اندازه‌گیری میزان اتلاف چیدمان جریان تولید با استفاده از منطق فازی

کیوان شاه قلیان [۱،*]، میثم علیزاده سیاهکل [۲]

[۱] استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، گروه مدیریت، قزوین، ایران (عهده‌دار مکاتبات)

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، گروه مهندسی صنایع، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: اسفند۱۳۹۳، اصلاحیه: قروردین ۱۳۹۴، پذیرش: اردیبهشت۱۳۹۴

چکیده

یکی از مسائل مهم جهت کاهش اتلاف و به دنبال آن افزایش بهره‌وری در سازمان‌های تولیدی، داشتن چیدمان تولیدی روان و درست می‌باشد. بنابراین شناسایی و بررسی عوامل مانع تحقق بهره‌وری مورد انتظار در چیدمان جریان تولید، دارای اهمیت فراوان می‌باشد. یکی از این عوامل اتلاف است؛ سازمان‌ها می‌توانند با پیش‌رو قرار دادن الگوی تفکر ناب به بهره‌ور کردن چیدمان جریان تولید پرداخته و محصولات نهایی را با حداقل اتلاف تولید نمایند. آگاهی از میزان اتلاف به سازمان‌ها کمک می‌کند، تا با اتخاذ تصمیمات درست در جهت حذف مواردی که هیچ‌گونه ارزش افزوده‌ای در محصول ایجاد نمی‌کنند، اقدام نمایند. از آنجایی که اندازه‌گیری میزان اتلاف، بر مبنای دانش کارشناسان یا استدلال افراد صورت گرفته و این امر نیز با قضاوت‌های ذهنی، اطلاعات مبهم و متغیرهای زبانی در اکثر معیارها همراه است؛ لذا وجود یک تکنیک قوی که بتواند بر مبنای این اطلاعات مبهم به کار گرفته شود، کاملاً محسوس است؛ از اینرو سیستم استنتاج فازی پیشنهاد شده و جهت شبیه سازی آن از نرم‌افزار Matlab استفاده شده است.

کلمات کلیدی: اتلاف، چیدمان جریان تولید، تولید ناب، منطق فازی.

۱- مقدمه

در دنیای رقابتی کنونی سازمان‌ها تلاش می‌کنند تا از منابع خود استفاده بهینه کنند و بهره‌وری را افزایش دهند تا با صرف حداقل هزینه، حداکثر نتیجه را ارائه دهند. تولید ناب یکی از دیدگاه‌های نوین تولیدی است که پس از تولید انبوه مطرح شد و به دنبال آن است که با حذف کلیه اتلاف‌های مؤثر بر قیمت تمام شده در محیط کار، فرآیندی هموار و عاری از اتلاف ایجاد کند. در سازمان تولیدی ناب که در واقع تعمیم ایده ناب به کل سازمان تولیدی است، بر شناسایی و حذف کلیه اتلاف‌ها و فعالیت‌های فاقد ارزش افزوده در کلیه فرآیندها و جریان‌های سازمان تأکید شده است. تا بدین ترتیب با شناسایی و حذف نظام‌مند انواع اتلاف، برای ذینفعان ارزش ایجاد نموده و در نهایت منجر به افزایش بهره‌وری در سازمان شود [۱]. 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 غیرضروری 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 چندگانه 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 غیرضروری نیروی

* kshahgholian@qiau.ac.ir

کار، فرآیند: اتلاف از طریق گام‌های غیر ضروری فرآیند [۲].
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 تاثیر بسزایی در عملکرد سیستم تولیدی خواهد داشت [۴].

