایی پرسشنامه نیز از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شده است. این آزمون بر روی نمونه اصلی و به تفکیک سازه‌ها اجرا شده که نتایج در جدول (۲) آمده است. نتایج بیانگر مناسب بودن پایایی پرسشنامه بوده است.

### شیوه تجزیه و تحلیل

در این تحقیق از یک رویکرد ترکیبی به منظور ارائه مدل مناسب سنجش تولید ناب در صنایع کوچک و متوسط استفاده شده است. بر همین اساس در مرحله اول به منظور بررسی اینکه آیا شیوه‌های فرعی تولید ناب به عنوان سنجه در یک سازه مشخص قرار می‌گیرند و یا خیر، از تحلیل عاملی تأییدی با چرخش واریماکس استفاده شده است. خروجی این مرحله مشخص‌کننده سازه‌های اصلی جهت سنجش تولید ناب می‌باشد. در مرحله دوم برای مشخص کردن

اینکه صنایع نمونه آماری تحقیق بیشتر از کدام یک از شیوه‌های تولید ناب استفاده می‌نمایند از تحلیل خوشه‌ای استفاده شده است. در این تحلیل همانند کار صورت گرفته توسط پویا و آذر (۱۳۸۹) از تحلیل خوشه‌ای *k-means* استفاده شده است. خروجی این مرحله شرکت-های نمونه آماری تحقیق را بر اساس سازه‌های استخراجی مرحله اول، در گروه‌هایی دسته-بندی می‌نماید. نهایتاً پس از مشخص شدن خوشه‌ها، به منظور ارزیابی تولید ناب و اینکه کدام خوشه در تولید ناب عملکرد موفق‌تری داشته از روش پرومتی استفاده شده است. برای استفاده از روش پرومتی، چون نیاز به اوزان شاخص‌ها می‌باشد، بنابراین وزن هر یک از سازه‌ها که به عنوان شاخص در نظر گرفته شده‌اند، با استفاده از روش آنترویی شانون استخراج شده است. در حقیقت خروجی روش آنترویی شانون، مشخص‌کننده وزن شاخص‌ها خواهد بود که به عنوان ورودی تکنیک پرومتی می‌باشند.

## یافته‌های تحقیق

### تحلیل عاملی

به منظور بررسی اینکه آیا شیوه‌های فرعی تولید ناب به عنوان سنج در یک سازه مشخص قرار می‌گیرند و یا خیر، از تحلیل عاملی تأییدی با چرخش واریماکس استفاده شده است. در انجام تحلیل عاملی، ابتدا باید از این مسأله اطمینان حاصل شود که می‌توان داده‌های موجود را برای تحلیل مورد استفاده قرار داد. به عبارت دیگر، آیا تعداد داده‌های مورد نظر برای تحلیل عاملی مناسب می‌باشند و یا خیر؟ بدین منظور از شاخص *KMO* و آزمون بارتلت استفاده می‌شود. مقدار شاخص *KMO* بایستی حداقل برابر ۰/۵، سطح معنی‌داری آزمون بارتلت کوچکتر از ۰/۰۵ و بار عاملی مربوطه بالاتر از ۰/۵ باشد (پویا و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج تحلیل عاملی تأییدی در جدول (۲) نشان داده شده است.



جدول (۲): نتایج تحلیل عاملی تأییدی برای تأیید سازه‌های تحقیق

تعداد تکرار	آلفای کرونباخ	واریانس تبیین شده	سطح معنی داری بارتلت	KMO	بار عاملی	سنجه	سازه
۱	۰/۹۴۹	۶۴/۷۵۵	۰/۰۰۰	۰/۹۳۷	۰/۷۹۷	JIT1	JIT
					۰/۸۷۲	JIT2	
					۰/۸۶۳	JIT3	
					۰/۷۷۹	JIT4	
					۰/۸۶۸	JIT5	
					۰/۷۲۲	JIT6	
					۰/۷۵۴	JIT7	
					۰/۸۷۵	JIT8	
					۰/۷۶۴	JIT9	
					۰/۷۳۶	JIT10	
					۰/۷۹۹	JIT11	
					۰/۸۰۶	JIT12	
۱	۰/۸۳۲	۶۱/۲۶۴	۰/۰۰۰	۰/۷۷۹	۰/۸۹۲	TQM1	TQM
					۰/۴۹۹	TQM2	
					۰/۸۷۶	TQM3	
					۰/۷۵۹	TQM4	
					۰/۸۲۲	TQM5	
۱	۰/۹۱۰	۶۵/۰۹۲	۰/۰۰۰	۰/۸۶۲	۰/۸۷۵	PM1	PM
					۰/۷۲۸	PM2	
					۰/۸۶۸	PM3	
					۰/۸۶۱	PM4	
					۰/۸۰۴	PM5	
					۰/۷۶۹	PM6	
					۰/۷۲۷	PM7	

۱	۰/۹۲۳	۶۰/۷۲۲	۰/۰۰۰	۰/۹۰۰	۰/۵۹۱	SUP1	SUP
					۰/۸۲۳	SUP2	
					۰/۸۶۰	SUP3	
					۰/۹۱۳	SUP4	
					۰/۵۰۸	SUP5	
					۰/۶۷۳	SUP6	
					۰/۷۸۶	SUP7	
					۰/۸۷۵	SUP8	
					۰/۹۱۸	SUP9	
					۰/۷۳۲	SUP10	
۱	۰/۸۸۶	۵۶/۱۴۵	۰/۰۰۰	۰/۸۶۴	۰/۷۳۱	CUR1	CUR
					۰/۸۲۷	CUR2	
					۰/۷۹۱	CUR3	
					۰/۸۹۰	CUR4	
					۰/۸۰۵	CUR5	
					۰/۷۳۳	CUR6	
					۰/۶۱۴	CUR7	
					۰/۵۴۴	CUR8	
۱	۰/۹۴۴	۶۸/۲۱۵	۰/۰۰۰	۰/۸۸۶	۰/۷۷۶	HU1	HU
					۰/۹۵۱	HU2	
					۰/۹۳۶	HU3	
					۰/۸۷۱	HU4	
					۰/۸۹۲	HU5	
					۰/۶۷۳	HU6	
					۰/۷۷۱	HU7	
					۰/۸۲۴	HU8	
					۰/۷۸۶	HU9	
					۰/۷۳۵	HU10	

