فصلنامه چشم انداز حسابداری و مدیریت
دوره ۵، شماره ٦٦، پاییز ۱٤۰۱(جلد سوم)

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

چشم انداز حسابداری و مدیریت (دوره پنجم)
شماره ۶۶ / پاییز ۱۴۰۱ (جلد سوم)/ صص ۸۸-۱۰۲

طراحی ارزیابی تولید ناب در صنایع کوچک و متوسط

شهرام بشیری
کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
shahram_bashiri@yahoo.com

چکیده

تصمیم‌گیری در مسائلی مانند تولید ناب از پیچیدگی بالایی برخوردار است. این پیچیدگی از یک طرف به علت وجود واژه‌های زبانی است و از طرف دیگر تصمیم گیری در موضوعاتی چون تولید ناب به دانش افراد خبره وابسته است. با توجه به این که سنجش نابی اولین گام در شناخت نقاط قوت و ضعف صنایع در جهت دستیابی به اهداف تولید ناب می-باشد، بنابراین نیاز است تا روش‌های کاربردی‌تر در این حوزه تدوین گردد. بر همین اساس نیز هدف این تحقیق ارائه مدلی برای ارزیابی تولید ناب با استفاده از سیستم‌های استنتاج فازی است. مدل ارائه شده از پنج سیستم استنتاج فازی تشکیل شده است که در دو سطح طراحی شده است. چهار سیستم سطح اول به عنوان ابزارهای موثر بر تولید ناب، نمره-ای به عنوان خروجی تولید می‌کنند که این خروجی‌ها به عنوان ورودی سیستم نهایی جهت ارزیابی تولید ناب مورد استفاده قرار گرفته است. در طراحی هر یک از سیستم‌های استنتاج فازی از توابع عضویت مثلثی که به جهت کارایی و سهولت در استفاده انتخاب شده بودند، استفاده شده است. نتایج تدوین مدل و بکارگیری آن در یک شرکت ماشین‌آلات و تجهیزات نشان می‌دهد که مدل ارائه شده ضمن اینکه وضعیت تولید ناب در سازمان را نشان می‌دهد، قادر است وضعیت سازمان را در هریک از عوامل و معیارهای موثر بر تولید ناب را نیز مشخص نماید.

واژگان کلیدی: سیستم استنتاج فازی، تولید ناب، تولید به موقع، مدیریت کیفیت جامع، مدیریت تعمیرات و نگهداری.

مقدمه

صاحب نظران علوم مدیریت در طول دهه‌های گذشته، تلاش‌های خود را حول محور ایجاد و گسترش و به کارگیری مکانیزم‌هایی متمرکز نموده‌اند که سازمان‌ها به کمک آن‌ها بتوانند در بهبود سطح بهره‌وری و کیفیت محصول و در نتیجه کاهش هزینه‌ها گام بردارند (میایر وفورستر، ۲۰۰۲)، (کوا وهمکاران، ۲۰۰۱). در این بین بسیاری از محققان بر این باورند که برای کنترل عوامل و چالش‌های صنایع در عصرحاضر، ناب کردن نظام تولید یکی از الزامات اجتناب ناپذیر و ضروری شرکت‌ها می‌باشد (بناویا و مارین، ۲۰۰۶).

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 (هولوگ، ۲۰۰۷). از زمان انتشار این کتاب، شیوه‌ها و ابزارهای تولید ناب بیشتر از روش‌های سنتی تولیدی مورد توجه و پذیرش تولیدکنندگان قرار گرفته‌اند (دولن و هاکر، ۲۰۰۷). 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 (لوسونکی وهمکاران، ۲۰۱۱)، (ماتسوا، ۲۰۰۷)، (هاینس،

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

۲۰۰۴). با این وجود به نظر می‌رسد بکارگیری تولید ناب و اصول نابی در شرکت‌ها چندان هم موفقیت‌آمیز نبوده است. با توجه به این که سنجش نابی اولین گام در شناخت نقاط قوت و ضعف صنایع در جهت دستیابی به اهداف تولید ناب می-باشد، بنابراین نیاز است تا روش‌های کاربردی‌تر در این حوزه تدوین گردد. به نظر می‌رسد مطالعات صورت گرفته به نتیجهٔ قابل لمس و اجرایی که بتواند میزان تطابق سازمان را با مولفه‌های تولید ناب مشخص نماید، منتهی نشده است. تصمیم‌گیری در مسائلی مانند تولید ناب از پیچیدگی بالایی برخوردار است. این پیچیدگی از یک طرف به علت وجود واژه‌های زبانی است. واژه‌های زبانی مولفهء ابهام را نیز به تصمیم گیری‌ها می‌افزایند. از طرف دیگر تصمیم گیری در موضوعاتی چون تولید ناب به دانش افراد خبره وابسته است. سیستم‌های استنتاج شاخه‌ای از هوش مصنوعی می‌باشد که از دهه ۸۰ مطرح شده و به سرعت کاربردهای گوناگونی در زمینه‌های مختلف تصمیم گیری پیدا نمود (بونیسانی، ۱۹۸۳). سیستم‌های استنتاج تصمیمات را بر مبنای دانش تخصصی پیشنهاد می‌کنند. سیستم استنتاج یک مبنای دانش را در بر می‌گیرد که شامل دانش تخصصی مربوط به یک مسئله ویژه است و سازو کار استدلالی دارد که موجب استنباط از مبانی دانش می‌شود (جعفرنژاد، ۱۳۸۵). مجموعه دانشی که یک سیستم استنتاج دارد و بکار می‌گیرد از دو بخش "داده‌ها" و "قواعد" تشکیل شده است (سید حسینی و صفا کیش، ۱۳۸۶). ؛ دانش افراد خبره موضوعی نیست که به سادگی بتوان آنرا به مدلی برای تصمیم گیری تبدیل کرد؛.مدل های مرسوم در تصمیم گیری در مواجهه با واژه‌های زبانی و دانش افراد خبره از منطق باینری[1] استفاده می کنند، حال آنکه این گونه تصمیمات از طبیعت پیوسته (درجه یا میزان تعلق) برخوردارند. برای مواجهه با چنین موقعیت هائی ابزارهای تصمیم گیری مناسب با این شرایط مورد نیاز است. چنین به نظر می رسد که در این گونه موارد ریاضیات فازی ابزار مناسبی برای مدلسازی خواهد بود. در مواردی که مجبور هستیم دانش افراد خبره را به مدل‌های ریاضی تبدیل کنیم به علت ماهیت دانش – که با استفاده از واژه‌های زبانی بیان می شود – بکارگیری تئوری و منطق فازی مناسب خواهد بود.

سیستم‌های استنتاج فازی این قابلیت را دارند که با ارائه نمره‌ای میزان تولید ناب را بر مبنای دانش تخصصی افراد خبره به طور مشخص برای مدیران نشان دهند، حال اگر این سیستم از تلفیق چند سیستم مختلف تشکیل شود، قادر خواهد بود، حوزه‌هایی را که سازمان در آنها دچار مشکل بوده و بایستی به جهت بالا بردن تطابق سیستم‌های تولیدی خود با تولید ناب، در آن حوزه‌ها بهبود ایجاد گردد را نیز مشخص نماید. هدف این مقاله نیز بر محور این موضوعات خواهد بود که مدلی از تلفیق چند سیستم طراحی و ارائه نماید تا بر اساس آن ضمن نشان دادن میزان نابی، بتوان حوزه‌های نیازمند بهبود را نیز برای بالابردن نابی مشخص نمود.

