فصلنامه علمی ° پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی ° سال چهاردهم، شماره ۴۳، زمستان ۹۵
صفحات ۱۶۳-۱۸۸

ارائه یک سیستم پشتیبان تصمیم فازی جهت انتخاب مناسب‌ترین چیدمان جریان تولید ناب

کیوان شاه‌قلیان،* میثم علیزاده سیاهکل**

تاریخ دریافت:۹۴/۱۰/۹
تاریخ پذیرش:۹۵/۷/۳

چکیده

یکی از مسائل مهم جهت کاهش اتلاف و به دنبال آن افزایش بهره‌وری در سازمان‌های تولیدی، داشتن چیدمان تولیدی روان و درست می‌باشد. سازمان‌ها می‌توانند با پیش‌رو قرار دادن الگو تفکر ناب به بهره‌ور کردن چیدمان جریان تولید پرداخته و محصولات نهایی را با حداقل اتلاف تولید نمایند. هدف از این تحقیق، ارائه مدلی جهت کمک به فرآیند تصمیم‌گیری مدیران صنایع در امر انتخاب مناسب‌ترین الگوی چیدمان جریان تولید از لحاظ میزان اتلاف در واحدهای تولیدی است؛ لذا این امر با در نظر گرفتن معیارهای سطح موجودی، حمل و نقل، زمان تحویل و کیفیت محصول انجام گرفته است. برای ارزیابی و انتخاب چیدمان‌ها براساس معیارهای ذکر شده از سیستم استنتاج فازی استفاده شده است. ورودی این سیستم، امتیاز هر یک از چیدمان‌های جریان تولید در هر معیار است، که با روش ANP بدست آمده و خروجی آن میزان اتلاف هر یک از چیدمان‌های جریان تولید است. جهت شبیه سازی سیستم استنتاج فازی ارائه شده از نرم‌افزار Matlab استفاده شده است. در نهایت چیدمان محصولی با اختلاف کمی نسبت به چیدمان گروهی (سلولی)، کم‌ترین میزان اتلاف را به خود اختصاص داده و به عنوان مناسب‌ترین چیدمان جریان تولید ناب برای شرکت مورد مطالعه انتخاب شده است.

واژگان کلیدی: *اتلاف، چیدمان محصولی، چیدمان فرآیندی، چیدمان گروهی (سلولی)، سیستم استنتاج فازی*

---

*استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، گروه مدیریت، قزوین (نویسنده مسئول)
kshahgholian@yahoo.com
**دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، گروه مهندسی صنایع، قزوین

مقدمه

سیستم تولید ناب یکی از پیشرفته‌ترین سیستم‌های برنامه‌ریزی و کنترل بوده که به لحاظ جامعیت و تحت تأثیر قرار دادن سایر برنامه‌ریزی‌های جامع مدیریتی، در صدر سیستم‌های برتر تولیدی قرار گرفته است. تولید ناب که با نام سیستم تویوتا شناخته می‌شود، به مفهوم تولید بیشتر با صرف زمان، فضا، فعالیت‌های انسانی، ماشین‌آلات و مواد کمتر است. در تولید ناب هدف اصلی به حداقل رساندن کلیه اتلاف‌ها و ضایعات و همچنین به حداکثر رساندن بهره‌وری از تسهیلات، منابع انسانی و سرمایه می‌باشد (اسدی و همکاران،۱۳۹۰). حذف اتلاف ساده‌ترین و عمومی‌ترین توصیفی است که در رابطه با تولید ناب می‌توان ارائه کرد، زیرا تمامی تعاریف، توصیف‌ها و مدل‌هایی که در رابطه با تولید ناب ارائه شده‌اند در این مورد اشتراک نظر دارند. اما اتلاف چیست؟ در ساده‌ترین بیان به هر فعالیتی (انسان یا ماشین) اطلاق می‌گردد که جاذب و مصرف کننده منابع است ولی ارزشی نمی‌آفریند (یا ارزش متناسب با منابع مصرف شده را نمی‌آفریند). اوهنو، اتلاف‌ها را چنین فهرست می‌کند: محصولات معیوب، تولید بیش از اندازه کالاهای غیر ضروری، حمل و نقل غیر ضروری کالاها، مواد و قطعات، انتظار نیروی کار برای ملزومات یا برای تحقق فعالیتی در بالا دست جریان، موجودی کالاهایی که منتظر انجام پردازش بیشتر یا مصرف در فاصله‌ای دورتر هستند، پردازش غیر لازم، حرکت غیر ضروری نیروی انسانی. ووماک و همکاران، دو مورد دیگر به موارد هفت گانه فوق اضافه کرده‌اند که عبارتند از: کالاها و خدماتی که به نیاز مصرف کننده پاسخ نمی‌گویند، تجهیزات و امکاناتی که به نحوی بهینه استفاده نمی‌گردند.به قول بلک و هانتر، اتلاف به هر چیزی اتلاق می‌شود که انجام آن موجب افزایش ارزش نمی‌گردد ولی مشتری بابت آن پرداخت می‌کند. به زعم بلک، ایجاد کننده‌های موج ناب (یعنی ژاپنی‌ها) به دو اصل زیر بنایی اعتقاد واقعی داشتند، یکی این که در صنعت باید کلیه اتلاف‌ها حذف شود و دیگر این که سرمایه اصلی سازمان‌ها نیروی انسانی می‌باشد. از دیدگاه سوزاکی وکوچران، اتلاف شامل موارد زیر می‌باشد: تولید بیش از حد لازم: اتلاف از طریق

تولید خیلی زیاد یا خیلی زودتر از موعد مقرر، نقص‌ها: اتلاف به دلیل وجود نقص‌ها در تولید که موجب افزایش هزینه از طریق دوباره‌کاری یا دور انداختن محصول می‌گردد، حمل و نقل: اتلافات از طریق جا به جایی چند گانه و غیر ضروری مواد و قطعات، بیکاری نیروی کار: اتلاف به واسطه انتظار کارگر برای ماشین یا مواد، موجودی: اتلاف به واسطه به وجود آمدن هزینه‌های اضافی مرتبط با موجودی مازاد، همچنین مدیریت فضا، مواد، افراد اضافی مرتبط با این موجودی مازاد، حرکت: اتلاف از طریق جا به جایی غیر ضروری نیروی کار، فرآیند: اتلاف از طریق گام‌های غیر ضروری فرآیند (توکلی، ۱۳۸۶).