۲- پیشینه تحقیق

در مقاله ارائه شده توسط هو[1] و همکاران در سال ۲۰۰۰، یکپارچه سازی مفاهیم تولید ناب با تکنولوژی گروهی و پیاده سازی آن در یک واحد تولیدی اقدام شده است [۵]. سال ۲۰۰۹، پاتاینیک و شارما[2] جهت پیاده‌سازی تفکر ناب در طراحی چیدمان سلولی برای یک واحد تولیدی پیشنهاداتی مطرح کردند. آن‌ها براساس زمان تکت، به دنبال بهینه سازی جریان تولید بین سلولی بخش‌های مختلف بودند. از این رو با رویکرد کاهش فعالیت‌ها یا زمان‌هایی که بدون ارزش افزوده هستند، مانند: زمان انتظار، زمان حمل و نقل مواد و.... اقدام به طراحی چیدمان سلولی در راستای تولید ناب کردند [۶]. در سال ۲۰۱۰، شاهین و جاناتین[3] به تشریح چگونگی ارتباط بین تکنولوژی گروهی و ابعاد مهم تولید ناب از جمله اتلافات تولید، زمان راه‌اندازی، کیفیت و مدیریت موجودی پرداخته، و با ارائه یک مدل در جهت افزایش بهره‌وری از طریق بکارگیری تکنولوژی گروهی در یک سیستم تولیدی اقدام کردند. همچنین آن‌ها در پایان به همبستگی بین عناصر و ابعاد تکنولوژی گروهی با اهداف تولید ناب اشاره نمودند [۷]. در سال ۲۰۱۰، داسیلوا و کاردوزا[4] به تجزیه و تحلیل انواع مختلف چیدمان از منظر فلسفه تولید ناب را مورد توجه قرار دادند. آن‌ها معیارهایی همچون جریان پیوسته، موجودی، حمل و نقل، مدیریت بصری و... را مورد بررسی قرار داده‌اند [۸]. در سال ۲۰۱۰، الکس[5] و همکاران برای استفاده بهتر از فضای موجود در یک واحد ماشینکاری CNC از چیدمان ناب استفاده کردند. آن‌ها با استفاده از تکنیک‌های تولید ناب و ترکیب آن‌ها با تکنولوژی گروهی و تولید سلولی علاوه بر بهبود استفاده از فضای موجود، به بهبودی در کیفیت، سرعت، هزینه و انعطاف‌پذیری واحد تولیدی مورد مطالعه دست پیدا کردند [۹].
در مطالعه‌ای دیگر در سال ۲۰۱۱، ساندین[6] و همکاران درصدد بهبود چیدمان مراکز بازیافت سوئد با استفاده از اصول و تفکر ناب برآمدند. هدف اصلی آن‌ها انطباق و اعمال تئوری‌های ناب در طراحی و مدیریت عملیات مراکز بازیافت سوئد است. از این رو به مطالعه، شناسایی و توصیف جریان اصلی و انواع چیدمان‌های موجود در مراکز بازیافت اقدام نموده، و در نهایت به معرفی دستورالعمل‌هایی برای پیاده‌سازی اصول و مفاهیم ناب در طراحی چیدمان مراکز بازیافت، اقدام کردند؛ که به افزایش ظرفیت بازدید، انعطاف‌پذیری، بهبود کیفیت در دسته‌بندی و کوتاه‌تر شدن زمان‌های بازدید و همچنین بهبود شرایط کار منجر شد [۱۰]. در مطالعه دیگری در سال ۲۰۱۱، زانگ زی و ایکساویو[7] با توجه به وضعیت چیدمان فعلی کارخانه مورد مطالعه، مدلی را برای بهبود دادن طرح چیدمان تجهیزات به کمک مفاهیم تولید ناب پیشنهاد دادند. آن‌ها با بررسی و تجزیه و تحلیل اتلافات موجود در چیدمان فعلی کارخانه اقدام به معرفی سه طرح جایگزین نمودند. که در نهایت با تحلیل و مقایسات و نیز نظر مدیریت کارخانه یک طرح را به عنوان طرح نهایی معرفی کردند [۱۱]. در سال ۲۰۱۱، ژن یوان[8] و همکاران علت کاهش بهره‌وری تولید در واحد تولیدی مورد مطالعه را به طور مستقیم و غیرمستقیم در غیرمنطقی دانستن چیدمان تسهیلات در خط تولیدی می‌دانستند. از این رو اقدام به طراحی چیدمان تسهیلات با رویکرد تولید ناب کردند. آن‌ها با توجه به اهداف بهینه‌سازی و محدودیت‌های موجود و همچنین عوامل موثر، به ارائه یک مدل ریاضی برای طراحی یک نمونه اولیه چیدمان در یک خط تولیدی اقدام و آن را توسعه دادند. در نهایت با نتایج حاصل شده نشان دادند که چیدمان تسهیلات ناب به طور موثر باعث افزایش بهره‌وری در تولید و همچنین استفاده بهینه‌تر از تجهیزات می‌شود [۱۲]. در مطالعه‌ای دیگر بوزون[9] و همکاران در سال ۲۰۱۲ به طراحی یک چیدمان سلولی بر پایه مفاهیم تولید ناب و در جهت به حداقل رساندن اتلافات و افزایش بهره‌وری اقدام نمودند [۱۳]. در مقاله‌ای که توسط دیکارلو[10] و همکاران درسال ۲۰۱۳ ارائه شد، آن‌ها 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 مقایسه این سه روش طراحی پرداختند. آن‌ها به منظور سنجش هر یک از سه روش طراحی، به اندازه‌گیری بهره‌وری، زمان حمل و نقل و هزینه‌ها پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه موردی نشان از برتری روش تولید ناب در شاخص‌های مطرح شده دارد. علاوه بر این، روش تولید ناب به طراحان در شناسایی برخی از ناکارآمدی‌های موجود در طراحی چیدمان، نسبت به دو روش دیگر کمک می‌نماید [۱۴]. در نهایت پولکورت[11] و همکاران در سال ۲۰۱۴، 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 قرار دادند و همچنین به 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 تجزیه و تحلیل REBA اقدام کردند [۱۵].