۱	۰/۸۲۲	۶۶/۹۸۶	۰/۰۰۰	۰/۷۱۵	۰/۷۸۸	<i>P1</i>	<i>P</i>
					۰/۹۴۰	<i>P2</i>	
					۰/۹۲۳	<i>P3</i>	
					۰/۵۶۸	<i>P4</i>	
۱	۰/۹۱۷	۶۷/۲۹۸	۰/۰۰۰	۰/۸۴۷	۰/۹۰۸	<i>OP1</i>	<i>OP</i>
					۰/۷۷۲	<i>OP2</i>	
					۰/۸۴۸	<i>OP3</i>	
					۰/۶۶۵	<i>OP4</i>	
					۰/۸۹۴	<i>OP5</i>	
					۰/۸۶۹	<i>OP6</i>	
					۰/۷۵۷	<i>OP7</i>	

با توجه به مقدار *KMO* که برای تمامی مولفه‌های اصلی بالاتر از ۰/۵ و سطح معنی داری آزمون بار تلت کوچکتر از ۰/۰۵ می‌باشد و بار عاملی مربوط به هر سنجه، می‌توان عنوان نمود که بین نتایج بدست آمده و سازه نظری توافق وجود داشته و همه مولفه‌های اصلی تحقیق تأیید می‌شوند. همچنین مقدار آلفای کرونباخ محاسبه شده بر روی نمونه تحقیق به تفکیک مولفه‌های اصلی نشان دهنده، مناسب بودن پایایی درونی سنجه‌ها می‌باشد.

### تحلیل خوشه‌ای

به منظور بررسی اینکه صنایع نمونه آماری تحقیق بیشتر از کدام یک از شیوه‌های تولید ناب استفاده می‌نمایند از تحلیل خوشه‌ای استفاده شده است. به منظور این خوشه‌بندی به این نکته توجه شده که از نظر کاربردی عناصر و شیوه‌های نابی را می‌توان در سه فرایند سازمانی یعنی (۱) روش‌های مربوط به فرایند تولید و برنامه‌ریزی، (۲) روش‌های مربوط به فرایند مدیریت و (۳) روش‌های مربوط به فرایند کنترل و نظارت تقسیم‌بندی نمود (متقی، ۱۳۸۶). از طرفی نیز بر اساس پیشنهاد لمان تعداد خوشه‌ها بایستی بین  $\frac{n}{۳}$  تا  $\frac{n}{۶}$  باشد که در آن  $n$  تعداد نمونه

تحقیق است (پویا، ۱۳۹۰). بر این اساس نیز با توجه به حجم نمونه ۱۸۱ تائی در این تحقیق، می توان بین ۳ تا ۶ خوشه داشت. بنابراین با در نظر گرفتن پیشنهاد لمان و تقسیم بندی ابزارهای نابی در فرایندهای سازمانی، سه خوشه برای تحلیل در نظر گرفته شده است. به منظور انجام خوشه بندی از تحلیل خوشه ای  $K$  میانگین استفاده شده است. در جدول (۳) نتایج حاصل از این تحلیل برای میانگین هر مولفه اصلی (سازه)، رتبه هر مولفه اصلی در هر خوشه و بین سایر خوشه ها نشان داده شده است.

جدول (۳): نتایج تحلیل خوشه ای برای دسته بندی صنایع بر مبنای استفاده از شیوه های تولید ناب

تعداد صنایع	$OP$	$P$	$HU$	$CUR$	$SUP$	$PM$	$TQM$	$JIT$	میانگین	رتبه در خوشه	رتبه بین خوشه ها	خوشه
۳۱	۳/۹۹۵	۲/۹۹۲	۲/۵۱۳	۱/۹۱۵	۱/۹۵۲	۱/۷۶۵	۲/۷۵۵	۱/۹۹۵	میانگین			۱
	۱	۲	۴	۷	۶	۸	۳	۵	رتبه در خوشه			
	۱	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	رتبه بین خوشه ها			
۵۶	۳/۲۶۳	۴/۰۹۸	۳/۸۳۰	۳/۴۳۳	۳/۳۵۲	۲/۴۶۴	۲/۹۱۴	۳/۶۹۹	میانگین			۲
	۶	۱	۲	۴	۵	۸	۷	۳	رتبه در خوشه			
	۲	۲	۲	۱	۱	۲	۲	۱	رتبه بین خوشه ها			
۹۴	۳/۰۳۰	۴/۱۷۸	۴/۱۶۶	۲/۰۵۹	۱/۹۹۶	۲/۵۴۶	۳/۴۰۰	۲/۱۳۷	میانگین			۳
	۴	۱	۲	۷	۸	۵	۳	۶	رتبه در خوشه			
	۳	۱	۱	۲	۲	۱	۱	۲	رتبه بین خوشه ها			

تحلیل واریانس نیز برای نشان دادن اختلاف بین خوشه ها در هر سازه انجام شد. نتیجه نشان دهنده وجود اختلاف بین خوشه ها در همه سازه ها است. نتیجه این تحلیل در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول(۴): تحلیل واریانس برای بررسی اختلاف بین خوشه‌ها

سطح - معنی داری	F	خطا		خوشه		مؤلفه اصلی نابی
		df	مجدور میانگین	df	مجدور میانگین	
۰/۰۰۰	۱۴۷/۸۶۳	۱۷۸	۰/۳۳۵	۲	۴۹/۵۸۰	JIT
۰/۰۰۰	۱۰/۹۷۴	۱۷۸	۰/۶۲۹	۲	۶/۹۰۳	TQM
۰/۰۰۰	۱۰/۵۲۶	۱۷۸	۰/۶۹۸	۲	۷/۳۴۷	PM
۰/۰۰۰	۱۲۴/۹۸۰	۱۷۸	۰/۲۸۹	۲	۳۶/۱۵۷	SUP
۰/۰۰۰	۱۵۴/۸۴۲	۱۷۸	۰/۲۵۰	۲	۳۸/۶۸۵	CUR
۰/۰۰۰	۶۹/۹۸۳	۱۷۸	۰/۴۵۷	۲	۳۱/۹۵۸	HU
۰/۰۰۰	۳۵/۳۳۴	۱۷۸	۰/۴۸۹	۲	۱۷/۲۹۰	P
۰/۰۰۰	۱۵/۱۲۹	۱۷۸	۰/۷۱۸	۲	۱۰/۸۵۵	OP

### نامگذاری خوشه‌ها

برای نامگذاری خوش‌های نابی از نمره‌های هر سازه (شیوه‌های اصلی نابی)، رتبه هر سازه در هر خوشه و بین سایر خوشه‌ها استفاده شده است.