با توجه به مطالب ذکر شده یکی از مسائلی که می‌تواند بسیار موثر و تعیین کننده در امر کاهش و یا حذف اتلاف در یک سیستم تولیدی مورد توجه قرار گیرد، نحوه چیدمان تسهیلات در یک واحد تولیدی است. چیدمان جریان تولید، صاحبان صنایعی در حد قابل قبولی بهره‌ور می‌باشد که قادر به کاهش و یا حذف اتلاف در واحدهای تولیدی خود هستند. لذا مسئله طراحی چیدمان را می‌توان به عنوان یک موضوع استراتژیک در نظر گرفت که تأثیر بسزایی در عملکرد سیستم تولیدی خواهد داشت (Yang and Hung, 2007). از اینرو سازمان‌ها می‌توانند با پیش‌رو قرار دادن الگو تفکر ناب به بهره‌ور کردن چیدمان جریان تولید خود بپردازند.چهار نوع چیدمان پایه جانمایی (الگوی چیدمان جریان تولید) وجود دارد: چیدمان محصولی، چیدمان فرآیندی، چیدمان موقعیت ثابت، چیدمان گروهی (سلولی) (Drira et al., 2007). با توجه به این که عمدتاً در صنایع تولیدی از سه الگوی چیدمان جریان تولید یعنی: چیدمان محصولی، چیدمان فرآیندی و چیدمان گروهی (سلولی) استفاده می‌شود، لذا به بررسی این سه الگوی چیدمان در ارتباط با اتلاف موجود در یک سیستم تولیدی خواهیم پرداخت.

چیدمان محصولی: این نوع چیدمان اساساً برای تولید محصولاتی با تعداد زیاد و فرآیندهای تولیدی مشابه به کار می‌رود. به طور کلی، در تولید به روش جریان متوالی، تولید انبوه و فرآیندهای دسته‌ای از چیدمان محصولی استفاده می‌کنند. ویژگی‌های مهم و کلیدی این نوع چیدمان، نحوه استقرار تجهیزات براساس توالی عملیاتی می‌باشد، که باید برای تولید انجام

شوند. بر این اساس محصولات در یک مسیر متوالی از یک بخش به بخش بعدی انتقال می‌یابند. چیدمان فرآیندی: چیدمان فرآیندی شامل یک گروه‌بندی عملکردی از ماشین‌آلات و یا فعالیت‌هایی که کار مشابهی انجام می‌دهند، می‌شود. بنابراین فرآیند تولید هر محصول، جریان مواد را در چیدمان فرآیندی تعیین می‌کند. چیدمان گروهی (سلولی): در واقع ابتدا واحدها بر حسب تشابه دسته بندی می‌شوند و سپس نحوه استقرار تجهیزات و ماشین‌آلات مزبور به هر یک از دسته‌ها که شامل اجزای مشابه هستند تعیین می‌شود (متقی و حسین‌زاده، ۱۳۸۶).

پیشینه تحقیق

بررسی پیرامون مقالات و کتب چاپ شده در زمینه تولید ناب نشان می‌دهد که از سال ۱۹۹۰ تاکنون مقالات متعدد و متنوعی در رابطه با این موضوع منتشر شده که خود حاصل تحقیقات گسترده‌ای است که در این باره صورت گرفته است. اما نکته قابل توجه این است که در رابطه با مبحث چیدمان ناب کار زیادی صورت نگرفته است. به عنوان نمونه می‌توان به مطالعاتی که توسط هو و همکاران (Hu et al., 2000)، پاتنایک و شارما (Pattanaik and Sharma, 2009)، شاهین و جانتین (Shahin and Janatyan, 2010)، الکس و همکاران (Alex et al., 2010)، زونگ-زی و شیائو-یو (Zong-ze and Xiao-yu, 2011)، ساندین و همکاران (Sundin et al., 2011)، ژانیون و همکاران (Zhenyuan et al., 2011) و بازن و همکاران (Bouzon et al., 2012) روی بهبود طرح چیدمان تجهیزات به کمک مفاهیم تولید ناب صورت گرفته اشاره کرد.داسیلوا و کاردوزا، تجزیه و تحلیل انواع مختلف چیدمان از منظر فلسفه تولید ناب را مورد توجه قرار دادند (Da Silva and Cardoza, 2010). دی-کارلو و همکاران، برای طراحی چیدمان یک خط تولید (با ظرفیت کم)، اقدام به طراحی‌های جداگانه با سه روش SLP، ناب و روش تجربی کردند. و با یک مطالعه موردی به سنجش هر یک از سه روش طراحی، از لحاظ بهره‌وری، زمان حمل و نقل و

هزینه‌ها پرداختند. نتایج حاصل نشان از برتری روش تولید ناب نسبت به سایر روش‌ها دارد (De Carlo et al., 2013). در نهایت پالکارت و همکاران، با بکارگیری اصول ناب، تجزیه و تحلیل ارگونومی و بهبود در چیدمان تسهیلات به موضوع کاهش زمان چرخه در خط مونتاژ یک واحد تولیدی پرداختند. آن‌ها به طور عمده تمرکز خود را بر روی افزایش بهره‌وری خط مونتاژ از طریق شناسایی و حذف فعالیت‌هایی که دارای ارزش افزوده نیستند و همچنین ایجاد تغییرات در ایستگاه‌های کاری، بهبود چیدمان از طریق حذف حرکات اضافی (غیر ضروری) اپراتورها، کاهش محتوای کار از طریق تجزیه و تحلیل وضعیت اپراتورها (با استفاده از REBA) اقدام کردند (Pulkurte et al., 2014).

با توجه به اهمیت و استراتژیک بودن انتخاب نوع چیدمان جریان تولید و نقش تعیین کننده آن در کاهش(حذف) اتلاف موجود در یک سیستم تولیدی، ضرورت وجود یک تکنیک قوی که بتواند چیدمان جریان تولید را ارزیابی و تصمیم‌گیرنده را در این نوع تصمیمات استراتژیک یاری کند، کاملاً محسوس است؛ از آنجایی که تصمیم‌گیری در مورد انتخاب نوع چیدمان، بر مبنای دانش کارشناسان یا استدلال افرادگرفته می‌شود و این امر نیز با قضاوت‌های ذهنی، اطلاعات مبهم و متغیرهای زبانی در اکثر معیارهای ارزیابی چیدمان جریان تولید همراه است؛ لذا یکی از رویکردهای شناخته شده برای تصمیم‌گیری بر مبنای اطلاعات مبهم منطق فازی است. منطق فازی قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم‌هایی که نادقیق و مبهم هستند را صورت‌بندی ریاضی کرده و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد. از این رو زمینه‌ای مناسب جهت استفاده از کارکردهای منطق فازی پدید آمده است؛ در مقاله حاضر، به منظور افزایش هدف‌مندی و اثربخشی در تصمیم‌گیری از سیستم استنتاج فازی، به عنوان یک مدل پشتیبان تصمیم فازی، جهت تصمیم‌گیری بهتر استفاده شده است. علت استفاده از سیستم استنتاج فازی در میان انواع مختلف روش‌های فازی ارائه شده، هوشمند بودن این روش است. منظور از هوشمند بودن، این است که رفتاری مشابه انسان دارد و همه قواعد تعریف شده برای آن را به طور هم‌زمان