1. Hu
2. Pattanaik & Sharma
3. Shahin & Janatyan
4. Da Silva & Cardoza
5. Alex
6. Sundin
7. Zong-ze & Xiao-yu
8. Zhenyuan
9. Bouzon
10. De Carlo
11. Pulkurte

با توجه به اهمیت و استراتژیک بودن چیدمان جریان تولید و نقش تعیین‌کننده 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 این نوع تصمیم‌گیری‌ها بر مبنای دانش کارشناسان و استدلال افراد گرفته 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، 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 می‌گیرد.

۳- سؤالات تحقیق

در این پژوهش سؤالات تحقیق به صورت در نظر گرفته شده اند:

۱- عوامل مؤثر بر میزان اتلاف چیدمان جریان تولید کدامند؟

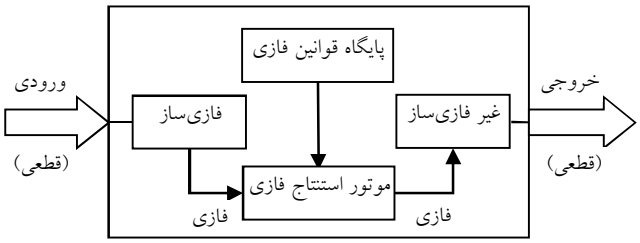
۲- سیستم مناسب فازی جهت سنجش میزان اتلاف چیدمان جریان تولید کدام است؟

۴- روش تحقیق

این تحقیق به منظور اندازه‌گیری اتلاف چیدمان جریان تولید، اقدام به پیاده سازی سیستم طراحی شده در "شرکت کابل البرز" نموده است. از آنجا که ۳۷ نفر از خبرگان و کارشناسان با تجربه شرکت، دارای شناخت و اطلاعات کافی در زمینه چیدمان جریان تولید هستند؛ از اینرو به دلیل محدودیت افراد جامعه، نظرات تمامی افراد مورد بررسی قرار گرفته و تحقیق فاقد نمونه‌گیری است. بنابراین می‌توان گفت که این پژوهش براساس هدف، کاربردی و بر اساس ماهیت و روش پژوهش، توصیفی-پیمایشی است.

۴-۱- طراحی سیستم استنتاج فازی پیشنهادی

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 [۳].



شکل (۱): سیستم‌های فازی‌ساز و غیر فازی‌ساز [۳]

۳-۱-۱ معرفی متغیرها و توابع عضویت ورودی و خروجی سیستم فازی

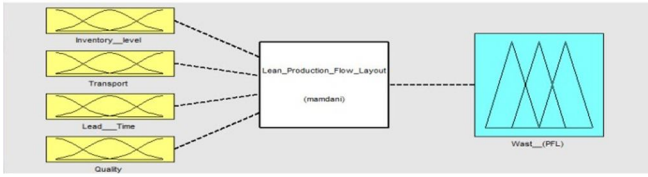
با توجه به ادبیات موضوع، مقالات و همچنین مصاحبه با کارشناسان متخصص (خبرگان)، در این سیستم فازی از ۴ معیار تأثیر گذار بر روی میزان اتلاف چیدمان‌های جریان تولید، به عنوان متغیر ورودی استفاده شده است.