خوشه یک) صنایع استفاده کننده از فرایندهای کنترل و نظارت متوسط و

فرایندهای مدیریتی و تولیدی ضعیف

این خوشه به این دلیل به این شکل نامگذاری شده است که در این خوشه بیشترین توجه به برنامه‌های بهسازی سطح کارخانه می‌باشد. برنامه‌های بهسازی سطح کارخانه تنها سازه نابی است که دارای رتبه اول در بین سایر سازه‌ها می‌باشد. در این خوشه بیشترین توجه به ارزیابی

هزینه کل و برنامه‌ریزی استراتژیک بوده و کمترین توجه به فرایندهای تولید و برنامه‌ریزی است. در این خوشه همچنین برخی دیگر از روش‌های کنترلی نظیر برنامه‌های تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه و یا جامع نیز در وضعیت خوبی قرار ندارند. بر همین اساس نیز از واژه متوسط برای فرایندهای کنترلی استفاده شده است. عدم توجه به وضعیت چیدمان، هموارسازی تولید، ارتباط با تأمین‌کنندگان و مشتریان و توجه صرف به کنترل‌های هزینه‌ای و گاهاً توجه به شناسایی و نقشه‌برداری جریان ارزش از مشخصه‌های این خوشه می‌باشد.

### خوشه دو) صنایع استفاده‌کننده از فرایندهای تولیدی و برنامه‌ریزی قوی و فرایندهای مدیریتی و کنترلی متوسط

این خوشه تنها خوشه‌ای است که در آن توجه به شیوه‌های تولید به موقع نمره بالاتر از متوسطی را کسب نموده است. این خوشه از منظر مولفه‌های تولید به موقع، تأمین‌کنندگان و مشتریان رتبه اول را در بین سایر خوشه‌ها کسب نموده است. توجه به زنجیره تأمین از تأمین‌کننده تا مشتری مشخصه بارز تولیدکنندگان این خوشه است که در بین سایر خوشه‌ها دیده نمی‌شود. این خوشه در سایر مولفه‌های نابی رتبه دوم را در بین سایر خوشه‌ها کسب کرده است. این امر نشان‌دهنده عملکرد بالای این خوشه در دستیابی به تولید ناب می‌باشد. در داخل این خوشه توجه به ارزش محصول و نیروی انسانی در رتبه‌های اول و دوم قرار دارند که نشان‌دهنده مهم بودن توجه به تیم‌سازی و شناسایی ارزش محصول از طریق ترسیم و طراحی فرایندهای ارزش آفرین برای این تولیدکنندگان را نشان می‌دهد.

### خوشه سه) صنایع استفاده‌کننده از فرایندهای مدیریتی قوی، فرایندهای کنترلی متوسط و فرایندهای تولید و برنامه‌ریزی ضعیف

در این خوشه توجه به ارزش محصول، نیروی انسانی و مدیریت کیفیت جامع و ابزارهای کنترل آن در رتبه‌های اول تا سوم قرار دارند. شاید نتوان این برتری را به عنوان مزیت این

خوشه مطرح نمود، چرا که سایر خوشه‌ها نیز در این مولفه‌ها وضعیت مناسبی را دارند؛ ولی می‌توان اینگونه عنوان نمود که تولیدکنندگان این خوشه که از نظر تعداد نیز با ۹۱ مورد بر سایر خوشه‌ها برتری دارند، فرایندهای مدیریتی را به عنوان بهترین راهکار در جهت نیل به نابی می‌دانند. در کنار این موارد برتری این خوشه در برنامه‌های تعمیرات و نگهداری نشان دهنده توجه جدی به بحث تعمیرات و نگهداری می‌باشد که در بسیاری از تحقیقات به عنوان سازه اصلی دستیابی به نابی از آن یاد شده است.

### رتبه‌بندی

با توجه به نتایج بدست آمده برای خوشه‌ها، حال این سوال پیش می‌آید که واقعاً کدام یک از خوشه‌ها را می‌توان به عنوان خوشه‌ای با عملکرد بهتر در تولید ناب دانست؛ چرا که هر یک از این خوشه‌ها در حداقل یک ابزار نابی نسبت به سایر خوشه‌ها برتر بوده‌اند. برای پاسخ به این سوال از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه *PROMETHEE*<sup>۱</sup> استفاده شده است. با توجه به اینکه اوزان شاخص‌ها به عنوان ورودی در روش پرومیتی و بسیاری دیگر از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه مطرح است، بنابراین ابتدا با استفاده از روش آنتروپی شانون، اوزان شاخص‌ها محاسبه شده و سپس رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها با استفاده از روش پرومیتی انجام گرفته است.

### آنتروپی شانون

مراحل تعیین اوزان شاخص‌ها با روش آنتروپی شانون در ادامه آمده است. برای محاسبه اوزان شاخص‌ها، ابتدا باید ماتریس تصمیم‌گیری را با استفاده از رابطه (۱) بی‌مقیاس نمود.