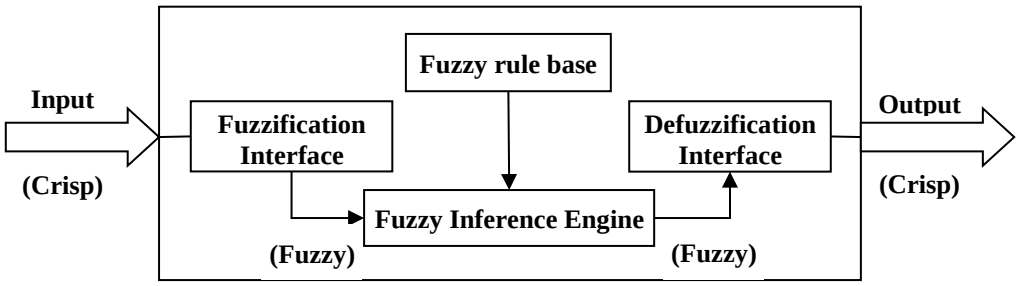
در نظر می‌گیرد و این، همان کاری است که انسان در فعالیت‌های روزمره بارها آن را به کار می گیرد.

ورودی‌های سیستم استنتاج فازی پیشنهادی، امتیاز هر یک از چیدمان‌ها در هر معیار است که با استفاده از تکنیک ANP به دست آمده است. این سیستم ورودی‌ها را می‌گیرد و پس از یک سری اعمال که بر روی آن‌ها و قواعد نوشته شده انجام می‌دهد، خروجی- که همان میزان اتلاف هریک از چیدمان‌های جریان تولید است- را تحویل می‌دهد.جهت شبیه سازی سیستم استنتاج فازی از نرم‌افزار Matlab که محیط مناسبی برای شبیه‌سازی چنین سیستم‌هایی می‌باشد، استفاده شده است.

روش تحقیق

استفاده از تقریب و البته تحلیل موثر رفتار سیستم به طور تقریبی یک رویکرد جدید در تحلیل سیستم‌ها است. یک سیستم فازی سیستمی است که اطلاعات ورودی آن به طور نادقیق (فازی)، پردازش سیستم به صورت تقریبی (فازی) و تصمیم‌گیری سیستم نیز در شرایط فازی انجام می‌شود. روش‌های مختلفی برای مدل سازی اطلاعات ورودی سیستم، پردازش و تبدیل به تصمیم وجود دارد که یکی از آن‌ها استفاده از قوانین فازی با ساختار اگر-آن‌گاه است. یک سیستم استنتاج فازی از چهار بخش اصلی تشکیل شده است. ۱) یک فازی‌ساز در ورودی که مقدار عددی متغیرها را به یک مجموعه فازی تبدیل می‌کند. ۲) پایگاه قواعد فازی که مجموعه‌ای از قواعد اگر- آن‌گاه است. ۳) موتور استنتاج فازی که ورودی‌ها را با یک سری اعمال به خروجی تبدیل می‌کند. ۴) دیفازی‌ساز که خروجی فازی را به یک عدد قطعی تبدیل می‌کند. شکل ۱ مراحل یک سیستم استنتاج فازی (از نوع سیستم‌های فازی‌ساز و غیر فازی‌ساز) را نشان می‌دهد (وانگ، ۱۳۸۷).

شکل ۱: سیستم‌های فازی‌ساز و غیر فازی‌ساز (وانگ، ۱۳۸۷)



این تحقیق به منظور ارزیابی و انتخاب چیدمان جریان تولید با رویکرد حذف اتلاف، اقدام به پیاده سازی مدل پیشنهادی در "شرکت کابل البرز" نموده است. از آنجا که تعداد ۳۷ نفر از خبرگان و کارشناسان با تجربه شرکت، دارای شناخت و اطلاعات کافی در زمینه چیدمان جریان تولید هستند؛ لذابه دلیل محدودیت افراد جامعه، نظرات تمامی افراد مورد بررسی قرار گرفته و تحقیق فاقد نمونه‌گیری است. مدل پیشنهادی در این تحقیق از سه مرحله و هشت گام تشکیل شده است (شکل ۲).

➢ مرحله اول

گام اول) شناسایی معیارها و زیر معیارها برای ارزیابی و انتخاب چیدمان‌های جریان تولید با رویکرد حذف اتلاف.

گام دوم) محاسبه وزن برای هر زیر معیار با استفاده از تکنیک ANP.

➢ مرحله دوم

گام سوم) به دست آوردن امتیاز چیدمان‌ها در هر معیار با توجه به امتیاز داده شده به هر زیر معیار و وزن به دست آمده از گام دوم.

➢ مرحله سوم

گام چهارم) معرفی متغیرها و توابع عضویت ورودی و خروجی سیستم فازی.

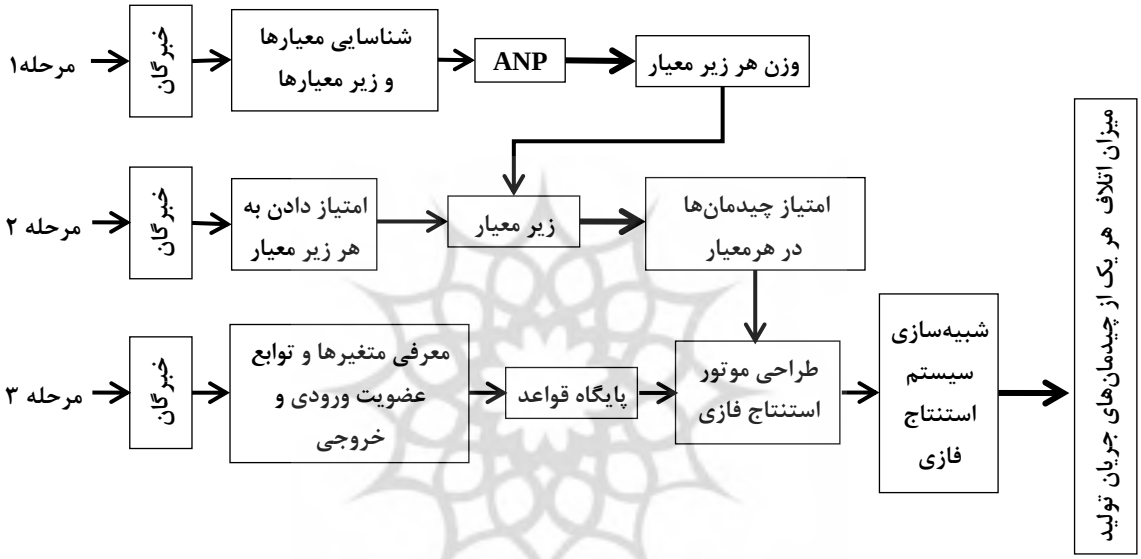
گام پنجم) ایجاد پایگاه قواعد فازی با استفاده از نظر خبرگان.