مروری بر ادبیات تحقیق

تولید ناب

مفهوم تولید ناب برای اولین بار از سوی تویوتا مطرح شد. حرکت عظیم صنایع خودروسازی ژاپن در رقابت با تولید کنندگان انبوه ایالات متحده و اروپا که به تقلید از فورد، خطوط مونتاژ و کارخانه‌های تولید انبوه را در اختیار داشتند، شیوه‌ای متفاوت از تولید را به دنیا معرفی نمود. در سال ۱۹۸۸ اوهونو برای اولین بار سیستم تولید تویوتا را که بعد از جنگ جهانی دوم در این شرکت شکل گرفته و توسعه پیدا کرده بود، به جهان معرفی نمود (بهروزی و یوونگ، ۲۰۱۱). تقریباً در دهه ۱۹۸۰ این شیوه تولید ژاپنی‌ها و خصوصاً شرکت تویوتا مورد توجه متخصصان غربی قرار گرفت و طی دو دهه موضوع اصلی محافل کارشناسی صنعتی را تشکیل داد و تولید ناب نامیده شد(ایرانزاده و سلطانی فسقندیس، ۱۳۸۸). بعد از آن سال‌ها تعاریف متعددی از سوی محققان مختلف برای تولید ناب ارائه شده است. تولید ناب در عصر گذار از

[1] Bineri

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

سیستم تولید انبوه به عنوان سیستم غالب تولید صنعتی مطرح می باشد که در پاسخ سریع و مناسب به نیاز مشتری با حذف اتلاف، تولید به موقع و با کیفیت عالی و شعف‌آور مشتری در مقابل تولید انبوه سر کشیده است، باور غالب این است که سیستم تولید ناب قابلیت تجربه در همه صنایع و خدمات را دارد (طلوعی اشلقی و همکاران، ۱۳۸۸، ۳۷).
بسیاری از مطالعات تحقیقاتی، ناب بودن به معنای بدون اتلاف و ضایعات بودن را به عنوان مفهوم اصلی تولید ناب می-دانند (آلوی و کوربت، ۲۰۰۲؛ گولداسبی و مارتیچنگو، ۲۰۰۴). تولید ناب به منظور پاسخ‌گویی به نرخ تقاضا، از طریق مجموعه‌ای از روش‌های هم‌افزا بر حذف سیستماتیک ضایعات از فرایندهای عملیاتی سازمان متمرکز است (سیمپسوم وپاور، ۲۰۰۵). هوپ و اسپرمن[1] (۲۰۰۴) تولید ناب را تولیدی می‌دانند که با حداقل هزینه‌های بافر انجام می‌شود. شاه و وارد[2] (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[3](۲۰۰۲) مفهوم تولید ناب به طور عملی ادغام اصول مرتبط با بهبود از طریق به کارگیری هم زمان 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 همکاران[4](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 (دولن و هاکر، ۲۰۰۵). ووماک و جونر[5](۲۰۰۳) پنج مفهوم نابی را برای حذف ضایعات در سازمان‌ها تعریف می‌کنند. این مفاهیم عبارتند از: تعیین ارزش، شناسایی جریان ارزش، حرکت، کشش و تعقیب کمال. به اعتقاد دولن و هاکر[6](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[7] و تولید مدل‌های مختلط[8] تنها نمونه-های بسیار کمی از این روش‌ها می‌باشند که توسط تولیدکنندگان استفاده می‌گردند (مکدوفی و دیگران، ۱۹۹۶). بر همین اساس نیز در تحقیقات مختلف نمی‌توان روش‌های مشابهی را به منظور ارزیابی تولید ناب مشاهده نمود.
مک‌لاچلین[9](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[10](۱۹۹۸) در تحقیقی با عنوان 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 بکارگرفته‌اند را مشخص نماید. این

[1] Hopp & Spearman
[2] Shah & Ward
[3] Meier & Forrester
[4] Yang et al
[5] Womack and Jones
[6] Doolen & Hacker
[7] Single Minute Exchange of Die(SMED)
[8] Mixed Model Production(MMP)
[9] Mc Lachlin
[10] Panizzolo

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

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[1](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[2](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[3](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 توانمند نمودن شرکت، دسته‌بندی شده‌اند. فولرتون و همکاران[4](۲۰۰۳) بر اساس مفاهیم سیستم تولید تویوتا، به منظور ارزیابی وضعیت بکارگیری تولید به موقع در یک مطالعه موردی، ابتدا تولید به موقع را در ده سطح تعریف نموده و یازده آیتم را به منظور سنجش سطوح تولید به موقع توسعه دادند. 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[5](۲۰۰۵) و بایو و کروین[6](۲۰۰۸) اشاره نمود. لی و همکاران[7](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 تأمین‌کنندگان، تحویل به موقع توسط تأمین‌کنندگان، عملکرد تأمین‌کنندگان، مشتریان، سیستم کششی، جریان پیوسته، زمان راه‌اندازی، روش‌های کنترل کیفیت آماری فرایند، مشارکت کارکنان و تعمیرات و نگهداری بهره‌رور دسته‌بندی شده‌اند. در این مقاله متغیرهای تحقیق بر مبنای کار شاه و وارد در سال ۲۰۰۳ که در چند تحقیق مختلف نیز استفاده شده، انتخاب گردیده تا مدل ارائه شده بر مبنای آن توسعه داده شود. در جدول(۱)، شاخص‌های اصلی و شاخص‌های فرعی مورد استفاده در تحقیق نشان داده شده است.

[1] Perez & Sanchez
[2] Jordan & Michel
[3] Nightingale and Mize
[4] Fullerton et al
[5] Doolen & Hacker
[6] Bayou & Korvin
[7] Li et al

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

جدول (۱): شاخص‌های ارزیابی تولید ناب در تحقیق شاه و وارد (۲۰۰۳)

شاخص‌های اصلی	شاخص‌های فرعی
تولید به موقع	کاهش اندازه دسته تولیدی
	جریان پیوسته تولید
	سیستم کششی
	تولید سلولی
	کاهش زمان تولید
	تمرکز بر سیستم تولید کارخانه
	استراتژی‌های تولید چابک
	تکنیک‌های تغییرات سریع
	هموارسازی تولید
	بازمهندسی فرایندهای تولید
مدیریت تعمیرات نگهداری جامع	تعمیرات نگهداری پیش‌گیرانه
	بهینه‌سازی تعمیرات
	برنامه‌های بهبود ایمنی
	استراتژی‌های برنامه‌ریزی تعمیرات
	تجهیزات و فناوری جدید
مدیریت کیفیت جامع	الگوبرداری رقابتی
	برنامه‌های مدیریت کیفیت
	مدیریت کیفیت جامع
	توانایی ارزیابی فرایندها
	برنامه‌های رسمی بهبود مستمر
مدیریت منابع انسانی	تیم‌های کاری خودگردان
	نیروی کار انعطاف‌پذیر چندوظیفه‌ای