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} ; \forall i, j \quad (1)$$

مرحله بعدی در محاسبه اوزان شاخص‌ها، محاسبه مقدار عدم اطمینان می‌باشد که در این قسمت، ابتدا باید با استفاده از رابطه (۲)، مقدار  $E_j$  محاسبه گردد.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m [p_{ij} \cdot \ln p_{ij}] ; \forall j \quad (2)$$

در این رابطه مقدار  $k$  به عنوان یک عدد ثابت با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می‌گردد ( $m$  تعداد گزینه‌ها می‌باشد).

$$k = \frac{1}{\ln(m)} \quad (3)$$

در مرحله بعدی مقدار عدم اطمینان با استفاده از رابطه (۴) بدست می‌آید.

$$d_j = 1 - E_j \quad (4)$$

با محاسبه مقدار عدم اطمینان، اوزان شاخص‌ها را می‌توان با استفاده از رابطه (۵) محاسبه نمود. نتایج کلیه مراحل آنتروپی شانون در جدول (۵) نشان داده شده است.

$$W_i = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j} ; \forall j \quad (5)$$



جدول (۵): نتایج تعیین اوزان شاخص‌ها به روش آنترابی شانون

عنوان حوشه	JIT	TQM	PM	SUP	CUR	HU	P	OP	
ماتریس تصمیم‌گیری	خوشه یک	۱/۹۹۵	۲/۷۵۵	۱/۷۶۵	۱/۹۵۲	۱/۹۱۵	۲/۵۱۳	۲/۹۹۲	۳/۹۹۵
	خوشه دو	۳/۶۹۹	۲/۹۱۴	۲/۴۶۴	۳/۳۵۲	۳/۴۳۳	۳/۸۳۰	۴/۰۹۸	۳/۲۶۳
	خوشه سه	۲/۱۳۷	۳/۴۰۰	۲/۵۴۶	۱/۹۹۶	۲/۰۵۹	۴/۱۶۶	۴/۱۷۸	۳/۰۳۰
ماتریس بی‌مقیاس شده	خوشه یک	۰/۲۵۵	۰/۳۰۴	۰/۲۶۱	۰/۲۶۷	۰/۲۵۹	۰/۲۳۹	۰/۲۶۵	۰/۳۸۸
	خوشه دو	۰/۴۷۲	۰/۳۲۱	۰/۳۶۴	۰/۴۵۹	۰/۴۶۳	۰/۳۶۴	۰/۳۶۴	۰/۳۱۷
	خوشه سه	۰/۲۷۳	۰/۳۷۵	۰/۳۷۶	۰/۲۷۳	۰/۲۷۸	۰/۳۹۶	۰/۳۷۱	۰/۲۹۴
مقدار اطمینان	۰/۹۶۲	۰/۹۹۶	۰/۹۸۸	۰/۹۶۹	۰/۹۶۶	۰/۹۸۰	۰/۹۹۰	۰/۹۹۳	
مقدار عدم اطمینان	۰/۰۳۸	۰/۰۰۴	۰/۰۱۲	۰/۰۳۱	۰/۰۳۴	۰/۰۲۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۷	
اوزان	۰/۲۴۵۲	۰/۰۲۵۵	۰/۰۷۵۲	۰/۲۰۰۶	۰/۲۱۶۱	۰/۱۲۹۵	۰/۰۶۴۹	۰/۰۴۳۰	

## روش PROMETHEE

روش ساختار یافته رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌های در دهه ۱۹۸۰ میلادی برای انجام رتبه‌بندی آرایه شده است. در این روش رتبه‌بندی گزینه‌ها با مقایسه زوجی گزینه‌ها در هر شاخص انجام می‌شود. مقایسه بر پایه یک تابع برتری از پیش تعریف شده با دامنه  $[0,1]$  اندازه‌گیری می‌شود. تابع برتری برای مقایسه دو گزینه  $a$  و  $b$  از نظر شاخص  $j$  به صورت رابطه (۶) است (Brans et al, 1986; 2005).

$$P_j(a,b) = P_j[d_j(a,b)] \quad (6)$$

در این رابطه  $d_j(a,b) = f_j(a) - f_j(b)$  بیانگر تفاوت اندازه در شاخص  $j$  است. روش پرومیتی شش معیار تعمیم یافته را برای تعریف تابع برتری در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. نوع داده‌ها و نظر تصمیم‌گیرنده تعیین‌کننده نوع معیار تعمیم یافته است. در این تحقیق به دلیل برابری امتیازات سه گزینه و عدم وجود تفاوت بین آنها از معیار عادی استفاده شده است (برای اطلاعات بیشتر در زمینه معیارها به برانز و همکاران (۱۹۸۶) مراجعه شود).

رتبه‌بندی پایانی و یا اولویت دو گزینه با جمع کردن اولویت همه شاخص‌ها بدست می‌آید. که به آن مقدار کلی گفته می‌شود و با استفاده از رابطه (۷) بدست می‌آید.

$$\pi(a,b) = \sum_{j=1}^k w_j P_j(a,b), \quad \left( \sum_{j=1}^k w_j = 1 \right) \quad (7)$$

به گونه‌ای که  $w_j$  برابر وزن شاخص  $j$ ام است. اگر تعداد گزینه‌ها بیش از دو تا باشد، رتبه‌بندی پایانی به وسیله مجموع مقادیر مقایسات زوجی به دست می‌آید. برای هر گزینه  $a \in A$  و با در نظر گرفتن گزینه‌ها دیگر  $x \in A$  می‌توان جریان رتبه‌بندی زیر را بدست آورد.

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a,x) \quad (8)$$

که به آن جریان رتبه‌بندی مثبت و یا خروجی گفته می‌شود. این جریان نشان می‌دهد که گزینه  $a$  چقدر بر گزینه‌های دیگر اولویت دارد. بزرگترین  $\phi^+(a)$  به معنای بهترین گزینه است.

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad (9)$$

به این جریان نیز، جریان رتبه‌بندی منفی و یا جریان ورودی گفته می‌شود که نشان می‌دهد که گزینه‌های دیگر تا چه میزان بر گزینه  $a$  اولویت دارد. کوچکترین  $\phi^-(a)$  نشان دهنده بهترین گزینه است.