گام ششم) طراحی موتور استنتاج فازی

گام هفتم) شبیه‌سازی سیستم استنتاج فازی به کمک نرم‌افزار MATLAB.

گام هشتم) انتخاب چیدمان جریان تولیدی که کم‌ترین میزان اتلاف را کسب کرده است. بدین ترتیب که با قرار دادن امتیازهای به دست آمده از گام سوم، در مدل شبیه‌سازی شده در گام هفتم، و به دست آوردن میزان اتلاف هر یک از چیدمان‌های جریان تولید.

بنابراین می‌توان گفت که این پژوهش براساس هدف، کاربردی و براساس ماهیت و روش پژوهش، توصیفی- پیمایشی است.



شکل ۲: مدل پیشنهادی تحقیق

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پیاده‌سازی مدل پیشنهادی

مرحله اول

گام اول (شناسایی معیارها و زیر معیارها)

با توجه به ادبیات موضوع، مقالات و همچنین مصاحبه با کارشناسان متخصص (خبرگان)، معیارها و زیر معیارهای موثر بر فرآیند انتخاب الگوی چیدمان جریان تولید با رویکرد حذف اتلاف، شناسایی و انتخاب شدند (جدول ۱).

گام دوم (محاسبه وزن زیرمعیارها)

زیر معیارهای مربوط به هر معیار با توجه به نظر کارشناسان از طریق پرسشنامه، مقایسه زوجی شده و وزن مربوط به هر یک با تکنیک ANP به دست آمده است.

جدول۱: معیارها و زیرمعیارهای چیدمان جریان تولید ناب

معیارها	زیر معیارها	اقتباس شده از:					
		۱	۲	۳	۴	۵	۶
سطح موجودی		√			√		√
	اندازه دسته (انباشته) تولیدی	√		√			√
	تولید اضافی	√		√		√	
	کار در جریان ساخت	√		√			
زمان تحویل		√				√	√
	زمان چرخه (سیکل) فرآیند	√	√		√		
	زمان صف			√			
	زمان راه‌اندازی (تنظیم) ماشین‌آلات	√		√			√

حمل و نقل		√	√	√	√	√
	حمل مواد	√	√			
	حرکت کارگران	√	√			
	فاصله بین ایستگاه‌های کاری		√			
کیفیت		√	√		√	√
	کارگران تخصصی		√	√		√
	تجهیزات (ماشین‌آلات) پیشرفته		√	√		√
	حلقه‌های کنترل					√

4.(Krajewski ; 2010),3.(Da Silva and Cardoza; 2014),2.(pulkurte et al.(; 1) , 6.(Slomp and Bokhorst; 2014),5.(Al Samman; 1992), (Gaither; 1996),and Ritzman 2012).

پس از شناخت عوامل موثر در تعیین میزان اتلاف در چیدمان جریان تولید (گام اول)، برای بدست آوردن وزن زیرمعیارها از فرآیند تحلیل شبکه (ANP) استفاده شده است. از آنجا که در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ارتباط بین معیارها، زیرمعیارها و گزینه ها، را به صورت سلسله مراتبی و یک سویه در نظر میگیرد؛ می توان از فرآیند تحلیل شبکه ای، افزون بر ارتباط سلسله مراتبی و نیز در بخش هایی از مدل که ممکن است معیارها و زیرمعیارها با یکدیگر ارتباط و وابستگی متقابل داشته باشند، همانند تحقیق حاضر مورد استفاده قرار گیرد.

خلاصه مراحل فرآیند تحلیل شبکه (ANP) برای بدست آوردن وزن زیرمعیارها بدین ترتیب است: تشکیل ماتریس های مقایسه های و کنترل سازگاری آن ها (مقایسه زوجی معیارهای اصلی، مقایسه زوجی وابستگی های درونی معیارهای اصلی، مقایسه زوجی زیرمعیارهای هر یک از معیارهای اصلی، مقایسه زوجی وابستگی های درونی زیرمعیارها)، محاسبه سوپر ماتریس حد (تشکیل سوپر ماتریس ناموزون، محاسبه سوپر ماتریس موزون، محاسبه سوپر ماتریس حد) (جداول ۲،۳،۴،۵،۶).

جدول ۲: مقایسات زوجی زیرمعیارهای معیار کیفیت

کیفیت	حلقه های کنترل	تجهیزات پیشرفته	کارگران تخصصی	وزن ناسازگاری= ۰,۰۰۱۹
حلقه های کنترل	۱	٤	۷	۰,۷۱۵
تجهیزات پیشرفته	۰,۲۵	۱	۲	۰,۱۸۷
کارگران تخصصی	۰,۱٤۳	۰,۵	۱	۰,۰۹۸

جدول ۳: مقایسات زوجی گزینه ها نسبت به زیرمعیار حلقه های کنترل

حلقه های کنترل	چیدمان محصولی	چیدمان فرآیندی	چیدمان تکنولوژی گروهی (سلولی)	وزن ناسازگاری= ۰,۰۰۱۲
چیدمان محصولی	۱	۰,۱۱۱	۰,۲	۰,۰٦٦
چیدمان فرآیندی	۹	۱	۲	۰,٦۱۵
چیدمان تکنولوژی گروهی (سلولی)	۵	۰,۵	۱	۰,۳۱۵

جدول ۴: مقایسات زوجی زیر معیارها نسبت به زیر معیار حلقه های کنترل

حلقه های کنترل	تجهیزات(ماشین آلات) پیشرفته	کارگران تخصصی	وزن ناسازگاری= ۰
تجهیزات(ماشین آلات پیشرفته)	۱	۰,۵	۰,۳۳۳
کارگران تخصصی	۲	۱	۰,٦٦۷