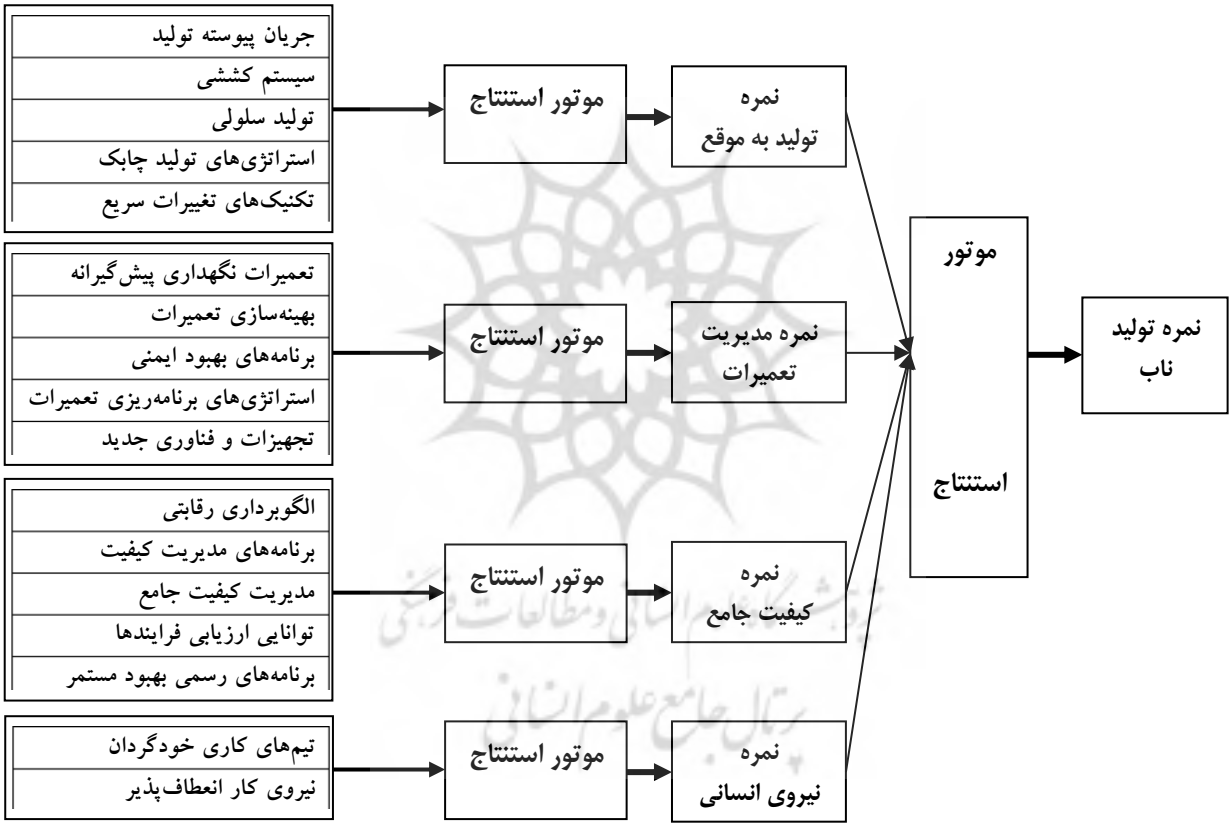
ابزار و روش

پژوهش حاضر از لحاظ هدف تحقیق از نوع تحقیقات مدل‌سازی- کاربردی بوده و از لحاظ روش انجام کار توصیفی می-باشد. در این پژوهش ابتدا بر اساس ادبیات تحقیق و مجموعه‌های فازی، سیستم استنتاج فازی به منظور ارزیابی موفقیت تولید ناب در دو سطح طراحی شده است. در طراحی و مدل‌سازی سیستم استنتاج فازی، دانش مربوط به تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم و همچنین قوانین استنتاج از ادبیات تحقیق و از طریق مطالعات کتابخانه‌ای بدست آمده است. روش‌های تجزیه تحلیل با توجه به مرسوم بودن، کارائی و سهل بودن در به کارگیری انتخاب شدند. بنابراین برای فازی سازی از تابع مثلثی، برای میانگین فازی از روش مرکز ناحیه و برای استنتاج فازی روش ممدانی به کار گرفته شده است. تمام عملیات ریاضی توسط نرم افزار MATLAB انجام گردیده است. پس از تدوین مدل و اطمینان از صحت مدل، سیستم تدوین شده به صورت مطالعه موردی به منظور ارزیابی موفقیت تولید ناب در یک شرکت به صورت موردی استفاده شده است. در ادامه مراحل طراحی سیستم استنتاج فازی به صورت گام به گام توضیح داده می‌شود.

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

طراحی سیستم

در این گام، ورودیها و خروجی تعیین می‌گردند. در بسیاری از تحقیقات انجام گرفته در حوزه تدوین سیستم‌های استنتاج فازی، معمولاً یک سیستم طراحی می‌گردد که این سیستم نیز از یک موتور استنتاج تشکیل شده است. در این تحقیق به منظور کارا نمودن بحث ارزیابی تولید ناب، مدلی در دو سطح طراحی گردیده است. در مدل تدوین شده، چهار سیستم فرعی و یک سیستم اصلی وجود دارد که برای هدف نهایی، یعنی ارزیابی تولید ناب می‌باشد. ورودی‌های این سیستم اصلی از خروجی سیستم‌های فرعی تشکیل شده‌اند. در این تحقیق، به منظور طراحی مدل اصلی تحقیق از شاخص‌ها و زیرشاخص‌های تحقیق شاه و وارد (۲۰۰۳) که در جدول (۱) نشان داده شده، استفاده گردیده است. چارچوب مدل طراحی شده در شکل(۱) نشان داده شده است. همانگونه که در شکل(۱) مشاهده می‌شود، کل مدل از پنج سیستم استنتاج تشکیل شده است، چهار سیستم در سطح اول که تحت عنوان سیستم تولید به موقع، مدیریت تعمیرات و نگهداری جامع، مدیریت کیفیت جامع و مدیریت منابع انسانی نام‌گذاری شده‌اند؛ خروجی‌هایی تولید می‌کنند که به منظور ارزیابی تولید ناب در سیستم اصلی که تحت عنوان سیستم تولید ناب نام‌گذاری شده است، بکارمی‌روند.



شکل (۱): چارچوب مدل طراحی شده در این تحقیق

فازی‌سازی

در این مرحله متغیرهای کلامی فازی سازی می‌شوند. برای فازی‌سازی متغیرها از تابع مثلثی رابطه (۱) استفاده شده است.