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 (۲) شمای کلی سیستم استنتاج فازی طراحی شده به همراه ورودی‌ها و خروجی‌های آن تصویر شده است.



شکل (۲): 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. توابع عضویت به روش طوفان مغزی طی جلسه‌ای که با حضور چهار خبره ارجح برگزار شد، به دست آمد. شکل (۳) توابع عضویت مربوط به ورودی‌ها و خروجی سیستم استنتاج فازی را نشان می‌دهد.

الف) تابع عضویت سطح موجودی (ورودی)

ب) تابع عضویت حمل و نقل (ورودی)

پ) تابع عضویت زمان تحویل (ورودی)

ت) تابع عضویت کیفیت (ورودی)

ث) تابع عضویت میزان اتلاف (خروجی)

شکل (۳): توابع عضویت ورودی‌ها و خروجی

۳-۱-۲ *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 (۱) می‌باشد.

جدول (۱): 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

کلمات اختصاری: سطح موجودی (IL)، حمل و نقل (T)، زمان تحویل (LT)، کیفیت (Q)، اتلاف (W)، کم (L)، متوسط (M)، زیاد (H)، مطلوب (D)، نامطلوب (UD).

۳-۱-۳ *موتور استنتاج فازی*

در این تحقیق به منظور ساخت سیستم فازی، از موتور استنتاج مینیمم، استلزام مینیمم ممدانی، فازی‌ساز منفرد و همچنین استفاده از توابع عضویت مثلثی، منحنی Z(zmf) و معکوس آن (smf)، غیر فازی‌ساز مرکز ثقل و استنتاج مبتنی بر قواعد جداگانه با ترکیب جمع استفاده شده است. بدین ترتیب موتور استنتاج مینیمم به صورت عبارت ذکر شده در رابطه (۱) خواهد بود.

$$\mu_{B'}(y)=Sum_{i=1}^{36}\left[\sup\left(\min\left(\mu_{A'}(x),\mu_{A'_1}(x_1),....\mu_{A'_n}(x_n),\mu_{B'}(y)\right)\right)\right] \qquad (۱)$$

۳-۱-۴ *فازی‌زدایی*

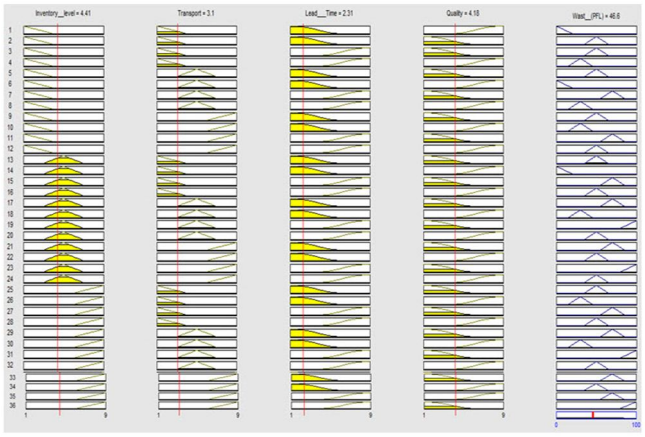
غیر فازی‌ساز مرکز ثقل، متداول‌ترین غیر فازی‌ساز مورد استفاده در سیستم‌های فازی می‌باشد که دلایل آن توجیه‌پذیری و پیوستگی می‌باشد. غیر فازی‌ساز مرکز ثقل به صورت عبارت ذکر شده در رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$y^*=\frac{\int_a^b \mu_A(x).xdx}{\int_a^b \mu_A(x)dx} \qquad (۲)$$

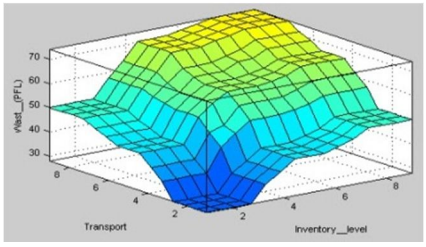
۵- شبیه‌سازی سیستم استنتاج فازی

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

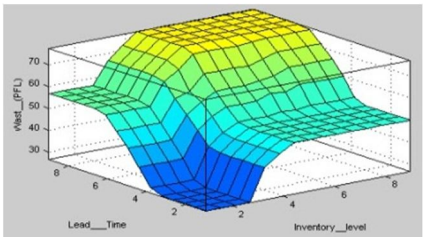
نرم‌افزار تعریف شده‌اند. با توجه به سیستم طراحی شده میزان اتلاف در چیدمان جریان تولید شرکت کابل البرز مقدار ۴۶/۶ بدست آمده است. در ادامه تصاویر (۴)، (۵)، (۶) و (۷) نتایج اتلاف در چیدمان جریان تولید با استفاده از شبیه‌سازی سیستم به همراه تأثیر متقابل متغیرهای مختلف ورودی بر روی یکدیگر و نتیجتاً بر روی متغیر خروجی تصویر شده است.