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۵: سوپر ماتریس اولیه

	معیارها	زیرمعیارها

		کیفیت	حمل و نقل	زمان تحویل	سطح موجودی	حلقه های کنترل	تجهیزات پیشرفته	کارگران تخصصی	فاصله بین ایستگاه های کاری	حرکت کارگران	انتقال مواد	زمان و راه اندازی ماشین آلات	زمان صف	زمان چرخه فرآیند	کار در جریان ساخت	تولید اضافی	اندازه دسته تولیدی
هدف		۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
معیارها	کیفیت	۰,۲۵	۱	۰,۵	۰,۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	حمل و نقل	۰,۲۵	۰,۵	۱	۰,۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	زمان تحویل	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۲۵	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	سطح موجودی	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۲۵	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
زیر معیارها	حلقه های کنترل	۰	۰,۷۱۵	۰	۰	۱	۰,۷۵	۰,۶۶۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	تجهیزات(ماشین آلات) پیشرفته	۰	۰,۱۸۷	۰	۰	۰,۳۳۳	۱	۰,۳۳۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	کارگران تخصصی	۰	۰,۰۹۸	۰	۰	۰,۶۶۷	۰,۲۵	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	فاصله بین ایستگاه های کاری	۰	۰	۰,۵۸۲	۰	۰	۰	۰	۱	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۷۵	۰	۰	۰	۰	۰
	حرکت کارگران	۰	۰	۰,۱۰۹	۰	۰	۰	۰	۰,۷۵	۱	۰,۲۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	انتقال مواد	۰	۰	۰,۳۰۹	۰	۰	۰	۰	۰,۲۵	۰,۲۵	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	زمان راه اندازی (تنظیم) ماشین آلات	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰,۵	۰,۵	۰	۰	۰
	زمان صف	۰	۰	۰	۰,۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰,۲	۱	۰,۵	۰	۰	۰

													۳							
زمان چرخه (سیکل) فرآیند	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰,۴۲۹	۰	۰	۰,۸	۰,۵	۱	۰	۰
کار در جریان ساخت	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰,۱۶۷	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰,۱۲۵	۰,۸۳۳
تولید اضافی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰,۱۶۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰,۶۶۷	۱	۰,۱۶۷
اندازه دسته (انباشته) تولیدی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰,۶۶۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰,۳۳۳	۰,۸۷۵	۱

در جدول ۶، وزن زیرمعیارها در هر معیارکه از طریق تکنیک ANP بدست آمده است؛ را نشان می‌دهد.

جدول ۶: وزن زیر معیارها در هر معیار

سطح موجودی			**زمان تحویل**			**حمل و نقل**			**کیفیت**		
اندازه دسته (انباشته) تولیدی	تولید اضافی	کار در جریان ساخت	زمان چرخه (سیکل) فرآیند	زمان صف	زمان راه اندازی(تنظیم) ماشین آلات	انتقال مواد	حرکت کارگران	فاصله بین ایستگاه های کاری	کارگران تخصصی	تجهیزات (ماشین آلات) پیشرفته	حلقه های کنترل
۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۸۶	۰,۰۰۵	۰,۰۰۸	۰,۰۲۸	۰,۰۰۹	۰,۱۴	۰,۲۴۱	۰,۰۴۵	۰,۳۸۷	۰,۰۴۷

مرحله دوم

گام سوم (بدست آوردن امتیاز چیدمان‌ها در هر معیار)

امتیاز چیدمان‌ها در هر معیار، با توجه به نمره داده شده (توسط کارشناسان) و رابطه ۱ به دست آمده است. در این فرمول CS امتیاز هر معیار، SCS امتیاز داده شده به هر زیر معیار، W وزن هر زیر معیار و n تعداد زیر معیارهای هر معیار است.

$$CS = \sum_{i=1}^{n} SCS_i \times W_i$$ رابطه ۱

ابتدا در این گام به کمک کارشناسان، به زیر معیارهای مربوط به هر یک از چیدمان‌های جریان تولید نمره بین ۰ تا ۱ داده شده است. جدول ۷ امتیاز داده شده به چیدمان‌های جریان تولید توسط کارشناسان را در هر زیر معیار نشان می‌دهد. سپس امتیاز هر معیار که با توجه به رابطه ۱ و جدول ۶ به دست آمده، در جدول ۸ نشان داده شده است. این امتیازها همان ورودی‌های مدل ساخته شده است.

جدول ۷: امتیاز داده شده به چیدمان‌های جریان تولید توسط کارشناسان

	سطح موجودی			زمان تحویل			حمل و نقل			کیفیت		
	اندازه دسته (انباشته) تولیدی	تولید اضافی	کار در جریان ساخت	زمان چرخه (سیکل) فرآیند	زمان صف	زمان ماشین‌آلات	زمان راه‌اندازی (تنظیم)	انتقال مواد	حرکت کارگران	فاصله بین ایستگاه‌های کاری	کارگران تخصصی	تجهیزات (ماشین‌الات) پیشرفته	حلقه‌های کنترل
چیدمان محصولی	۰,۳	۰,۳	۰,۶	۰,۷	۰,۷	۰,۶	۰,۱	۰,۷	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۱
چیدمان فرآیندی	۰,۱	۰,۱	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۶	۰,۲	۰,۳	۰,۲	۰,۲	۰,۶
چیدمان تکنولوژی گروهی (سلولی)	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۳	۰,۱	۰,۲	۰,۱	۰,۱	۰,۳

جدول ۸: امتیاز بدست آمده چیدمان‌های جریان تولید در هر معیار توسط فرمول۱

	سطح موجودی	زمان تحویل	حمل و نقل	کیفیت
چیدمان محصولی	۰,۰۵۲۸	۰,۰۲۵۹	۰,۲۱۹٤	۰,۳۰۲٦
چیدمان فرآیندی	۰,۰۱۷٦	۰,۰۰۸۲	۰,۱۰۵۷	۰,۱۱٤٦
چیدمان تکنولوژی گروهی (سلولی)	۰,۰۰۹	۰,۰۰٤۱	۰,۰٦٤۹	۰,۰۵۷۳

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مرحله سوم

گام سوم (معرفی متغیرها و توابع عضویت ورودی و خروجی سیستم فازی)

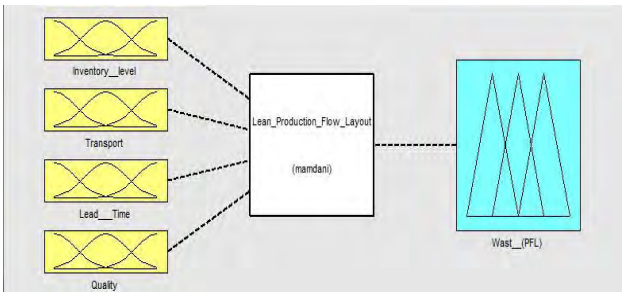
مطابق با تحقیقات و بررسی‌های انجام شده، در این سیستم فازی از ۴ معیار تأثیر گذار بر روی میزان اتلاف چیدمان‌های جریان تولید، به عنوان متغیر ورودی استفاده شده است.