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

رابطه (۱)

$$\pi_A(x) \cong \begin{cases} \frac{x\ 0\ \delta}{m\ 0\ \delta} & \delta\ ?\ x\ ?\ m \\ 1 & x \cong m \\ \frac{\varepsilon\ 0\ x}{\varepsilon\ 0\ m} & m\ ?\ x\ ?\ \varepsilon \\ 0 & others \end{cases}$$

در این مقاله، اعداد فازی مثلثی مربوط به هر متغیر کلامی با نماد $(\delta,\ m,\ \varepsilon)$ نشان داده می‌شود. به منظور فازی سازی ورودی‌های سیستم‌های استنتاج سطح اول و سطح دوم از یک طیف سه گزینه‌ای با فاصله‌های یکسان استفاده شده است. برای مثال در جداول (۲) و (۳)، واژه‌های زبانی و اعداد فازی معادل برای سیستم استنتاج مدیریت کیفیت جامع در سطح اول و سیستم تولید ناب در سطح دوم نشان داده شده است.

جدول (۲): واژه‌های زبانی و اعداد فازی معادل هر واژه زبانی برای ورودی‌های سیستم استنتاج مدیریت کیفیت جامع

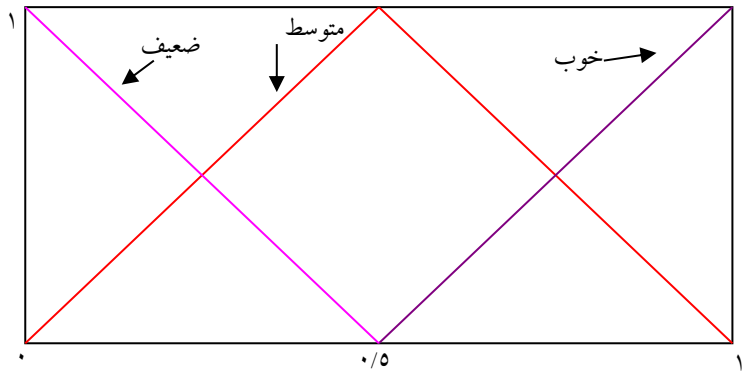
الگوبرداری رقابتی	برنامه‌های مدیریت کیفیت	مدیریت کیفیت جامع	توانایی ارزیابی فرایندها	برنامه‌های رسمی بهبود مستمر	عدد فازی معادل
ضعیف	ضعیف	ضعیف	ضعیف	ضعیف	(۰ ،۰ ،۰/۵)
متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	(۰ ،۰/۵ ،۱)
خوب	خوب	خوب	خوب	خوب	(۰/۵ ،۱ ،۱)

جدول (۳): واژه های زبانی و اعداد فازی معادل هر واژه زبانی برای ورودی های سیستم استنتاج تولید ناب

تولید به موقع	مدیریت تعمیرات و نگهداری	مدیریت کیفیت جامع	مدیریت نیروی انسانی	عدد فازی معادل
نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب	(۰ ،۰ ،۰/۵)
تاحدودی مناسب	تاحدودی مناسب	تاحدودی مناسب	تاحدودی مناسب	(۰ ،۰/۵ ،۱)
مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	(۰/۵ ،۱ ،۱)

هر کدام از واژه‌های زبانی را می‌توان به شکل نمودار نیز نشان داد. با توجه به اینکه هر یک از ورودی‌ها با سه واژه زبانی افرازبندی شده‌اند، عدد فازی معادل هریک از سه متغیر کلامی، به صورت شکل (۲) نشان داده می‌شود.

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572



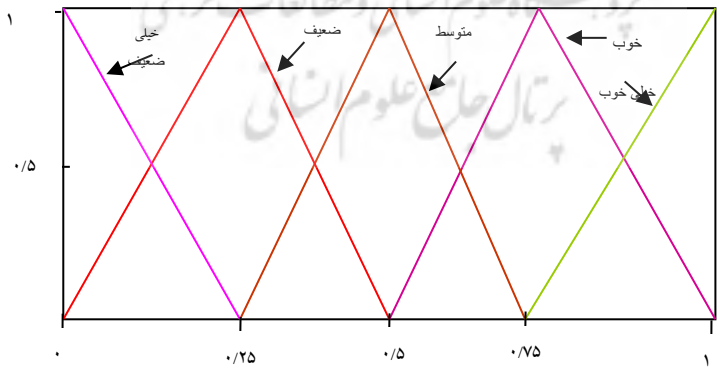
شکل(۲): تبدیل متغیرهای کلامی ورودی به اعداد فازی معادل

جدول (۳)، ضمن اینکه نشان دهنده ورودی‌های سیستم ارزیابی تولید به موقع می‌باشند، واژه‌های زبانی و اعداد فازی مربوط به خروجی‌های چهار سیستم اول را نیز نشان می‌دهند. همچنین برای فازی‌سازی خروجی سیستم نهایی که بر اساس شکل(۱)، نمره تولید ناب می‌باشد، از یک طیف پنج گزینه‌ای با فاصله‌های یکسان استفاده شده است. جدول (۴) و شکل (۳) واژه‌های زبانی و اعداد فازی معادل هر واژه زبانی را نشان می‌دهد.

جدول (٤): اعداد فازی معادل واژه های زبانی برای سیستم نهایی

نمره تولید ناب	عدد فازی
خیلی ضعیف	(۰ ۰ ۰/۲۵)
ضعیف	(۰ ۰/۲۵ ۰/۵)
متوسط	(۰/۲۵ ۰/۵ ۰/۷۵)
خوب	(۰/۵ ۰/۷۵ ۱)
خیلی خوب	(۰/۷۵ ۱ ۱)

نمره تولید ناب برای سازمان به عنوان تنها خروجی سیستم نهایی، دارای پنج حالت خیلی ضعیف ، ضعیف ، متوسط، خوب و خیلی خوب می‌باشد. همانطوری‌که در شکل (۳) نیز نشان داده شده است، توسط توابع فازی و نرم‌افزار MATLAB، این متغیر را می‌توان به عدد فازی تبدیل نمود.



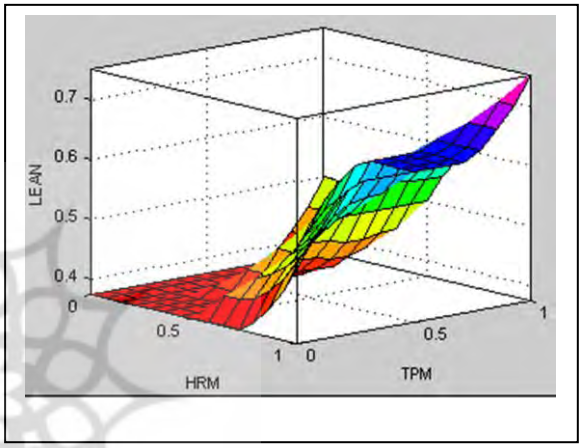
شکل(۳): تبدیل متغیرهای کلامی نمره تولید ناب به اعداد فازی معادل