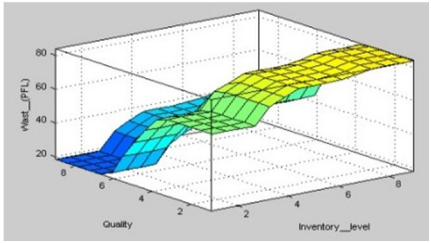
شکل(۴): نتیجه اتلاف در چیدمان جریان تولید با استفاده از شبیه‌سازی سیستم



شکل (۵): نتیجه تأثیر متقابل متغیرهای سطح موجودی و حمل ونقل بر روی میزان اتلاف چیدمان جریان تولید



شکل (۶): نتیجه تأثیر متقابل متغیرهای سطح موجودی و زمان تحویل بر روی میزان اتلاف چیدمان جریان تولید



شکل (۷): نتیجه تأثیر متقابل متغیرهای سطح موجودی و کیفیت بر روی میزان اتلاف چیدمان جریان تولید

۶- نتیجه‌گیری

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

❖ نتایج خاص

میزان اتلاف چیدمان جریان تولید برای شرکت کابل البرز قزوین مقدار ۴۶/۶ بدست آمده است. لازم به ذکر است می‌توان فاصله چیدمان با وضعیت مطلوب (اتلاف کمتر) را تعیین کرد و با تحلیل حساسیت معیارهایی را که باعث کاهش بیشتر مقدار اتلاف می‌شوند، شناسایی کرد. با استفاده از این سیستم 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.

۷- منابع و ماخذ

[۱] قرائی‌پور، رضا. (۱۳۸۹)، **مدل ارزیابی سازمان ناب در شرکت‌های خودروساز ایرانی**، مطالعات مدیریت صنعتی، سال ۸، شماره ۱۹، صفحات ۲۳ تا ۵۲.

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

[۳] وانگ، لی. (۱۳۸۷)، **سیستم‌های فازی و کنترل فازی**، مترجمان: محمد تشنه لب، نیما صفارپورودار یوش افیونی، نشر دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

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

[5] Hu Y., Ye F., Fang Z., (2000), **A study on the integration of lean production and group technology**, Management of innovation and Technology (ICMIT), Proceeding of the IEEE International Conference on (Vol:2), Nov 12-15, 839-842.

[6] Pattanaik L. N., Sharma B. P., (2009), **Implementing lean manufacturing with cellular layout: a case study**, International journal of Advances Manufacturing Technology, 42, 772–779.

[7] Shahin A., Janatyan N., (2010), **Group Technology (GT) and Lean Production: A Conceptual Model for Enhancing Productivity**, International Business Research, 3, 105-118.

[8] Da Silva A. L., Cardoza E., (2010), **Critical Analysis of Layout Concepts: Functional Layout Cell Layout Product Layout Modular Layout Fractal Layout**, International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, October 12-15, Brazil.

[9] Alex S., Lokesh A.C., Ravikumar N., (2010), **Space Uyilization Improvement in CNC Machining Unit Through Lean Layout**, SAS TECH, 9, 31-38.

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

[11] Zong-ze L., Xiao-yu L., (2011), **Empirical Study of Lean Production in Rationalization of Equipment Layout**, Management and Service Science (MASS), International Conference on, Aug 12-14, Wuhan.

[12] 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.

[13] 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.

[14] De Carlo F., Arleo M. A., Borgia O., Tucci M., (2013), **Layout Design for a Low Capacity Manufacturing Lin A Case Study**, International Journal of Engineering Business Management Special Issue on Innovations in Fashion Industry (INTECH), 5, 1-10.

[15] 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 of Applied Sciences and Engineering Research, 3, 455-463.