متغیرهای ورودی سیستم استنتاج فازی پیشنهادی عبارتند از:

- سطح موجودی که می‌تواند کم، متوسط یا زیاد باشد.
- حمل و نقل که می‌تواند کم، متوسط یا زیاد باشد.
- زمان تحویل که می‌تواند زیاد یا کم باشد.
- کیفیت که می‌تواند مطلوب یا نامطلوب باشد.

براساس این ۴ معیار، می‌توان در خصوص میزان اتلاف چیدمان‌های جریان تولید اظهارنظر کرد. باید توجه داشت که میزان اتلاف ناشی از چیدمان جریان تولید با معیارهای ذکر شده به طور قطعی شناسایی نخواهد شد چرا که ماهیت اساسی اتلاف در چیدمان‌های جریان تولید دارای عدم قطعیت می‌باشد لیکن به هر حال در اینجا سعی شده است تا با استفاده از یک سیستم فازی، به هدف مسأله و با توجه به معیارهای ذکر شده دست یابیم. سیستم فازی ارائه شده دارای یک خروجی می‌باشد که نشان دهنده میزان اتلاف که می‌تواند خیلی پایین، پایین، متوسط، بالا یا خیلی بالا باشد.

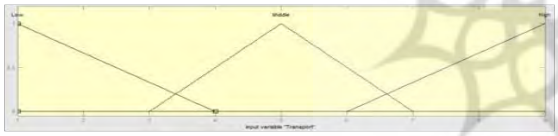
در شکل ۳ شمای کلی سیستم استنتاج فازی طراحی شده به همراه ورودی‌ها و خروجی‌های آن تصویر شده است.



شکل ۳: شمای کلی سیستم فازی طراحی شده

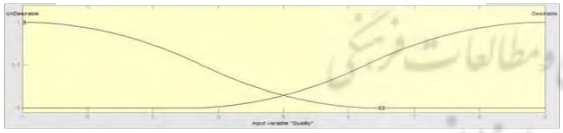
همان‌طور که مشخص است سیستم طراحی شده دارای چهار ورودی و یک خروجی یا به عبارت دیگر از نوع (MISO) می‌باشد. برای تنظیم قواعد می‌بایست عوامل تأثیرگذار بر روی پارامترهای ورودی توسط خبرگان بررسی و تحلیل شود.

توابع عضویت هر معیار با توجه به نظر خبرگان به دست آمده است. بر خلاف ANP که همه خبرگان به صورت جداگانه نظر دادند، توابع عضویت به روش طوفان مغزی طی جلسه‌ای که با حضور چهار خبره ارجح برگزار شد، به دست آمد. شکل ۴ توابع عضویت مربوط به ورودی‌ها و خروجی سیستم استنتاج فازی را نشان می‌دهد.

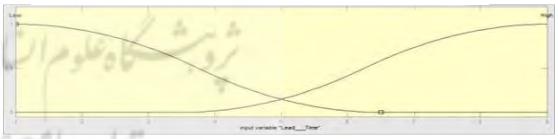


ب) تابع عضویت مربوط به حمل و نقل (ورودی)

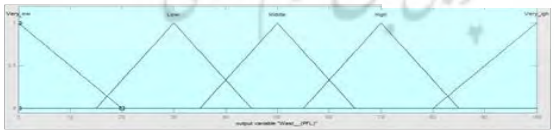
الف)تابع عضویت مربوط به سطح موجودی (ورودی)



ت) تابع عضویت مربوط به کیفیت (ورودی)



پ) تابع عضویت مربوط به زمان تحویل (ورودی)



ث) تابع عضویت مربوط به میزان اتلاف (خروجی)

شکل ۴: توابع عضویت ورودی‌ها و خروجی

گام چهارم (ایجاد پایگاه قواعد فازی)

پس از تعیین توابع عضویت، قوانین فازی نیز به طور جداگانه توسط چهار نفر از خبرگان نوشته شده است. پس از نوشته شدن قوانین، آن دسته از قوانینی که به طور مشابه توسط هر چهار خبره نوشته شده وزن "۱" می‌گیرند، به همین صورت قوانینی که توسط سه، دو و یک خبره نوشته شده باشند، به ترتیب اوزان "۰/۷۵"، "۰/۵" و "۰/۲۵" می‌گیرند. با توجه به توضیحات ارائه شده، تعداد ۴ ورودی که مجموعاً ۳۶ حالت مختلف را منجر می‌شوند، در این سیستم استنتاج فازی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این ۳۶ حالت به عنوان قواعد جداگانه به همراه خروجی مربوط به هر قاعده و ارزش وزنی هر یک به شرح جدول ۹ می‌باشد.

جدول ۹: پایگاه قوانین

Rule	IL	T	LT	Q	W	Weight	Rule	IL	LT	T	Q	W	Weight
1	L	L	L	D	VL	1	19	M	M	H	UD	VH	0.75
2	L	L	L	UD	M	0.25	20	M	M	H	D	M	0.25
3	L	L	H	UD	M	0.25	21	M	H	L	UD	H	0.25
4	L	L	H	D	L	0.5	22	M	H	L	D	M	0.25
5	L	M	L	UD	M	0.25	23	M	H	H	UD	VH	0.75
6	L	M	L	D	VL	0.5	24	M	H	H	D	M	0.25
7	L	M	H	UD	H	0.5	25	H	L	L	UD	M	0.25
8	L	M	H	D	L	0.25	26	H	L	L	D	L	0.5
9	L	H	L	UD	M	0.25	27	H	L	H	UD	H	0.5
10	L	H	L	D	L	0.75	28	H	L	H	D	M	0.25
11	L	H	H	UD	H	0.75	29	H	M	L	UD	H	0.25
12	L	H	H	D	M	0.25	30	H	M	L	D	L	0.25
13	M	L	L	UD	M	0.25	31	H	M	H	UD	VH	0.75
14	M	L	L	D	VL	0.75	32	H	M	H	D	M	0.25
15	M	L	H	UD	H	0.5	33	H	H	L	UD	H	0.75
16	M	L	H	D	M	0.25	34	H	H	L	D	M	0.25
17	M	M	L	UD	H	0.5	35	H	H	H	D	H	0.5
18	M	M	L	D	L	0.5	36	H	H	H	UD	VH	1

; Quality (Q); Transport (T); Lead Time (LT);Abbreviations: Inventory Level (IL)
Very High (VH); High (H); Middle (M); Low (L); Very Low (VL);Waste (W)
Undesirable (UD).; Desirable (D);

گام پنجم (موتور استنتاج فازی)

در این تحقیق به منظور ساخت سیستم فازی، از موتور استنتاج مینیمم، استلزام مینیمم ممدانی، فازی‌ساز مثلثی و همچنین استفاده از توابع عضویت منحنی Z(zmf) و معکوس آن (smf)، غیر فازی‌ساز میانگین مراکز و استنتاج مبتنی بر قواعد جداگانه با ترکیب اجتماع استفاده شده است. بدین ترتیب موتور استنتاج مینیمم به صورت عبارت ذکر شده در رابطه ۳ خواهد بود.