تدوین قوانین استنتاج

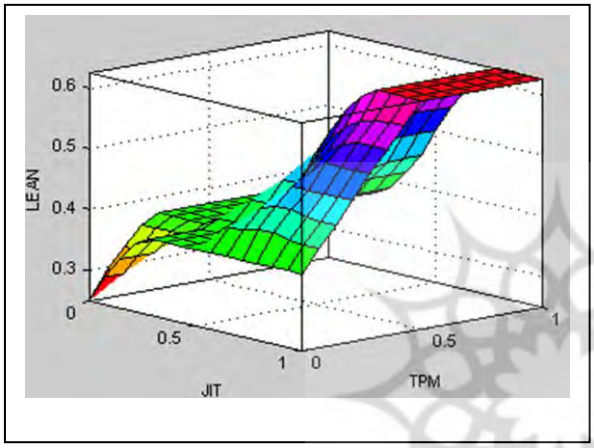
در این پژوهش برای هر کدام از سیستم‌های استنتاج، حداکثر قوانین تدوین شده‌اند. با توجه به اینکه در مدل ارائه شده پنج سیستم وجود دارد که ورودی‌های هر کدام به سه واژه زبانی تقسیم شده‌اند، بنابراین حداکثر تعداد قوانین قابل تدوین

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

برابر با k^n خواهد بود. در این رابطه k نشان دهنده تعداد واژه‌های زبانی و n نشان دهنده تعداد متغیرهای ورودی به هر سیستم خواهد بود. برای مثال با توجه به اینکه سیستم مدیریت کیفیت جامع دارای پنج ورودی می‌باشد که هر کدام به سه واژه زبانی تفکیک شده‌اند، بنابراین $۳^۵$ = ۲۴۳ قانون برای این سیستم وجود دارد. در این مرحله ابتدا قوانین اولیه‌ای تدوین شده و در اختیار تعدادی از اساتید و متخصصان آشنا با بحث تولید ناب قرار گرفت و از آنان خواسته شد تا با بررسی قوانین تدوین شده، نظرات خود را ارائه دهند، با جمع‌آوری نظرات ارائه شده و اصلاح برخی از قوانین، نتیجه گرفته شد که قوانین تدوین شده از روایی مناسبی برخوردارند. در این مرحله همچنین رفتار سیستم‌های استنتاج مختلف بر اساس نمودارها نیز بررسی شد تا از صحت قوانین تدوین شده اطمینان بیشتری حاصل گردد. برخی از نمودارهای رسم شده در شکل‌های (۴)، (۵)، (۶) و (۷)، رفتار ورودی‌های مختلف بر اساس قوانین تدوین شده در سیستم نهایی یا همان سیستم ارزیابی تولید ناب را نشان می‌دهند.



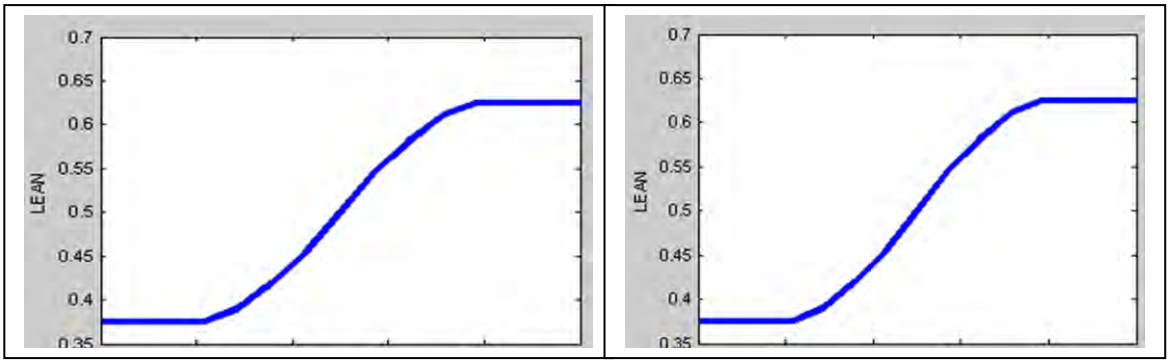
شکل (٤): رفتار نمره تولید ناب با تغییر ورودی‌های مدیریت منابع انسانی و مدیریت تعمیرات و نگهداری



شکل (٥): رفتار نمره تولید ناب با تغییر ورودی‌های تولید به موقع و مدیریت تعمیرات و نگهداری

در شکل (۴) و (۵) در حالت سه بعدی نشان داده شده است که با تغییر دو متغیر ورودی، خروجی سیستم نهایی چه نمره‌ای می‌گیرد. در این شکل‌ها سایر ورودی‌های بر اساس محدودیت‌های سه‌بعدی بودن ثابت نگه‌داشته شده‌اند. شکل (۴) نشان می‌دهد که با افزایش نمره مدیریت منابع انسانی و نمره مدیریت تعمیرات و نگهداری، نمره تولید ناب برای سازمان که در قسمت عمودی نمودار نشان داده شده است، افزایش می‌یابد. شکل (۵) نیز رفتار نمره تولید ناب را با تغییر دو ورودی تولید به موقع و مدیریت تعمیرات و نگهداری نشان می‌دهد. در این شکل نیز به وضوح مشخص است که با افزایش نمره ورودی‌ها، نمره تولید ناب برای سازمان افزایش می‌یابد. به طور کلی دو شکل (۴) و (۵) نشان می‌دهند که اگر نمره ورودی‌ها بیشتر شود، قطعاً نمره تولید ناب نیز برای سازمان افزایش می‌یابد. این رفتارها نشان‌دهنده تدوین درست و منطقی قوانین می‌باشد. در شکل‌های (۶) و (۷) نیز رفتار ورودی‌های به تنهایی بر روی نمره نولید ناب مطالعه شده است. همانگونه که در شکل (۶) مشاهده می‌شود با افزایش نمره تولید به موقع، نمره تولید ناب نیز افزایش می‌یابد. این رفتار در شکل (۷) نیز تکرار شده است. در شکل (۷) نیز با افزایش نمره مدیریت کیفیت جامع، نمره تولید ناب افزایش می‌یابد. اینها رفتارهایی می‌باشند که ما از سیستم انتظار داریم. به عبارتی در تدوین قوانین سعی شده است که قوانین به گونه‌ای تدوین شودند که با افزایش یک قابلیت، مانند تولید به موقع که از ابزارها و لوازم اصلی تولید ناب است، نمره تولید ناب نیز افزایش یابد.

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572



شکل (٦): رفتار نمره تولید ناب با تغییر متغیر تولید به موقع

شکل (۷): رفتار نمره تولید ناب با تغییر متغیر مدیریت کیفیت جامع

علاوه بر نمودارهای فوق، نمودارهای دیگری نیز در جهت اطمینان از درستی قوانین تدوین شده، مورد مطالعه قرار گرفت. در این نمودارها، رفتار دو به دو ورودی‌ها با یکدیگر بر روی خروجی هر یک از سیستم‌ها مورد توجه قرار گرفت تا از صحت قوانین تدوین شده اطمینان حاصل گردد. بررسی نمودارها برای تمامی سیستم‌ها و قوانین تدوین شده انجام گرفته تا از صحت تدوین قوانین اطمینان حاصل گردد.