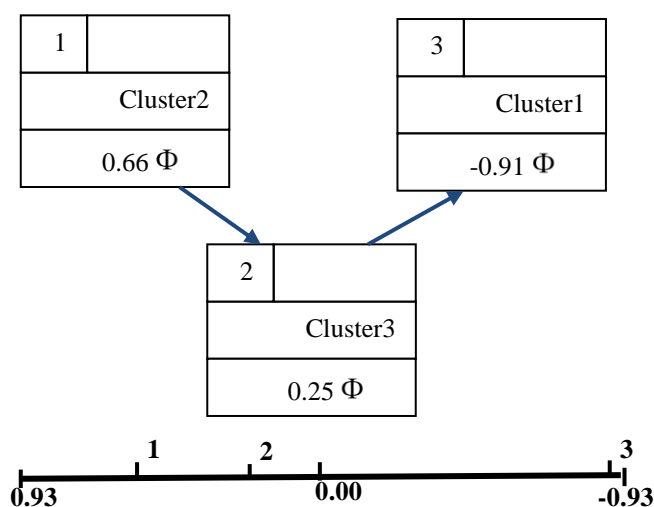
رتبه‌بندی گزینه‌ها را می‌توان با جریان مثبت و یا منفی انجام داد؛ ولی چون تصمیم‌گیرنده همیشه خواهان رتبه‌بندی کامل است، زیرا تصمیم‌گیری را ساده‌تر خواهد کرد. بر همین اساس نیز جریان خالص رتبه‌بندی این امکان را فراهم می‌نماید که بر اساس رابطه (۱۰) بدست می‌آید.

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (10)$$

این جریان حاصل توازن میان جریان‌های رتبه‌بندی مثبت و منفی است. جریان خالص بالاتر نشان دهنده گزینه برتر است. این نسخه از روش را PROMETHEE II می‌نامند. نتایج مربوط به جریان خالص خروجی (مثبت)، جریان خالص ورودی (منفی) و جریان خالص که با استفاده از نرم‌افزار Decision Lab بدست آمده است، در جدول (۶) و شکل (۱) نشان داده شده است.

جدول (۶): جریان ورودی، خروجی، خالص و رتبه هر خوشه

رتبه	$\phi$	$\phi^-$	$\phi^+$	گزینه
سوم	-۰/۹۱۴۰	۰/۹۵۷۰	۰/۰۴۳۰	خوشه یک
اول	۰/۶۶۱۹	۰/۱۶۹۱	۰/۸۳۱۰	خوشه دو
دوم	۰/۲۵۲۱	۰/۳۷۴۰	۰/۶۲۶۱	خوشه سه



شکل (۱): رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها در روش PROMETHEE II

## نتیجه‌گیری و پیشنهادات

### نتیجه‌گیری و بحث

بر اساس نظر شاه و وارد (۲۰۰۷) تولید ناب مفهومی تک بعدی نداشته و می‌توان آن را از چند جنبه مورد بررسی قرار داد. بر این اساس نیز محققان مختلف در ارزیابی میزان نابی شرکت‌های تولیدی، شیوه‌های دستیابی به نابی را از جنبه‌های متفاوتی مورد ارزیابی قرار داده‌اند. در این مقاله ابتدا سعی شد تا با بررسی ادبیات تحقیق شیوه‌ها و ابزارهای تولید ناب شناسایی و استخراج شود؛ سپس به منظور بررسی اینکه آیا شیوه‌های تولید ناب به عنوان سنجی در یک سازه مشخص قرار می‌گیرند و یا خیر، از تحلیل عاملی تأییدی با چرخش واریماکس استفاده شده است. در انجام تحلیل عاملی، ابتدا از این مسأله اطمینان حاصل شد که می‌توان داده‌های موجود را برای تحلیل مورد استفاده قرار داد. بدین منظور از شاخص *KMO* و آزمون بارتلت استفاده گردید که نتایج نشان دهنده توافق بین نتایج بدست آمده و سازه نظری بوده است. خروجی این مرحله از کار نشان دهنده هشت سازه اصلی تولید به موقع، تعمیرات و نگهداری، مدیریت کیفیت جامع، روابط با تأمین کنندگان، روابط با مشتریان، مدیریت منابع انسانی،

مدیریت فرایند و برنامه‌های بهسازی سطح کارخانه بوده است. در مرحله بعد به منظور بررسی اینکه صنایع نمونه آماری تحقیق بیشتر از کدام یک از شیوه‌های تولید ناب استفاده می‌نمایند از تحلیل خوشه‌ای استفاده شده است. مبنای خوشه‌بندی در این مقاله با این استدلال انجام گرفت که متعدد و مختلف بودن شیوه‌های تولید ناب در بین صنایع باعث می‌گردد که نتوان به صورت صفر و یک به این صنایع نگاه نمود؛ به عبارتی نمی‌توان گفت که یک تولیدکننده، صرفاً تولیدکننده ناب است و یا خیر، چرا که متفاوت بودن شیوه‌های تولید ناب که طیف وسیعی از مدیریت منابع انسانی تا چیدمان خطوط تولید را در بر می‌گیرد، باعث می‌گردد هر تولیدکننده توجه هر چند کمی به حداقل یک ابزار تولید ناب داشته باشد. در خوشه‌بندی انجام گرفته این نکته توجه شده که از نظر کاربردی عناصر و شیوه‌های نابی را می‌توان در سه فرایند سازمانی یعنی (۱) روش‌های مربوط به فرایند تولید و برنامه‌ریزی، (۲) روش‌های مربوط به فرایند مدیریت و (۳) روش‌های مربوط به فرایند کنترل و نظارت تقسیم‌بندی نمود. به منظور انجام خوشه‌بندی از تحلیل خوشه‌ای  $K$  میانگین استفاده گردید. نتایج خوشه‌بندی و تحلیل آنها که بر اساس نمره‌های هر سازه (شیوه‌های اصلی نابی)، رتبه هر مولفه اصلی در هر خوشه و بین سایر خوشه‌ها انجام گرفت، نشان داد که هر یک از خوشه‌ها در حداقل یک سازه نسبت به سایر خوشه‌ها برتری دارند که این خود دلیلی بر درستی پیش‌فرض نگارندگان مبنی بر توجه تولیدکنندگان به حداقل یک ابزار تولید ناب بوده است. پس از انجام خوشه‌بندی، تحلیل واریانس نیز برای نشان دادن اختلاف بین خوشه‌ها در هر سازه انجام شد. نتیجه نشان دهنده وجود اختلاف بین خوشه‌ها در همه سازه‌ها بوده است. پس از انجام خوشه‌بندی و اطمینان از اختلاف بین خوشه‌ها در هر سازه، در مرحله بعدی این سوال پیش آمد که واقعاً کدام یک از خوشه‌ها را می‌توان به عنوان خوشه‌ای با عملکرد بهتر در تولید ناب دانست؛ چرا که هر یک از خوشه‌ها در حداقل یک ابزار نابی نسبت به سایر خوشه‌ها برتر بوده‌اند. برای پاسخ به این سوال از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه *PROMETHEE* استفاده شد. قبل از استفاده از روش پرومتی، با توجه به اینکه اوزان شاخص‌ها به عنوان ورودی در روش پرومتی مطرح است، بنابراین ابتدا با استفاده از روش آنتروپی شانون، اوزان شاخص‌ها محاسبه شده و