رابطه ۲

$$\mu_{B'}(y) = max_{l=1}^{36}\left[\sup\left(\min\left(\mu_{A'}(x),\mu_{A_1'}(x_1),\dots\ \mu_{A_n'}(x_n),\mu_{B'}(y)\right)\right)\right]$$

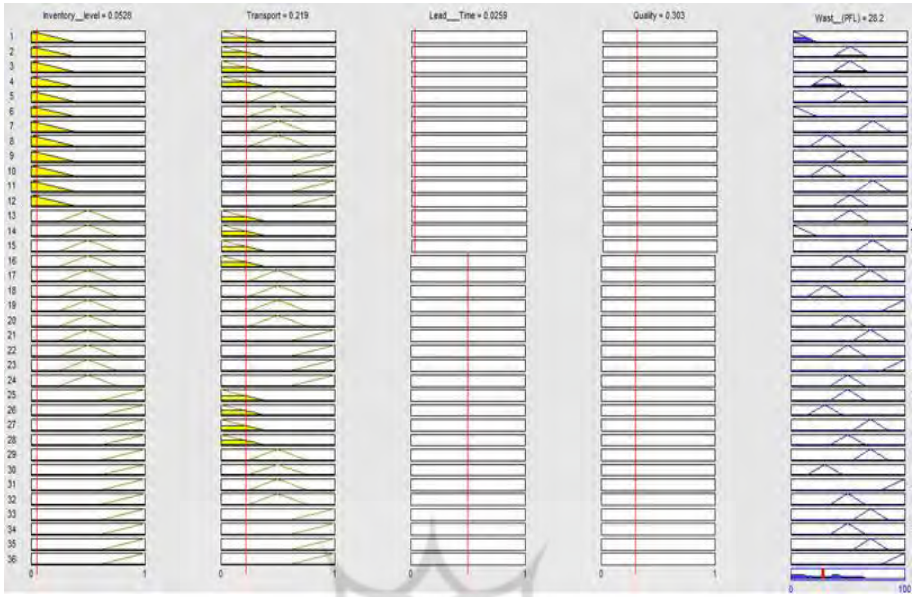
غیر فازی‌ساز میانگین مراکز، متداول‌ترین غیر فازی‌ساز مورد استفاده در سیستم‌های فازی می‌باشد که دلایل آن سادگی، توجیه‌پذیری و پیوستگی می‌باشد. غیر فازی‌ساز میانگین مراکز به صورت عبارت ذکر شده در رابطه ۲ محاسبه می‌شود:

رابطه ۳

$$y^* = \frac{\sum_{l=1}^{36} y^l.(w_l)}{\sum_{l=1}^{36}(w_l)}$$

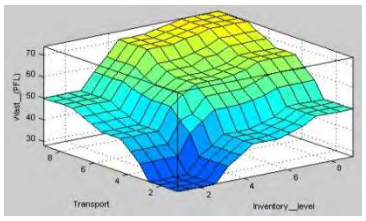
گام ششم (شبیه‌سازی سیستم استنتاج فازی)

جهت شبیه‌سازی این سیستم، از نرم‌افزار MATLAB ورژن ۸,۱ که محیطی مناسب جهت شبیه سازی چنین سیستم‌هایی می‌باشد استفاده شده است. بدین منظور پارامترهای ورودی و خروجی به همراه توابع عضویت هر یک و همچنین ۳۶ قانون مطرح شده در قسمت قبل، در نرم‌افزار تعریف شده‌اند. در ادامه تصاویر ۵،۶،۷ و ۸ نتایج چیدمان محصولی با استفاده از شبیه‌سازی مدل به همراه تأثیر متقابل متغیرهای مختلف ورودی بر روی یکدیگر و نتیجتاً بر روی متغیر خروجی تصویر شده است.

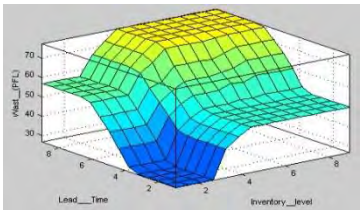


شکل ۵: نتایج چیدمان محصولی با استفاده از شبیه‌سازی مدل

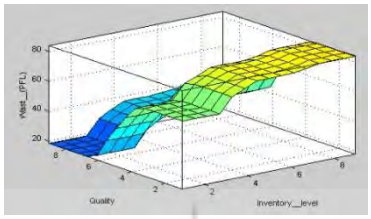
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۶: نتیجه تأثیر متقابل متغیرهای سطح موجودی و حمل ونقل



شکل ۷: نتیجه تأثیر متقابل متغیرهای سطح موجودی و زمان تحویل بر روی میزان اتلاف چیدمان جریان تولید



شکل ۸: نتیجه تأثیر متقابل متغیرهای سطح موجودی و کیفیت بر روی میزان اتلاف چیدمان جریان تولید

گام هشتم (انتخاب چیدمان جریان تولید ناب)

اکنون امتیاز سه چیدمان جریان تولید (چیدمان محصولی، چیدمان فرآیندی، چیدمان گروهی(سلولی)) در هر معیار را وارد مدل شبیه‌سازی کرده و میزان اتلاف هر یک از چیدمان‌ها را به دست می‌آوریم.

جدول ۱۰ خروجی میزان اتلاف هر یک از چیدمان‌های جریان تولید را نشان می‌دهد. در نهایت، همان طور که مشخص است چیدمان محصولی که کم‌ترین میزان اتلاف را به خود اختصاص داده است، به عنوان مناسب‌ترین چیدمان جریان تولید ناب انتخاب می‌شود.

جدول ۱۰: خروجی میزان اتلاف هر یک از چیدمان‌های جریان تولید

چیدمان جریان تولید	اتلاف
چیدمان محصولی	۲۸,۲
چیدمان فرآیندی	۲۹,۱
چیدمان تکنولوژی گروهی (سلولی)	۲۹,۵

نتیجه‌گیری

در این تحقیق ما با دو نوع نتیجه‌گیری خاص و عام روبرو هستیم، نتیجه‌گیری خاص از آن جهت که به خروجی حاصل از مدل طراحی شده اشاره دارد؛ و نتیجه‌گیری عام که به دستاوردهای حاصل از مدل طراحی شده می‌پردازد.