مطالعه موردی

در این قسمت از مدل طراحی شده به منظور اندازه‌گیری نمره تولید ناب در یک شرکت تولیدکننده ماشین‌آلات و تجهیزات استفاده شده است. با توجه به ماهیت تولید ناب که تقریباً با کل واحدهای سازمان درگیر است، جامعه آماری این تحقیق شامل مدیران، روسا و سرپرستان خطوط تولید در واحدهای مختلف این شرکت بوده است. تعداد این افراد در شرکت ۳۰ نفر شناسایی شده است. به دلیل محدود بودن اعضای جامعه آماری، کل اعضای آن مورد پیمایش قرار گرفته و از نمونه‌گیری استفاده نشده است. به منظور تعیین اندازه ورودی‌های سیستم‌های مختلف و در نهایت سیستم اصلی از پرسشنامه استفاده شده است. روایی پرسشنامه مورد استفاده به صورت روایی صوری تعیین شده است؛ به این ترتیب که ابزار اندازه‌گیری در اختیار تعدادی از متخصصان و اساتید دانشگاه قرار گرفته و از آنان خواسته شده است پس از مطالعه، نظرات خود را در مورد روایی پرسشنامه اعلام نمایند. پس از جمع آوری اظهار نظرهای اعلام شده و اصلاح برخی سؤالات نتیجه گرفته شد که پرسشنامه مورد نظر از روایی بالایی برخوردارند. برای اندازه‌گیری پایایی پرسشنامه نیز از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شده است. مقدار این ضریب برای تولید به موقع ۰/۷۸۵، برای مدیریت کیفیت جامع ۰/۸۷۵، مدیریت تعمیرات و نگهداری ۰/۸۳۳ و مدیریت منابع انسانی ۰/۷۶۲ محاسبه شده است. با توجه به مقدار ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شده برای هر یک از ورودی‌های سیستم، نتیجه گرفته می‌شود که پرسشنامه طراحی شده از پایایی بالایی برخوردار می‌باشد.

پس از توزیع و جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، پاسخ های هر کدام از اعضای جامعه آماری به هر کدام از پرسش‌هایِ پرسشنامه با استفاده از تابع مثلثی به عدد فازی تبدیل شده‌اند. سپس میانگین فازی (مثلثی) برای هر پاسخنامه محاسبه شده است. این میانگین نشان دهنده نظر یک نفر از اعضای جامعه آماری به یک پرسشنامه است. در نهایت میانگین نظرات ۳۰ نفر از اعضای جامعه آماری در خصوص هر معیار محاسبه شده است. بدین ترتیب برای هر معیار عددی که نشان دهنده نظرات ۳۰ نفر است، بدست آمده است. میانگین بدست آمده فازی است، بنابراین می بایست فازی زدائی شود. برای فازی زدائی از رابطه (۲) استفاده شده است. در نهایت اعداد بدست آمده برای هر معیار، وارد سیستم استنتاج تدوین شده،

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

گردیده و خروجی سیستم که نشان دهنده نمره هر یک از زیر سیستم‌های طراحی شده می‌باشد، بدست آمده است. نتایج این محاسبات در جدول (۵) نشان داده شده است.

رابطه (۲)

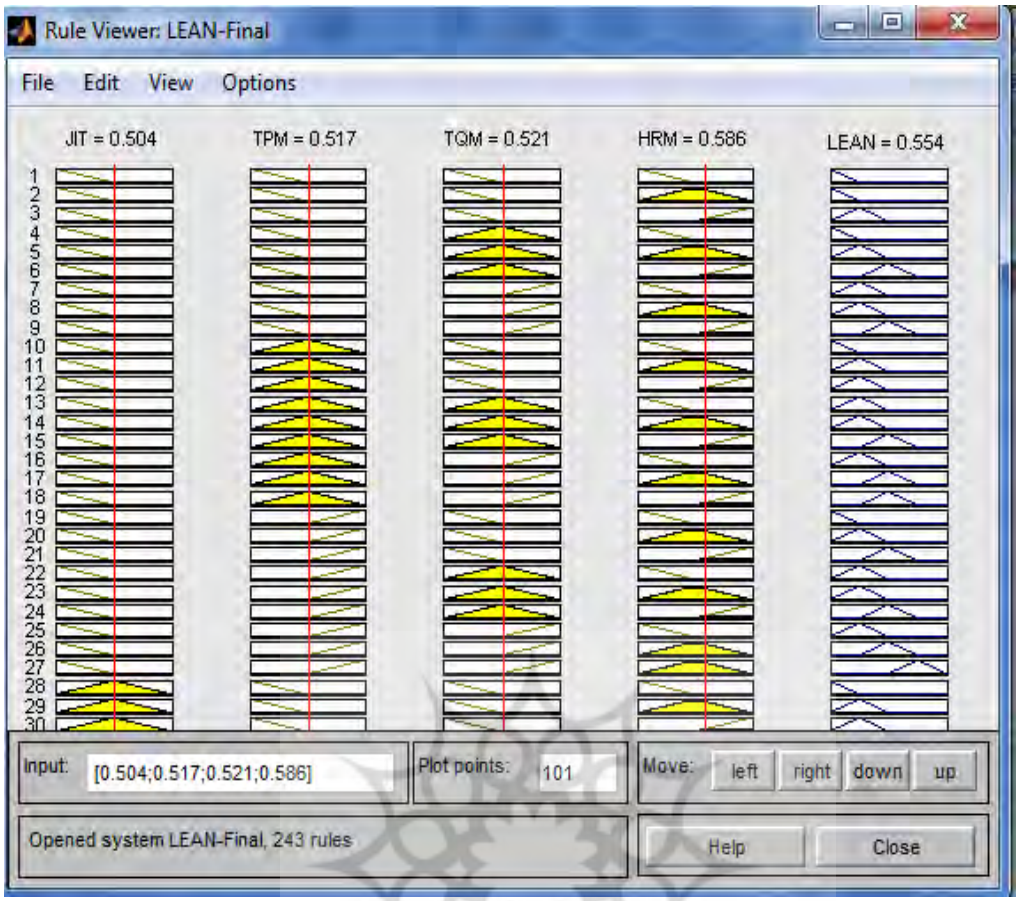
$$COA \cong \frac{\text{+}\varepsilon\ 0\,\delta, .\ \text{+}m\,0\,\delta,}{3} .\ \delta$$

جدول (۵): نتایج حاصل از محاسبات انجام شده برای ورودی ها و خروجی های سطح اول سیستم

نوع سیستم استنتاج	ورودی‌های سیستم	نمره فازی هر ورودی	نمره قطعی هر ورودی	خروجی سیستم	نمره خروجی سیستم
تولید به موقع (JIT)	جریان پیوسته تولید	(۰/۱۹۳ ،۰/۳۳۳ ،۰/۸۲۱)	۰/۴۴۹	نمره تولید به موقع	۰/۵۰۴
	سیستم کششی	(۰/۲۴۹ ،۰/۴۵۸ ،۰/۹۰۳)	۰/۵۳۷		
	تولید سلولی	(۰/۳۰۴ ،۰/۴۹۵ ،۰/۸۵۵)	۰/۵۵۱		
	استراتژی‌های تولید چابک	(۰/۲۰۸ ،۰/۵۰۳ ،۰/۸۶۴)	۰/۵۲۵		
	تکنیک‌های تغییرات سریع	(۰/۲۸۳ ،۰/۴۸۹ ،۰/۸۹۳)	۰/۵۵۵		
مدیریت تعمیرات و نگهداری (TPM)	تعمیرات نگهداری پیش‌گیرانه	(۰/۲۹۱ ،۰/۵۷۴ ،۰/۸۵۱)	۰/۵۷۲	نمره مدیریت تعمیرات و نگهداری	۰/۵۱۷
	بهینه‌سازی تعمیرات	(۰/۳۱۳ ،۰/۵۲۴ ،۰/۸۸۷)	۰/۵۷۵		
	برنامه‌های بهبود ایمنی	(۰/۲۲۲ ،۰/۴۰۴ ،۰/۸۰۴)	۰/۴۷۷		
	استراتژی‌های برنامه-ریزی تعمیرات	(۰/۳۲۱ ،۰/۵۴۱ ،۰/۹۲۴)	۰/۵۹۵		
	تجهیزات و فناوری جدید	(۰/۳۰۷ ،۰/۴۰۹ ،۰/۷۹۱)	۰/۵۰۲		
مدیریت کیفیت جامع (TQM)	الگوبرداری رقابتی	(۰/۲۱۴ ،۰/۴۲۱ ،۰/۸۴۵)	۰/۴۹۳	نمره مدیریت کیفیت جامع	۰/۵۲۱
	برنامه‌های مدیریت کیفیت	(۰/۱۹۷ ،۰/۳۲۱ ،۰/۷۹۱)	۰/۴۳۶		
	مدیریت کیفیت جامع	(۰/۳۰۷ ،۰/۶۲۱ ،۰/۹۰۸)	۰/۶۱۲		
	توانایی ارزیابی فرایندها	(۰/۲۴۷ ،۰/۵۰۶ ،۰/۹۴۴)	۰/۵۶۶		
	برنامه‌های رسمی بهبود مستمر	(۰/۲۳۸ ،۰/۵۳۲ ،۰/۸۹۹)	۰/۵۵۶		
مدیریت منابع انسانی(HRM)	تیم‌های کاری خودگردان	(۰/۲۶۷ ،۰/۵۱۱ ،۰/۹۱۱)	۰/۵۶۳	نمره مدیریت منابع انسانی	۰/۵۸۶
	نیروی کار انعطاف-پذیر	(۰/۳۰۹ ،۰/۶۱۲ ،۰/۹۲۳)	۰/۰/۶۱۵		

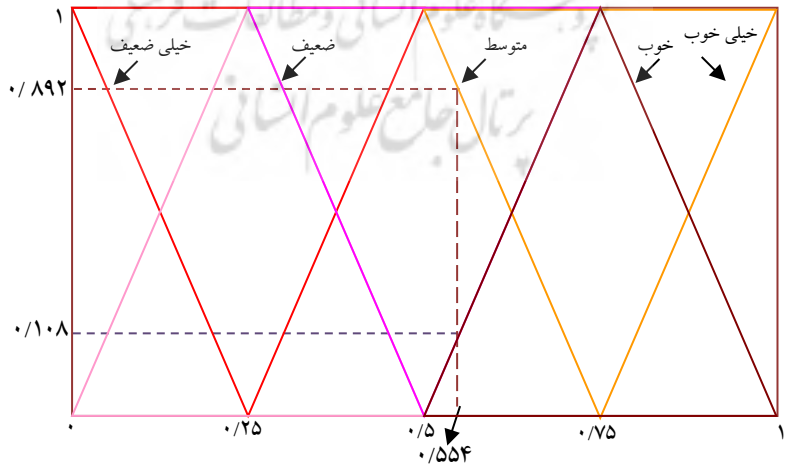
نتایج بدست آمده از نمره خروجی‌های هر یک از سیستم‌ها، در مرحله بعدی وارد سیستم نهایی شده است تا نمره تولید ناب برای سازمان بدست آید. با توجه به شکل (۸) که مقدار ورودی‌های سیستم نهایی و خروجی آن را نشان می‌دهد، نمره تولید ناب در شرکت مورد بررسی ۰/۵۵۴ محاسبه شده است.

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572



شکل(۸): نمره تولید ناب در سیستم نهایی

در ادامه درجه عضویت نمره تولید ناب در واژه‌های زبانی جدول (۴) نیز محاسبه گردیده است که در شکل (۹) نشان داده شده است.



شکل(۹): تعیین درجه عضویت نمره تولید ناب در واژه‌های زبانی

شکل (۹) نشان می‌دهد که نمره تولید ناب در شرکت تولیدکننده ماشین‌آلات و تجهیزات با درجه عضویت ۰/۸۹۲ در حد متوسط و با درجه عضویت ۰/۱۰۸ در حد خوب می‌باشد. درجه عضویت‌های بدست آمده نشان می‌دهد که میزان تولید

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

ناب در شرکت تولیدکننده ماشین‌آلات و تجهیزات نزدیک به متوسط بوده و شرکت برای تبدیل شدن به تولیدکننده ناب ابزارهای کافی در اختیار دارد؛ ولی بایستی قابلیت‌های خود را به این منظور افزایش دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتیجه‌گیری و بحث

با وجود محبوبیت تولید ناب، بسیاری از شرکت‌ها در پیاده‌سازی و بکارگیری تولید ناب با مشکل مواجه 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 که روش‌های کاربردی‌تری در این حوزه تدوین گردد. بر همین اساس نیز بسیاری از محققان مدل‌هایی را در این رابطه تدوین نموده‌اند. بررسی و تحلیل مدل‌های تدوین شده در حوزه تولید ناب نمایان‌گر این نکته است که اولاً مدل‌های تدوین شده، بیشترین توجه خود را به شناسایی و معرفی عوامل موثر بر موفقیت تولید ناب متمرکز نموده‌اند. این پژوهش‌ها نوعی نگرش ساده انگارنه به مسئله داشته‌اند و بیشتر در حد معرفی متغیرهایی بوده-اند که به صورت جهانشمول تمامی سازمان‌ها را شامل می‌گردد. ثانیاً برخی از مدل‌هایی نیز که به طور مستقیم به ارزیابی تولید ناب توجه داشته‌اند، در نهایت با استفاده از مدل‌های آماری و یا برخی از مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و با یک نگاه خطی کار خود را به اتمام رسانده‌اند و حد وسطی در دو سر این طیف برای سازمان‌ها قائل نشده‌اند. تحقیق انجام شده توسط دولن و هاکر (۲۰۰۵) نمونه‌ای از این تحقیقات است. تحقیقات دیگری نیز وجود داشته‌اند که با هدف ارائه مدل برای ارزیابی تولید ناب انجام شده‌اند ولی به طور مستقیم نتوانسته‌اند در رابطه با ارزیابی تولید ناب در سازمان اطلاعات قابل درکی ارائه نمایند؛ این پژوهش‌ها همانگونه که قبلاً نیز گفته شد، بیشترین تمرکز خود را به شناسایی و ارائه مجموعه‌ای از متغیرها برای ارزیابی تولید ناب داشته‌اند. پژوهش انجام شده توسط شاه و وارد (۲۰۰۷) را می‌توان در این گروه قرار داد. در این مقاله با تمرکز بر نقاط قوت و ضعف تحقیقات قبلی سعی شد تا مدلی بر مبنای سیستم استنتاج فازی ارائه شود که با تولید نمره‌ای قادر باشد به طور مشخص وضعیت سازمان را در رابطه با تولید ناب مشخص نماید. در این مدل ابتدا عوامل موثر بر تولید ناب مشخص گردیده و سپس سیستمی دو سطحی به منظور ارزیابی تولید ناب ارائه شد. در مدل دو سطحی ارائه شده، ابتدا شاخص‌ها و یا همان عوامل موثر بر تولید ناب مورد سنجش قرار گرفت و در نهایت با استفاده از نمره تولید شده برای هر از این سیستم‌ها، نمره تولید ناب در یک سیستم مجزا که به عنوان سیستم نهایی بوده و ورودی‌های آن، خروجی‌های سیستم‌های قبلی بوده‌اند، بدست آمد.

محدودیت‌ها و پیشنهادات

در این تحقیق از پرسشنامه استفاده شده است؛ بر همین اساس نیز با توجه به محدودیت‌های پرسشنامه در تشخیص وضعیت واقعی و موجود پاسخ دهندگان، 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 تدوین سیستم‌های استنتاج سطح اول تحقیق، معیارهای محدودی در نظر گرفته شده بود که شاید مورد انتقاد برخی از محققان قرار گیرد که تعداد عوامل موثر می‌توانست خیلی بیشتر از معیارهای در نظر گرفته شده در این تحقیق باشد، به خصوص که در این حوزه تحقیقات فراوانی نیز وجود داشته است. در این خصوص هدف نویسندگان مقاله بیشتر ارائه چارچوب مدل و نشان دادن کارایی مدل ارائه شده است، بر همین اساس نیز پیشنهاد می‌گردد تا در تحقیقات بعدی،

www.jamv.ir
ISSN: 2645-4572

محققان با مبنا قرار دادن مدل ارائه شده این تحقیق، تعداد عوامل موثر، معیارها و حتی تعداد سیستم‌های استنتاج فازی سطح اول را بر پایه ادبیات تحقیق افزایش دهند و جامعیت بیشتری به مدل ارائه شده بدهند.

افزایش متغیرهای ورودی باعث می‌گردد که تعداد قوانین قابل تدوین افزایش یابد؛ این امر هم باعث ابهام بیشتر در تحلیل قوانین و هم بسیار وقت‌گیر خواهد بود؛ بر همین اساس پیشنهاد می‌گردد تا محققان با افزایش ورودی‌ها، به منظور دستیابی به قوانین کمتر و بهینه‌تر، تلفیقی از سیستم استنتاج و الگوریتم‌های فراابتکاری را بکار گرفته و تعداد بهینه قوانین را با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری تعیین نمایند.

در این تحقیق در تدوین قوانین استنتاج، به خصوص قوانین استنتاج سیستم نهایی، هیچگونه وزنی برای ورودی‌های سیستم در نظر گرفته نشده است، شاید بتوان یکی از نقاط ضعف سیستم‌های استنتاج تدوین شده در این تحقیق را به این نکته نسبت داد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد تا در تحقیقات بعدی، محققان ضمن تعیین اوزان هر یک از ورودی‌ها، قوانین تدوین شده را نیز بر پایه اوزان ورودی‌ها، وزن‌دار نموده و سیستم‌ها را بر اساس قوانین موزون طراحی نمایند. هر چند ذکر این نکته نیز ضروری است که در طراحی و تدوین سیستم‌های استنتاج این تحقیق، قوانین تدوین شده در مراحل مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است، پس می‌توان اعتماد بیشتری به نتایج بدست آمده داشت.

منابع

- ✓ ایرانزاده، سلیمان، سلطانی فسقندیس، غلامرضا، (۱۳۸۸)، مدیریت و تولید در کلاس جهانی، چاپ اول، تبریز: انتشارات فروزش.
- ✓ جعفرنژاد، احمد، (۱۳۸۵)، مدیریت تولید و عملیات نوین، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.
- ✓ سید حسینی، سید محمد، صفاکیش، محسن، (۱۳۸۶)، مبانی جامع و پیشرفته مدیریت تولید و عملیات در سازمانهای تولیدی و خدماتی، جلد چهارم، چاپ اول، انتشارات سازمان مدیریت صنعتی.
- ✓ طلوعی اشلقی، عباس، معتدل، محمدرضا، احتشام راثی، رضا، (۱۳۸۸)، ارایه مدل تحلیلی در استقرار نظام تولید ناب (مطالعه موردی: صنعت چرم و کفش استان تهران)، پژوهشگر، دوره ۶، شماره ۱۳، صص ۳۶-۴۵.
- ✓ Allway, M., Corbett, S. (2002). Shifting to lean service: stealing a page from manufacturers' playbooks. Journal of Organizational Excellence, 21(2): 45–54.
- ✓ 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.
- ✓ Behrouzi, F., & Wong, K.Y. (2011). Lean Performance Evaluation of manufacturing systems: A dynamic and innovative approach, Procedia Computer Science 3: 388–395.
- ✓ Bonavia T., Marin, J.A.(2006), An empirical study of lean production in the ceramic tile industry in Spain, International Journal of Operations & Production Management, Vol.26, No.5, pp.505-531.
- ✓ Bonissone,P.P. (1983), Delta: An Expert System To Troubleshoot Diesel Electrical Locomotive, Proceeding Of Acm ,New York, pp .44- 45.
- ✓ Cua, K.O., McKone, K.E. & R.G. Schroeder (2001), Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. Journal of Operations Management, Vol.19, No.2, pp.675–694.
- ✓ 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.

- ✓ 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. and Michel, EJ. (2001). The Lean Company: Making the Right Choices. Dearborn, MI: Society of Manufacturing Engineers.
- ✓ 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.
- ✓ 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. and Fisher, M.L. (1996). Product variety and manufacturing performance: Evidence from the international automotive assembly plant study. Mgmt. Science, 42: 350-369.
- ✓ 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, Vol.13, No.2, pp.104-109.
- ✓ Nightingale, D.J. and Mize, J.H. (2002). Development of a lean enterprise transformation maturity model. ln/ommtion, Knowledge, Systems Mgmt, 3: 15-30.
- ✓ Panizzolo R. 1998. Applying the lessons learned from 27 lean manufacturers. The relevance of relationship management." lnt'l Journal of Production Economics, 55: 223-240.
- ✓ Perez, M.P. and Sanchez, A.M. (2000). Lean production and supplier relations: A survey of practices in the Aragonese automotive industry. Technovation, 20: 665-676.
- ✓ Shah, R. and Ward, P.T. (2003). Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance. Journal of Operations Management, 21: 129-149.
- ✓ Shah, R. and Ward, P.T. (2007). Defining and developing measures of lean production, Journal of Operations Management, 25: 785–805.
- ✓ 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., & 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
- ✓ 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.
- ✓ 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.