سپس رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها با استفاده از این روش انجام گرفت. نتیجه استفاده از روش پرومیتی نشان داد که خوشه دو، رتبه اول را در بین سایر خوشه‌ها کسب کرده است. بر همین اساس این خوشه با عنوان تولیدکنندگان با عملکرد خوب در تولید ناب شناخته می‌شود. تولیدکنندگان این خوشه در سازه‌های روابط با مشتریان، روابط با تأمین‌کنندگان و تولید به موقع نسبت به سایر خوشه‌ها در رتبه اول قرار داشتند، در حقیقت توجه و تأکید به زنجیره تأمین از تأمین‌کننده به مشتری در این تولیدکنندگان در حد قابل قبولی دیده می‌شود؛ بر همین اساس نیز این خوشه توانسته در بین سایر خوشه‌ها رتبه اول را کسب نماید. بر اساس رتبه‌بندی انجام گرفته، خوشه سوم در رتبه دوم قرار می‌گیرد. در این خوشه، تولیدکنندگان در چهار سازه رتبه اول را نسبت به سایر خوشه‌ها کسب کرده‌اند. مدیریت فرایندها و مدیریت نیروی انسانی در این خوشه بیشترین امتیاز را هم در داخل خوشه و هم در بین سایر خوشه‌ها دارند. این خوشه بر اساس نتایج رتبه‌بندی به عنوان خوشه با عملکرد متوسط تولید ناب شناخته می‌شود. در نهایت خوشه اول که فقط در سازه برنامه‌های بهبود سطح کارخانه رتبه بالاتری نسبت به بقیه دارد، به عنوان خوشه با عملکرد تولید ناب ضعیف شناخته می‌شود.

بر اساس نتایج بدست آمده می‌توان عنوان نمود که به منظور بهبود عملکرد تولید ناب، صنایع تولیدکننده فلزات اساسی و فابریکی استان می‌بایست بیشترین توجه خود را بر تولید به موقع، تأمین‌کنندگان و مشتریان قرار دهند، هر چند نمی‌توان به سایر شیوه‌های تولید ناب نیز بی‌توجه بود؛ شاید لازم بودن توجه به سازه‌هایی مانند نیروی انسانی، برنامه‌های بهبود سطح سازمان، مدیریت فرایندها و نه کافی بودن آنها در جهت بهبود عملکرد تولید ناب می‌باشد. پس بایستی هم شرط لازم و هم شرط کافی را به منظور بهترین تولیدکننده ناب بودن داشت. با توجه به تعداد تقریباً زیاد تولیدکنندگان صنایع فلزات اساسی و فابریکی استان و فضای رقابتی که بین آنها حاکم است، نتایج تحقیق می‌تواند به عنوان رهنمودی برای هر یک از آنها باشد تا با در نظر گرفتن نقاط قوت و ضعف خود، ابزارها و شیوه‌های مناسبی را به منظور دستیابی به اهداف تولید ناب در پیش بگیرند؛ به واقع می‌توان عنوان نمود نتایج تحقیق در این صنعت کاربردی است از آن لحاظ که تولیدکنندگان این صنعت می‌توانند بر اساس نتایج بدست آمده از این

تحقیق و اینکه در کدام خوشه قرار گرفته‌اند و چه رتبه‌ای بدست آورده‌اند، نسبت به انجام برنامه‌های بهبود جهت دستیابی به اهداف تولید ناب اقدام نمایند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تولیدکنندگانی که در خوشه یک قرار دارند بیشترین توجه را به برنامه‌های بهسازی سطح کارخانه داده و در سایر ابزارها از کارایی کافی برخوردار نیستند، تولیدکنندگان این خوشه بیشترین توجه خود را معطوف به ارزیابی هزینه کل و برنامه‌ریزی استراتژیک کرده و کمترین توجه به فرایندهای تولید و برنامه‌ریزی را دارند. بر همین اساس نیز اگر می‌خواهند به اهداف نابی خود و توان رقابتی بالاتر در صنعت مورد نظر دست یابند، بایستی توجه جدی به سایر ابزارها داشته باشند. شیوه‌هایی مانند تولید به موقع، مدیریت کیفیت جامع، تعمیرات و نگهداری، روابط با تأمین کنندگان، روابط با مشتریان، مدیریت منابع انسانی و مدیریت فرایند که باعث شده تا دو خوشه دوم و سوم در رتبه بالاتری نسبت به خوشه یک قرار گیرند. بایستی توجه نمود که مدل ارائه شده یک نکته قوت دیگری که نسبت به سایر مدل‌ها دارد و تولیدکنندگان صنایع فلزات اساسی می‌توانند از آن استفاده نمایند، نشان دادن الگوها برای این تولیدکنندگان است. به عبارت بهتر خوشه یک می‌تواند در گام اول عملکرد خوشه سوم را که در تبه دوم قرار دارد، به عنوان الگو مد نظر قرار داده و ابزارها و شیوه‌های مختلف مورد استفاده در خوشه سوم را بهبود دهد و سپس در گام بعدی توجه خود را به شیوه‌ها و ابزارهای خوشه دو که در رتبه اول قرار گرفته و نیازمند فعالیت‌های عملیاتی و اجرایی قوی دارند، معطوف نماید. به عبارتی مدل ارائه شده در این تحقیق یک رویه کاربردی برای تولیدکنندگان ارائه می‌کند تا بتوانند گام‌های رو به جلویی جهت دستیابی به اهداف تولید ناب داشته باشند و نقاط قوت و ضعف خود را نسبت به رقبای ارزیابی نمایند.

### محدودیت‌ها و پیشنهادات

در این تحقیق نمونه آماری محدود به تولیدکنندگان کوچک و متوسط صنایع فلزات اساسی و فابریکی بودند و تمامی صنایع در نظر گرفته نشده بودند. بنابراین پیشنهاد می‌گردد تا در

تحقیقات بعدی گروه‌های مختلف صنعتی مورد ارزیابی قرار گرفته و مقایسه‌هایی بین آنها انجام شود.

در این تحقیق از پرسشنامه استفاده شده بود؛ بر همین اساس نیز با توجه به محدودیت‌های پرسشنامه در تشخیص وضعیت واقعی و موجود تولیدکنندگان، پیشنهاد می‌گردد تا در تحقیقات بعدی ضمن استفاده از پرسشنامه، از مشاهده مستقیم و چک‌لیست نیز استفاده شده و امتیازات ابزارهای مختلف جمع‌آوری داده‌ها با یکدیگر تلفیق و ارزیابی مبتنی بر داده‌های تلفیقی صورت گیرد.

در این تحقیق اوزان شاخص‌ها با استفاده از روش آنالیز شانون محاسبه شده است. در این روش اوزان بر اساس ماتریس تصمیم‌گیری محاسبه می‌شود که مبتنی بر داده‌های بدست آمده از پاسخ‌گویان بوده است. شاید محاسبه اوزان شاخص‌ها با این روش مورد انتقاد برخی از محققین باشد، چرا که اوزان بدست آمده از ماتریس تصمیم‌گیری را نشان‌دهنده وزن و اهمیت واقعی آن شاخص نمی‌دانند. بنابراین پیشنهاد می‌گردد تا در تحقیقات بعدی اوزان شاخص‌ها بر اساس نظر خبرگان محاسبه شود. هر چند ذکر این نکته نیز ضروری است که در این تحقیق با توجه به امکانات نرم‌افزار *Decision Lab* تحلیل حساسیت اوزان نیز انجام گرفت. نتایج بدست آمده از تحلیل حساسیت در بسیاری از موارد نشان‌دهنده درست بودن رتبه‌بندی انجام گرفته بوده است؛ پس می‌توان اعتماد بیشتری به نتایج بدست آمده داشت.

برخی از محققین روش‌های دیگری را برای رتبه‌بندی ترجیح می‌دهند و هر کدام به مزیت‌های روش خود اعتقاد دارند. بنابراین پیشنهاد می‌گردد تا در تحقیقات بعدی، به منظور رتبه‌بندی روش‌های مختلف چندشاخصه مورد استفاده قرار گرفته و نتایج با یکدیگر مقایسه شود.

**منابع** پویا علیرضا و عادل آذر (۱۳۸۹)، طراحی چارچوبی جهت فرموله کردن استراتژی تولید (یک مطالعه موردی)، مدیریت فردا، سال نهم، شماره ۲۳، صص ۴۹-۶۲.



## منابع

- پویا، علیرضا (۱۳۹۰)، سیستم‌های تولیدی در ایران و عملکرد کسب و کار آنها، مدیریت تولید و عملیات، دوره سوم، شماره یک، صص ۱۰۰-۷۹.
- پویا، علیرضا؛ اسلامی، قاسم و حسینه طباطبایی (۱۳۹۱)، نوع‌شناسی علل پافشاری بر تصمیمات در بخش دولتی، بهبود مدیریت، سال ششم، شماره یک، صص ۵۵-۳۱.
- جعفرنژاد، احمد؛ احمدی، احمد و محمد حسن ملکی (۱۳۹۰)، ارزیابی تولید ناب با استفاده از رویکرد ترکیبی از تکنیک‌های ANP و DEMATEL در شرایط فازی، مطالعات مدیریت صنعتی، سال هشتم، شماره ۲۰، صص ۲۵-۱.
- شفیعی رودپشتی، میثم و سید حبیب‌اله میرغفوری (۱۳۹۰)، ارزیابی تولید ناب با رویکرد سلسله مراتبی، مطالعات مدیریت صنعتی، سال نهم، شماره ۲۲، صص ۷۴-۴۹.
- متقی، هایده (۱۳۸۶)، مدیریت تولید و عملیات، چاپ چهارم، تهران: انتشارات آوای پاتریس.
- Abdulmalek, F.A. & Rajgopal, J. (2007). *Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study*, Int. J. Production Economics, 107: 223-236
- Allway, M., & Corbett, S. (2002). *Shifting to lean service: stealing a page from manufacturers' playbooks*. Journal of Organizational Excellence, 21(2): 45-54.
- Atkinson P. (2010). *Lean is a cultural issue*. Management Services, 54:35-44.
- Azevedo, S.G., Govindan, K., Carvalho, H., & Cruz-Machado, V. (2012). *An integrated model to assess the leanness and agility of the automotive industry*, Resources, Conservation and Recycling, 66: 85-94.
- Bayou, M.E. & de Korvin, A. (2008). *Measuring the leanness of manufacturing systems- A case study of Ford Motor Company and General Motors*, J. Eng. Technol. Manage. 25: 287-304.
- Bentler, P.M. & Chou, C. (1987), *Practical issues in structural equation modeling*, Sociological Methods and Research, Vol. 16, pp. 78-117.
- Bhasin, S. (2012). *Performance of Lean in large organizations*, Journal of Manufacturing Systems 31: 349-357.
- Bhasin, S., & Burcher, P., (2006). *Lean viewed as a philosophy*. Journal of Manufacturing Technology Management 17 (1), 56-72.

Biazzo, S., & Panizzolo, R., (2000). *The assessment of work organization in lean production: the relevance of the worker's perspective*. *Integrated Manufacturing Systems* 11 (1), 6-15.

Bicheno J, & Holweg M. (2009). *The Lean toolbox*. Buckingham: Piccie.

Brans JP, Vincke Ph, Mareschal B., (1986). *How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method*. *European Journal of Operational Research*, 24, 228–238.

Brans, J.P. & Mareschal, B., (2005). PROMETHEE methods, in Figueira, J., Greco, S. and Ehrgott, M. (Eds)., *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, New York.

Chiappetta Jabbour, C.J., Lopez de Sousa Jabbour, A.B., Govindan, K., Teixeira, A.A., & de Souza Freitas, W.R. (2012), *Environmental management and operational performance in automotive companies in Brazil: the role of human resource management and lean manufacturing*, *Journal of Cleaner Production* xxx, 1-12.

de Treville, S. & Antonakis, J., (2006). *Could lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurationally, and levels-of-analysis issues*. *Journal of Operations Management* 24 (2), 99–123.

Deif, A. (2012). *Assessing Lean Systems Using Variability Mapping*, *Procedia CIRP* 3: 2 – 7

Demeter K. & Matyusz Z. (2011). *The impact of Lean practices on inventory turnover*. *International Journal of Production Economics*, 133(1):154–63.

Ding, L., Velicer, W.F. & Harlow, L.L.(1995), *Effects of estimation methods, number of indicators per factors and improper solutions on structural equation modeling fir indices*, *Structural Equation Modeling, A Multidisciplinary Journal*, Vol. 2, pp.119-143.

Doolen, T.L., & Hacker, M. E., (2005), *A Review of Lean Assessment in Organizations: An Exploratory Study of Lean Practices by Electronics Manufacturers*, *Journal of Manufacturing Systems*, 24(1), 55-67.

Goldsby, T. & Martichenko, R., (2004). *Lean Six Sigma Logistics*. J. Ross Publishing, Boca Raton, FL.

Hines, P., Holweg, M. & Rich, N., (2004). *Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking*. *International Journal of Operations and Production Management* 24 (10), 994–1011.

Holweg, M. (2007). *The genealogy of lean production*, *Journal of Operations Management*, 25: 420- 437.

Hopp, W.J. & Spearman, M.L., (2004). *To pull or not to pull: what is the question?* Manufacturing and Service Operations Management 6 (2), 133–148.

Jordan, J.A., Jr. & Michel, E.J. (2001). *The Lean Company: Making the Right Choices*. Dearborn, MI: Society of Manufacturing Engineers.

Lee C, Kwon I-W, & Severance D. (2007). *Relationship between supply chain performance and degree of linkage among supplier, internal integration, and customer*. Supply Chain Management: An International Journal, 12(6):444–52.

Li, S., Subba Rao, S., Ragu-Nathan, T.S. & Ragu-Nathan, B., (2005). *Development and validation of a measurement instrument for studying supply chain management practices*. Journal of Operations Management 23 (6), 618–641.

Lohlin, J.C.(1992), *Latent variables Models: An introduction to factor, path and structural analysis*(2<sup>nd</sup> ed.), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum associated, Inc.

Losonci, D., Demeter,K. & Jenei, I. (2011). *Factors influencing employee perceptions in lean transformations*, Int. J. Production Economics, 131:30–43.

MacDuffie, J.P.; Sethuraman, K. & Fisher, M.L. (1996). *Product variety and manufacturing performance: Evidence from the international automotive assembly plant study*. Mgmt. Science, 42: 350-369.

Matsui, Y., (2007). *An empirical analysis of just-in-time production in Japanese manufacturing companies*. International Journal of Production Economics 108 (1–2), 153–164.

McLachlin, R., (1997). *Management initiatives and just-in-time manufacturing*. Journal of Operations Management 15 (4), 271–292.

Meier, H.S. & Forrester, P.L. (2002). *A Model for Evaluating the Degree of Leanness of Manufacturing Firms*. Integrated Manufacturing Systems, 13(2), 104-109.

Narasimhan, R., Swink, M. & Kim, S.W. (2006). *Disentangling leanness and agility: An empirical investigation*, Journal of Operations Management, 24: 440–457.

Nightingale, D.J. & Mize, J.H. (2002). *Development of a lean enterprise transformation maturity model*. In/ommtion, Knowledge, Systems Mgmt, 3: 15-30.

Panizzolo R. (1998). *Applying the lessons learned from 27 lean manufacturers. The relevance of relationship management.* Int'l Journal of Production Economics, 55: 223-240.

Parveen M. & Rao T. (2009). *An integrated approach to design and analysis of Lean manufacturing system: a perspective of Lean supply chain*. International Journal of Services and Operations Management, 5(2):175–208.

Perez, M.P. & Sanchez, A.M. (2000). *Lean production and supplier relations: A survey of practices in the Aragonese automotive industry*. Technovation, 20: 665-676.

Pettersen, J., (2009). *Defining lean production: some conceptual and practical issues*. The TQM Journal 21 (2), 127-142.

Sanchez, A. M., & Perez, M. (2001). *Lean indicators and manufacturing strategies*. International Journal of Operations & Production Management, 21(11).

Seyedhosseini, S.M., EbrahimiTaleghani, A., Bakhsha, A. & Partovi, S. (2011), *Extracting leanness criteria by employing the concept of Balanced Scorecard, Expert Systems with Applications*, 38: 10454–10461

Shah, R. & Ward, P.T. (2003). *Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance*. Journal of Operations Management, 21: 129-149.

Shah, R. & Ward, P.T. (2007). *Defining and developing measures of lean production*, Journal of Operations Management, 25: 785–805

Simons, D. & Zokaei, K. (2005). *Application of Lean Paradigm in Red Meat Processing.*, British Food Journal, 107(4): 192-211.

Simpson, D.F., & Power, D.J., (2005). *Use the supply relationship to develop lean and green suppliers*. Supply Chain Management: An International Journal, 10 (1), 60–68.

Womack, J. P. (2006). *How do we know how lean we are? Lean Enterprise Institute (LEI)*, Eletter

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking; Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster UK Ltd.

Yang, M., Hong, P. & Modi, S.B. (2011). *Impact of lean manufacturing and environmental management on business performance: An empirical study of manufacturing firms*, Int. J. Production Economics, 129: 251–261

Yurdakul, M. (2002). *Measuring the manufacturing system's performance using Saaty's with feedback approach*. Integrated Manufacturing Systems, 13(1).