❖ نتایج خاص

با توجه به میزان اتلاف بدست آمده از هر سه چیدمان محصولی، فرآیندی، گروهی (سلولی) که به ترتیب عبارتند از: ۲۸,۲، ۲۹,۱ و ۲۹,۵ می‌توان گفت که چیدمان محصولی با مقدار ۲۸,۲ کم‌ترین میزان اتلاف را به خود اختصاص داده و به عنوان چیدمان مناسب جریان تولید ناب برای شرکت کابل البرز قزوین انتخاب شده است. این در حالی است که چیدمان محصولی در اکثر معیارها متوسط بوده است. شاید بتوان گفت این چیدمان به علت توزیع متعادل امتیازات زیرمعیارها در هر معیار مقدار کمتری نسبت به سایرین در میزان اتلاف کسب کرده است (چنین نبوده است که در یک زیر معیار امتیاز بالاتر و در زیرمعیار دیگر امتیاز پایین‌تر کسب کند). لازم به ذکر است که علاوه بر مقایسه چیدمان‌ها با یکدیگر، می‌توان فاصله هر چیدمان با وضعیت مطلوب (اتلاف کمتر) را تعیین کرد و با تحلیل حساسیت معیارهایی را که باعث کاهش بیشتر مقدار اتلاف می‌شوند، شناسایی کرد؛ در صورتی که اغلب روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به رتبه‌بندی و مقایسه گزینه‌ها می‌پردازند. با استفاده از این مدل ساخته شده به راحتی می‌توان با تغییر ورودی و مشاهده خروجی میزان اهمیت آن‌ها را تعیین کرد و سعی در برطرف کردن مشکلات برای کسب میزان اتلاف کمتر در چیدمان جریان تولید نمود.

❖ نتایج عام

- در نظر گرفتن کلیه عوامل تأثیرگذار در تصمیم‌گیری.
- انجام کار گروهی در تصمیم‌گیری.
- دست‌یابی به خط‌مشی مدیریت در خصوص ارتقاء بهره‌وری.
- افزایش رضایتمندی واحدها به علت سهیم بودن در تصمیم‌گیری.
- ارائه تصویری روشن از میزان اتلاف موجود در واحد تولیدی جهت برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری هر چه بهتر.

این روش پیشنهادی می‌تواند به عنوان الگویی مناسب برای دیگر حوزه‌های تولیدی و خدماتی نیز، مورد استفاده قرار گیرد؛ همچنین می‌توان میزان چابکی چیدمان جریان تولید را نیز مورد بحث و بررسی قرار داد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

اسدی، سعید.، قرائی، ابوالفضل.، پناهی، هانیه.، (۱۳۹۰)، *ارزیابی عوامل تولید ناب در فرآیند تولید دوغ کارخانه شیر*، پژوهش‌های صنایع غذایی، سال ۲۱، شماره ۴، صفحات ۵۱۱-۴۹۵.

توکلی، احمد.، (۱۳۸۶)، *نحوه انتقال از تولید انبوه به تولید ناب*، دانش و توسعه، سال ۱۴، شماره ۱۹، صفحات ۵۷-۳۷.

متقی، هایده.، حسین‌زاده، امیر.، (۱۳۸۶)، *مدیریت تولید و عملیات*، انتشارات آوای پاتریس.

وانگ، لی.، (۱۳۸۷)، سیستم‌های فازی و کنترل فازی، مترجمان: تشنه لب، محمد.، صفارپور، نیما.، افیونی، داریوش.، ناشر دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

Al Samman, T.A.S., (2014), *Modeling lean agile leagile manufacturing strategies a fuzzy analytical hierarchy process approach for readymade ware (clothing) industry in Mosul Iraq*, International Journal of Advances in Engineering and Technology, 7, 1091-1108.

Alex, S., & Lokesh, A.C., & Ravikumar, N., (2010), *Space utilization improvement in CNC machining unit through lean layout*, SAS TECH, 9, 31-38.

Bouzon, M., & Rodriguez, C.M.T., & De Queiroz, A.A., (2012), *Cell layout application in product recovery: A lean proposal to increase efficiency in Remanufacturing*, Chinese Business Review, 11, 467-475.

De Carlo, F., & Arleo, M.A., & Borgia, O., & Tucci, M., (2013), *Layout design for a low capacity manufacturing line: A case Study*, International Journal of Engineering Business Management Special Issue on Innovation in Fashion Industry, 5, 1-10.

Drira, A., & Pierreval, H., & Hajri Gabouj, S., (2007), *Facility layout problems: A survey*, Annual Reviews in Control, 31, 255-267.

Da Silva, A.L., & Cardoza, E., (2010), *Critical analysis of layout concept: Functional layout cell layout product layout modular layout*

fractal layout, International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.

Gaither, N., (1992), *Production and operations management*, 5rd edition, Dryden Press.

Hu, Y., & Ye, F., & Fang, Z., (2000), *A study on the integration of lean production and group technology*, Management of Innovation and Technology, ICMIT, IEEE, 12, 839-842.

Krajewski, L.J., & Ritzman, L.P., (1996), *Operations management: Strategy and Analysis*, 4rd edition, Addison Wesley.

Pulkurte, R., & Masilamani, R., & Sonpatki, S., & Dhake, R., (2014), *Cycle time reduction in assembly line through layout improvement ergonomics analysis and lean principles*, International Journal Science and Engineering Research, 3, 455-463.

Pattanaik, L.N., & Sharma, B.P., (2009), *Implementing lean manufacturing whit cellular layout: A case study*, International Journal of Advances Manufacturing Technology, 42, 772-779.

Slomp, J., & Bokhorst, J.A.C., (2012), *Decision support framework for the selection of a layout type*,In: Modrak,&V.,Pandian, S.,*Operations management research and cellular manufacturing system: Innovative methods and approaches*, IGI Global, Chapter 2, 21-23.

Shahin, A., & Janatyan, N., (2010), *Group technology (GT) and lean production: A conceptual model for enhancing productivity*, International Business Research, 3, 105-118.

Sundin, E., & Bjorkman, M., & Eklund, M., & Eklund, J., & Engkvist, I.L., (2011), *Improving the layout of recycling center's by use of lean production principles*, Waste Management, 31, 1121-1132.

Yang, T., & Hung, C.C., (2007), *Multiple attribute decision making methods for plant layout design problem*, Robotic and Computer Integrated Manufacturing, 23, 126-137.

Zong-Ze, L., & Xiao-Yu, L., (2011), *Empirical study of lean production in rationalization of equipment layout*, Management and Service Science, International Conference On.

Zhenyuan, J., & Xiaohong, L., & Wei, W., & Defeng, J., & Lijun, W., (2011), *Design and implementation of lean facility layout system of a production line*, International Journal of Industrial Engineering, 18, 260-269.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی