علمی- فنی

تعیین زمان استاندارد اپراتور برای انجام عملیات ساخت تایر رادیال سبز برای خودروی سواری، با درنظر گرفتن عدم قطعیت (مطالعه‌ی موردی: گروه صنعتی بارز)

Measuring the Operator Standard Time for Building Green Tire for PCR considering Uncertainty (Case study: Barez Industrial Group)

چکیده:

یکی از مشکل‌های پیشِ روی سازمان‌ها و مؤسسه‌ها، تعیین تعداد نیروی انسانی موردنیاز است. در همین‌باره روش‌های زمان‌سنجی، کاربرد گسترده‌ای یافته‌اند. یکی از پرکاربردترین این روش‌ها استفاده از کرنومتر، با درنظر گرفتن ضریب عملکرد، به روش وستینگهاوس است که در آن عنصرهای کاری، ثبت زمان‌های مربوط به عنصرهای کاری، تعداد مشاهده‌های لازم برای محاسبه‌ی زمان‌های نرمال و استاندارد و نیز ضریب‌های عملکرد مربوطه، مشخص و جمع‌آوری می‌شوند. سپس با درنظر گرفتن موردهای یادشده، اقدام به محاسبه‌ی زمان‌های نرمال و استاندارد می‌شود.

در این پژوهش، هدف تعیین زمان استاندارد اپراتورِ دستگاه ساختِ گرین‌تایر رادیال برای خودروهای سواری، در گروه صنعتی بارز است. از آنجا که زمان‌سنجی یکی از موضوع‌هایی‌ست که انسان به‌طور مستقیم و مشخص در آن نقش دارد و باتوجه به این‌که روش‌های ارائه‌شده، مانند روش وستینگهاوس، موضوع‌ها را با درنظر گرفتن قطعیت مورد بحث‌وبررسی قرار می‌دهند، قطعیت به‌کارگرفته‌شده در این موضوع‌ها- با توجه به نتیجه‌های به‌دست آمده- سبب بروز خطا در محاسبه‌ها و گاهی تصمیم‌گیری‌های اشتباه، می‌شود؛ بنابراین در این پژوهش با بهره‌گیری از عدم قطعیت فازی، درباره‌ی ضریب‌های عملکرد به روش وستینگهاوس و به‌ویژه زمان مشاهده‌ها، الگوریتم و دستورکاری برای روش پیشنهادی ارائه‌شده و در نهایت با یک مثال واقعی، زمان‌های نرمال و استاندارد بر اساس الگوریتم پیشنهادی، محاسبه و موردبررسی قرار گرفته است. در پایان، نتیجه‌های به‌دست آمده از روش پیشنهادی، در مقایسه با وضعیت قطعیِ به‌کار گرفته شده در روش وستینگهاوس معمول، از قابلیت ارائه‌ی دامنه‌ی تصمیم‌گیری گسترده‌ای به تصمیم‌گیران برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: روش وستینگهاوس، عدم قطعیت‌فازی، زمان‌سنجی، گروه صنعتی بارز.

نوع مقاله: پژوهشی

علی سلطان‌پور[1]*، سید مهدی پور باقری[2] و شهرام آریافر[3]

۱- کارشناس ارشد مهندسی صنایع دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهید باهنر کرمان و کارشناس اداره‌ی برنامه‌ریزی و مهندسی صنایع گروه صنعتی بارز، کرمان، ایران

۲- کارشناس مهندسی صنایع دانشکده‌ی فنی و مهندسی دانشگاه شهید باهنر کرمان و مدیر اداره‌ی برنامه‌ریزی و مهندسی صنایع گروه صنعتی بارز، کرمان، ایران

۳- دکترای مهندسی صنایع دانشگاه پوترا مالزی و استادیار بخش مهندسی صنایع دانشکده‌ی فنی و مهندسی دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

* عهده دار مکاتبات: soltanpourali@eng.uk.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۹ تاریخ بازنگری: ۹۷/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۴

مقدمه:

یکی از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین موضوع‌هایی که از گذشته‌ی دور تاکنون، سازمان‌ها و مؤسسه‌ها، اعم از تولیدی و خدماتی را با چالش روبه‌رو کرده؛ مدیریت و تصمیم‌گیری درباره‌ی برآورد تعداد نیروی انسانی موردنیاز، برای انجام فعالیت‌های تولیدی و خدماتی‌ست. در همین رابطه یکی از روش‌های مورداستفاده و مناسب برای این‌گونه مدیریت‌ها و تصمیم‌گیری‌ها، زمان‌سنجی‌ست؛ اما باتوجه به این‌که از مهم‌ترین اجزای توسعه‌ی هرکشور، اقتصاد و صنعت آن کشور است و نیز توجه به این نکته که مؤثرترین و ملموس‌ترین جزء توسعه و فعالیت‌های توسعه‌ای، منابع انسانی آن کشور است، لازم و ضروری خواهد بود که درباره‌ی تعیین تعداد نیروی انسانی موردنیاز، اقدام‌های لازم و ضروری صورت گیرد.

در ارتباط با زمان‌سنجی، تاکنون تعریف‌هایی در مرجع‌های گوناگون ارائه شده است که ازجمله‌ی آن‌ها می‌توان به تعریف دفتر بین‌المللی کار، ترجمه‌ی کحال‌زاده اشاره کرد که بیان می‌دارد "زمان‌سنجی عبارت است از به‌کارگیری روش‌های طرح‌ریزی‌شده، برای تعیین زمان انجام کار معین، توسط کارگر واجد شرایط، با سطح معینی از عملکرد" [۱].

روش‌های گوناگونی برای زمان‌سنجی بیان شده است. یکی از این روش‌های پرکاربرد و مؤثر، زمان‌سنجی با کرنومتر، از دسته روش‌های مشاهده‌ی مستقیم است. بر اساس این روش، فرایندها، فعالیت‌ها و کارها، به عنصرهای کوچک‌تری که قابل‌تفکیک به عنصرهای کوچک‌تر دیگر نیستند تبدیل می‌شوند. سپس برای هریک از این عنصرهای کوچک‌شده، به‌وسیله‌ی ساعت زمان‌سنجی، زمان مشاهده‌شده ثبت می‌شود و با توجه به مشاهده و قضاوت شخص، زمان‌سنج ضریب عملکرد مربوط به اپراتور انجام دهنده‌ی آن عنصر کاری، ثبت و مشخص می‌شود؛ سپس با استفاده از زمان‌های مشاهده‌شده‌ی هریک از عنصرها و با توجه به ضریب عملکرد درنظر گرفته‌شده، زمان‌های نرمال و درنهایت زمان‌های استاندارد عنصرها، با درنظر گرفتن زمان‌های بیکاری یا الوانس‌های[۱] مجاز محاسبه می‌شود [۲].

تعیین ضریب عملکرد، به‌طورمستقیم به قضاوت شخص زمان‌سنج بستگی دارد، اما درباره‌ی تعیین ضریب عملکرد، یکی از روش‌هایی که بیشتر مورداستفاده قرار گرفته، روش وستینگهاوس است. باتوجه به این‌که زمان‌سنجی و تعیین ضریب عملکرد، به‌وسیله‌ی افراد خبره انجام می‌شود و با توجه به این‌که قضاوت‌های اشخاص، حتی در شرایط مشابه و یکسان، با یکدیگر متفاوت هستند، خطاهای گوناگونی در محاسبه‌ی زمان‌های نرمال، زمان‌های استاندارد و به‌ویژه برآورد تعداد نیروی انسانی موردنیاز به‌وجود می‌آید. در همین رابطه و با توجه به این‌که در شرایط واقعی، داده‌های موجود از عدم قطعیت‌های گوناگونی برخوردارند، لازم و ضروری خواهد بود که برای جلوگیری از خطاهای احتمالی و حذف خطا، از تئوری‌های عدم قطعیت، مانند تئوری عدم قطعیت فازی بهره گرفته شود.

همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، روش وستینگهاوس از قدیمی‌ترین، پرکاربردترین و مهم‌ترین روش‌های تعیین ضریب عملکرد است که توسط شرکت الکتریکی وستینگهاوس پیشنهاد شده است. در این روش ارزیابی اپراتور، بر اساس چهار فاکتور مهارت[۲]، تلاش[۳]، شرایط محیطی[۴] و سازگاری[۵]، براساس

۱- الوانس درصد مجازی‌ست که تمامی موردهای مربوط به تأخیرها و خستگی‌های ناشی از اثر کار و سایر موردهای دیگر را می‌پوشاند.

۲- نشان‌دهنده‌ی هماهنگی صحیح بین فکر و دست اپراتور است. مهارت یک اپراتور برحسب تجربه، استعداد ذاتی، ریتم و هماهنگی طبیعی انجام کار وی تعیین می‌شود.

۳- نمایانگر سرعتی‌ست که با مهارت لازم در انجام کار توسط اپراتور اِعمال می‌شود و کنترل آن تا حد زیادی بستگی به اپراتور دارد.

۴- این فاکتور اثرهای محیط را روی اپراتور مانند رطوبت، درجه‌حرارت، نور و غیره را نشان می‌دهد.

۵- میزان ثبات در زمان‌های مشاهده را نشان می‌دهد.

تقسیم‌بندی شش درجه‌ای انجام می‌شود. فرد زمان‌سنج می‌تواند هریک از این فاکتورها را بر اساس جدول (۱) درنظر بگیرد و در نهایت ضریب عملکرد محاسبه کند. عددهای مربوط به هریک از این فاکتورها و نیز تقسیم‌بندی شش درجه‌ی یادشده، به تفکیک هر فاکتور، در جدول (۱) آورده شده است [۲ و ۳].

جدول ۱- مقدارهای امتیازبندی روش وستینگهاوس

درجه	مهارت	تلاش	شرایط	سازگاری
فوق‌العاده	+۰/۱۵	+۰/۱۳	+۰/۰۶	+۰/۰۴
	+۰/۱۳	+۰/۱۲		
عالی	+۰/۱۱	+۰/۱۰	+۰/۰۴	+۰/۰۳
	+۰/۰۸	+۰/۰۸		
خوب	+۰/۰۶	+۰/۰۵	+۰/۰۲	+۰/۰۱
	+۰/۰۳	+۰/۰۲		
متوسط	۰	۰	۰	۰
کمی ضعیف	-۰/۰۵	-۰/۰۴	-۰/۰۳	-۰/۰۲
	-۰/۱۰	-۰/۰۸		
ضعیف	-۰/۱۶	-۰/۱۲	-۰/۰۷	-۰/۰۴
	-۰/۲۲	-۰/۱۷		

پیشینه‌ی پژوهش

در طول سالیان متمادی، پژوهش‌های گوناگونی در زمینه‌های گوناگون زمان‌سنجی توسط پژوهشگران به انجام رسیده است که در ادامه به برخی از آن‌ها پرداخته می‌شود. در سال ۱۹۷۲ میلادی، پژوهشگری با نام مورس، پژوهش‌هایی را بر روی تأثیر ضریب عملکرد و مقدارهای الوانس بر بعضی از متغیرها به انجام رسانیده است [۴].

بارنز بر اساس مشاهده‌ها و تجربه‌هایش درباره‌ی دامنه و محدوده‌ی گسترده‌ی توانایی‌ها و قابلیت‌های گوناگون کارگران بیان می‌دارد که امکان دارد یک اپراتورِ پر سرعت، به‌مراتب دو برابر یک اپراتورِ با عملکرد آهسته‌تر کار کند. هم‌چنین ایشان بیان داشته است که اشخاص در تمام طول یک روز یا حتی در روزهای متفاوت، به یک شکل عمل نمی‌کنند و از همین‌رو می‌باید ضریب عملکرد برای مشخص کردن زمان استاندارد درنظر گرفته شود [۵]. شیفر و شل در پژوهشی به ارزیابی عملکرد کارکنان، در وضعیت ارزیابی الکترونیکی پرداخته‌اند. ایشان بیان داشته‌اند که استرس به‌وجود آمده برای کارکنان، در عملکرد و کارکرد استاندارد آن‌ها تأثیر می‌گذارد و در همین راستا راهکاری را مبنی بر درنظر گرفتن الوانس استرس در زمان‌سنجی پیشنهاد کرده‌اند [۶].

ایوان ماشین در سال ۲۰۱۴ میلادی، در پژوهشی با درنظرگرفتن مونتاژ محصول پمپ دوچرخه، به‌عنوان یک عملیات مونتاژ دستی و یک کارِ دستی استاندارد، سه روش، بوتروید- دوهرست، وستینگهاوس اصلاح‌شده و روش تحلیل روندزدایی شده‌ی نوسان لوکاس را به محصول پمپ دوچرخه اِعمال کردند و در جدول مقایسه موردارزیابی قرار دادند و در نهایت نتیجه‌های روش‌ها را با سیستم ارزیابی کاری بیسیک ماست[۱] مقایسه کردند [۷]. سیویکان و کلیک در سال ۲۰۱۶ میلادی، درباره‌ی ارزیابی ضریب عملکرد در محیط غیرقطعی فرایند تصمیم‌گیری، یک روش مبتنی بر قانون‌های فازی پیشنهاد کرده‌اند. روش توسعه‌داده‌شده توسط ایشان شامل قانون‌های فازی برای تعیین مقدارهای ارزیابی هرفاکتور در روش وستینگهاوس است. برای ارزیابی مؤثر بودن سیستم پیشنهادی، ایشان این روش پیشنهادی را در یک سیستم تولید شینه[۲] اِعمال کرده‌اند [۸].

در پژوهشی دیگر پژوهشگران در پی ارائه‌ی روشی درباره‌ی برآورد اختلال‌های اسکلتی و عضلانی کارگران، در طول کارهای فشرده‌ی فیزیکی، مانند فعالیت‌های کارگران

1. Basic MOST

۲- تمام ژنراتورها، ترانسفورماتورها، سیم‌ها و کابل‌های یک نیروگاه یا تبدیل‌گاه که ولتاژ برابری دارند، با یک شمش یا یک رسانا به نام شینه یا باس بار (Busbar) در هر فاز به‌هم متصل می‌شوند.

برداشت‌کننده‌ی سیب در باغ‌های سپیدان استان فارس بودند. ایشان پژوهش خود را با بهره‌گیری از اصول ارگونومی و زمان‌سنجی با روش Stop Watch و به دور از هرگونه عدم قطعیت به‌انجام رسانده‌اند [۹].

هم‌چنین پولسکی و همکارش در پژوهشی در پی ارائه‌ی روشی درباره‌ی برآورد کمی در برنامه‌ریزی منابع، با درنظر گرفتن ترکیبیِ روش‌های توسعه‌یافته‌ی روش‌های زمان‌سنجیِ از پیش تعیین‌شده، همانند MODAPTS و MINIMOST، با روش‌های آماری زمان‌سنجی مانند Stop Watch که از داده‌های واقعی استفاده می‌کنند؛ بوده‌اند [۱۰].

باتوجه به بررسی‌های انجام‌شده از پژوهش‌های حوزه‌ی زمان‌سنجی، با درنظر گرفتن عدم قطعیت که در ایران به انجام رسیده است، مشخص شد پژوهش دزفولیان و سموئی در سال ۱۳۹۴ هجری شمسی، روش وستینگهاوس را با درنظر گرفتن عدم قطعیت موردبررسی قرار داده است [۱۱]، اما در پژوهش ایشان دو نکته‌ی قابل‌توجه وجود دارد:

۱- از روش میانگین فازی برای محاسبه‌ی زمان نرمال بهره‌گرفته شده است، در حالی‌که روش میانگین فازی نمی‌تواند پوشش‌دهنده‌ی تمامی مقدارهای فازی‌ای باشد که می‌تواند تصمیم‌گیران را از رسیدن به نتیجه‌های دقیق و منطقی دور کند.

۲- با توجه به این‌که درنظر گرفتن عدم قطعیت در موضوع‌هایی که ماهیت غیر قطعی دارند، خواهد توانست کارایی روش‌ها را بالا ببرد و دقت نتیجه‌های به‌دست آمده را تأمین کند، اما به‌گونه‌ای عملی و در مقیاس واقعی، این مورد در پژوهش ایشان بررسی نشده است. در همین رابطه کارایی روش مربوطه اثبات نشده است.

تاکنون پژوهش‌گران درزمینه‌های گوناگون زمان‌سنجی، به‌ویژه درزمینه‌های ضریب عملکرد، پژوهش‌های گوناگونی را انجام داده‌اند، اما هیچ‌کدام از آن‌ها تاکنون، در ارتباط با ضریب عملکرد و به‌ویژه ضریب عملکرد به روش وستینگهاوس، در صنعتی همچون تایرسازی که عمده فعالیت ساخت تایر توسط اپراتور انجام می‌شود، ضریب عملکرد روش وستینگهاوس را موردبررسی قرار نداده‌اند و حتی باتوجه به بررسی‌های انجام شده، مشخص شده است که زمان‌های مشاهده‌های عنصرهایی که به‌طور قطع توسط انسان و به‌وسیله‌ی کرنومتر اندازه‌گیری می‌شوند، تاکنون با درنظر گرفتن عدم قطعیت موردبررسی قرار نگرفته‌اند.

این موضوعی قابل‌تأمل است، زیرا درنظر گرفتن عدم قطعیت، به‌ویژه در زمان‌های مشاهده‌ها، از آنجا اهمیت پیدا می‌کند که برای نمونه برای تولید ماده‌ی نیمه‌ساخته‌ی A در یک کارگاه، سه دستگاه وجود دارد که هر کدام از این دستگاه‌ها در فاصله‌های مشخص از یکدیگر چیدمان شده‌اند، به‌گونه‌ای که برای انبارش ماده‌ی A تولیدشده توسط این سه دستگاه، سه محل انبارش در فاصله‌ی معین از هر کدام از آن‌ها وجود دارد. حال اگر این ماده‌ی نیمه‌ساخته برای استفاده در دستگاه دیگری که وظیفه‌ی تولید فراورده‌ی نهایی را برعهده دارد، مورد استفاده قرار گیرد، می‌باید از محل انبارش هرکدام از این سه دستگاه، به سمت دستگاه نهایی این فراورده‌ی نیمه‌ساخته حمل شود که باتوجه به این‌که فاصله‌های این دستگاه‌ها با یکدیگر متفاوت است، به‌طور قطع می‌توان مشخص کرد که زمان جابجایی مواد نیمه‌ساخته، یکسان و ثابت نخواهد بود. از طرفی از آنجایی‌که انسان به‌طور مشخص در فرایند زمان‌سنجی تأثیرگذار است، ضرورت درنظر گرفتن عدم قطعیت بیش از پیش آشکار و نمایان خواهد بود. در نتیجه در این پژوهش، در ابتدا مبانی عددهای فازی بیان خواهد شد تا زمینه‌ای برای پیاده‌سازی واقعی زمان‌سنجی و تعیین زمان استاندارد اپراتور دستگاه ساخت گرین تایر رادیال سواری در گروه صنعتی بارز، به‌عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده‌ی تایر رادیال سواری در ایران فراهم شود.

مجموعه‌های فازی و مجموعه‌های قطعی

اگر Ω را مجموعه‌ی مرجع بدانیم، آنگاه یک مجموعه‌ی فازی مانند $\tilde{A}$[1] از مجموعه‌ی مرجع Ω، به‌صورت زوج‌های مرتب بر اساس $\tilde{A}=\{(x,\mu_{\tilde{A}}(x))|x\varepsilon\Omega\}$ بیان می‌شود که درآن $\mu_{\tilde{A}}(x)$، تابع عضویت یا درجه‌ی عضویت تعریف شده و بیان می‌کند که عنصر x تا چه میزان به مجموعه‌ی A تعلق داشته یا ویژگی مجموعه‌ی فازی A را دارد.

این مقدار تابع عضویت[2] همواره مقدارهایی از بازه‌ی [۰،۱] را شامل می‌شود. اگر $\mu_{\tilde{A}}(x_0)=1$ باشد، پس گفته می‌شودکه x_0 متعلق به $\tilde{A}$ است؛ اگر $\mu_{\tilde{A}}(x_1)=0$ باشد، گفته می‌شود x_1 متعلق به $\tilde{A}$ نیست؛ و اگر $\mu_{\tilde{A}}(x_2)=0.6$ باشد، گفته می‌شود مقدار تابع عضویت یا درجه‌ی تعلق x_2 به مجموعه‌ی $\tilde{A}$، ۰٫۶ است. اگر $\mu_{\tilde{A}}(x)$ برابر یک یا صفر باشد، یک زیرمجموعه‌ی قطعی ازمجموعه‌ی Ω به‌دست می‌آید.

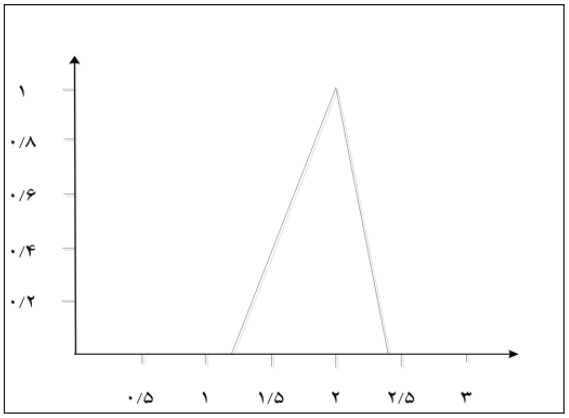
برای همه‌ی مجموعه‌های فازی $\tilde{B}\ \tilde{C}, \ldots$، مقدار تابع عضویت در x، به‌صورت $\mu_{\tilde{B}}(x), \mu_{\tilde{C}}(x), \ldots$ به‌کار برده می‌شود، اما یک مجموعه‌ی قطعی، یک مجموعه‌ی منظم است. یک عدد قطعی، فقط یک عدد حقیقی‌ست. یک ماتریس یا بردار قطعی، از عددهای حقیقی به‌عنوان اجزای آن بردار یا ماتریس استفاده می‌کند. یک تابع قطعی، عددهای حقیقی را به عددهای حقیقی نگاشت[3] می‌کند. یک راه حل قطعی برای یک مشکل، یک راه حل شامل مجموعه‌های قطعی، عددهای قطعی، تابع‌های قطعی و غیره است [۱۲ و ۱۳].

عددهای فازی

یک تعریف کلی از عددهای فازی دریافت می‌شود [۱۴ و ۱۵]، اما با این حال عددهای فازی، بیشتر مثلثی‌شکل یا ذوزنقه‌ای‌شکل خواهند بود و با توجه به اینکه کار با عددهای فازی مثلثی، در مقایسه با عددهای فازی ذوزنقه‌ای آسان‌تر است، در ادامه به عددهای فازی مثلثی پرداخته می‌شود.

یک عدد فازی مثلثی مانند $\tilde{N}$، به‌وسیله‌ی سه عدد a، b، و c تعریف می‌شود که $a<b<c$ و در آن قاعده‌ی مثلث در بازه‌ی $[a,c]$ و رأس آن در $x=b$ است. عددهای فازی مثلثی به‌صورت $\tilde{N}=(a,b,c)$ نوشته می‌شوند. برای نمونه یک عدد فازی مثلثی $\tilde{N}=(1.2,2,2.4)$ در شکل (۱) نمایش داده می‌شود. در شکل (۱) دیده می‌شود که در $x=2$، مقدار تابع عضویت برابر با ۱، یعنی $\tilde{N}(2)=1$ و در $x=1.6$، مقدار تابع عضویت برابر با ۰٫۵ یعنی $\tilde{N}(1.6)=0.5$ است [۱۲].

نکته: اگر در عددهای فازی مثلثی a= b یا b= c باشند، آنگاه این عددهای فازی مثلثی به‌عنوان عددهای فازی شبه‌مثلثی درنظر گرفته می‌شوند.



شکل ۱- عدد فازی مثلثی $\tilde{N}$

رابطه‌های میان عددهای فازی مثلثی

رابطه‌های عملیات استاندارد ریاضی برای عددهای فازی مثلثی $\tilde{A}=(a_1,a_2,a_3)$، $\tilde{B}=(b_1,b_2,b_3)$ و عدد غیر فازی n که می‌توان آن را به صورت عدد فازی $\tilde{n}=(n,n,n)$ بیان کرد؛ بر اساس رابطه‌های (۱) تا (۳) بیان می‌شود [۱۶]:

۱- لازم به یادآوری‌ست در منبع [۱۱] مجموعه‌ی فازی به‌صورت $\bar{A}$ نمایش داده شده است، اما به‌علت اینکه $\tilde{A}$ در منابع گوناگون بیشتر به چشم می‌خورد، از نماد $\tilde{A}$ استفاده شده است.

2. Membership function

۳- رابطه‌ای که هر نقطه از یک مجموعه را بر نقطه‌ای از مجموعه‌ی دیگر می‌نگارد.

$$\widetilde{A} + \widetilde{B} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \quad (۱)$$

$$\widetilde{A} \times \widetilde{B} \cong (a_1 \times b_1, a_2 \times b_2, a_3 \times b_3) \quad (۲)$$

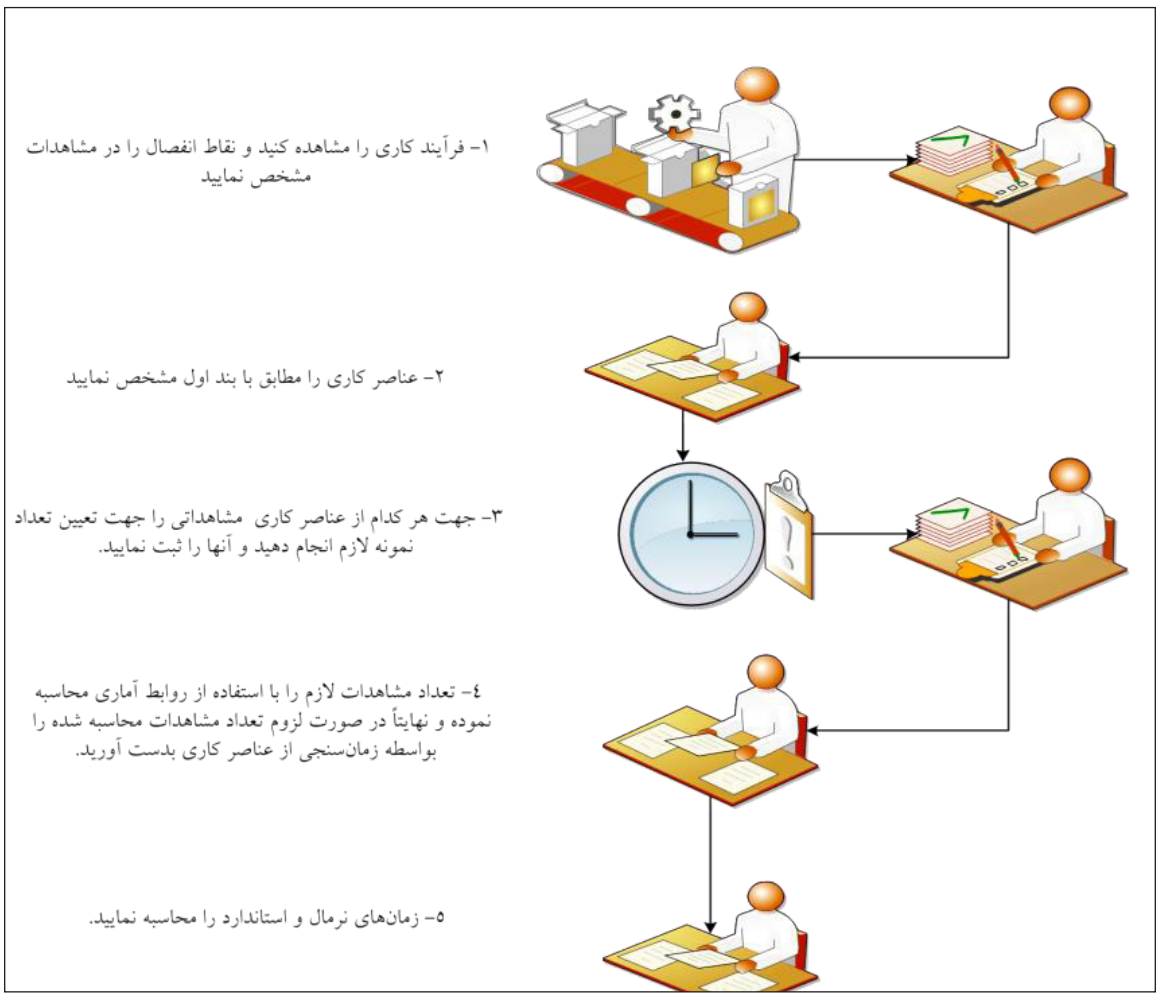
$$\widetilde{A} \times \tilde{n} \cong (a_1 \times n, a_2 \times n, a_3 \times n) \quad (۳)$$

روش پیشنهادی محاسبه‌ی زمان‌های نرمال و استاندارد فازی

در این روش پس از تعیین مشاهده‌های لازم به‌کمک رابطه‌های آماری و به‌دست‌آوردن زمان هر مشاهده با استفاده از کرنومتر، به‌کمک روش وستینگهاوس، ضریب عملکرد اپراتور به‌تفکیک هر عنصر در هر مشاهده تعیین می‌شود [۲].

در این روش از متغیرهای کلامی فوق‌العاده، عالی، خوب، متوسط، کمی ضعیف و ضعیف استفاده می‌شود. سپس با توجه به درجه‌ی درنظر گرفته‌شده، یک عدد قطعی از جدول (۱) لحاظ می‌شود؛ اما نکته‌ی مهمی که دارای اهمیت است آن است که در بسیاری از موردها، به‌سادگی نمی‌توان مرز مشخص و معینی برای درجه‌های متوالی مانند عالی یا فوق‌العاده یا ضعیف و خیلی ضعیف درنظر گرفت.

افزون بر آن لحاظ کردن تنها یک عدد قطعی، به پدیده‌ای که دارای ماهیت غیر قطعی‌ست، از دقت موضوع می‌کاهد. به‌همین دلیل در روش پیشنهادی برای هر فاکتور در روش



شکل ۲- ارائه‌ی تصویری دستورکارِ محاسبه‌ی زمان‌های نرمال و استاندارد فازی

وستینگهاوس، بازه‌ای تعریف می‌شود که بیشترین، محتمل‌ترین و کمترین مقدار هر فاکتور، باتوجه به عملکرد اپراتور در هر مشاهده‌ی این بازه‌ها اختصاص می‌یابد. در این راستا از عددهای فازی مثلثی استفاده شده است، چرا که این‌گونه عددها علاوه بر سادگی و کارایی زیاد، قدرت محاسبه‌های بالاتری را نسبت به سایر عددهای فازی فراهم می‌کنند.

درباره‌ی زمان‌های مشاهده‌ها نیز باتوجه به این‌که از لحاظ عملی ممکن نیست تمامی زمان‌های مشاهده شده در هر بار زمان‌سنجی، از مقدارهای یکسان و برابری برخوردار باشند و باتوجه به این‌که انسان به‌طور مستقیم، در فرایند زمان‌سنجی درگیر است، ضرورت درنظر گرفتن عدم قطعیت در زمان‌های مشاهده‌شده، بیش از پیش لازم و ضروری خواهد بود. برای محاسبه‌ی زمان‌های نرمال و استاندارد فازی، با درنظر گرفتن عدم قطعیت فازی در روش وستینگهاوس، در ادامه، دستورکاری به‌صورت گام‌به‌گام و بر اساس شکل (۲) ارائه شده است.

دستورکار محاسبه‌ی گام‌به‌گام محاسبه‌ی زمان‌های نرمال و استاندارد فازی

گام اول: تعداد مشاهده‌های لازم (n') را بر اساس رابطه‌ی (۴) تعیین و زمان مشاهده‌های لازم (T_i) را با کرنومتر ثبت کنند

$$n' = \left(\frac{\delta \times t_{\frac{\alpha}{2},n-1}}{K \times \overline{X}}\right)^2 \qquad (۴)$$

در رابطه‌ی (۴)، K، مربوط به دقت زمان‌سنجی؛ α-1، سطح اطمینان، δ ،n و $\overline{X}$، به‌ترتیب تعداد مشاهده‌های نمونه‌ی اولیه، انحراف استاندارد مشاهده‌های نمونه‌ی اولیه و میانگین زمان مشاهده‌های نمونه‌ی اولیه است.

گام دوم: برای هر مشاهده، فاکتورهای مهارت، تلاش، شرایط محیطی و سازگاری را به‌دست آورده و با عددهای فازی مثلثی (a_1, a_2, a_3)، (b_1, b_2, b_3)، (c_1, c_2, c_3) و (d_1, d_2, d_3)، مقدارهای مربوط به هر فاکتور را نشان دهید.

گام سوم: ضریب عملکرد ($\tilde{R}$) هر مشاهده را بر اساس رابطه‌ی (۵) تعیین کنید.

$$\tilde{R} = (a_1, a_2, a_3) + (b_1, b_2, b_3) + (c_1, c_2, c_3) + (d_1, d_2, d_3) \qquad (۵)$$

$$\tilde{R} = (a_1 + b_1 + c_1 + d_1, a_2 + b_2 + c_2 + d_2, a_3 + b_3 + c_3 + d_3) = (R_1, R_2, R_3)$$

گام چهارم: برای تمام مشاهده‌ها، زمان مشاهده‌شده (T_i) را بر اساس رابطه‌های (۶) و (۷) در ضریب عملکرد ضرب کنید

$$\tilde{E}_i = \tilde{T}_i \times (1 + \tilde{R}_i) \qquad i = 1,2,\dots,n \qquad (۶)$$

$$\tilde{T}_i = \left(\min_{i=1,\dots,n}(T_i), \left(\prod_{i=1}^{n} T_i\right)^{\frac{1}{n}}, \max_{i=1,\dots,n}(T_i)\right) \qquad (۷)$$

گام پنجم: عددهای فازی به‌دست آمده در رابطه‌ی (۶) را بر اساس رابطه‌ی (۸) محاسبه کنید و به‌عنوان زمان نرمال ($\widetilde{NT}$) نشان دهید.

$$\widetilde{NT} = \left(\min_{i=1,\dots,n}(T_i), \left(\prod_{i=1}^{n} T_i\right)^{\frac{1}{n}}, \max_{i=1,\dots,n}(T_i)\right) + \left(\min_{i=1,\dots,n}(T_i R_{i1}), \left(\prod_{i=1}^{n} T_i R_{i2}\right)^{\frac{1}{n}}, \max_{i=1,\dots,n}(T_i R_{i3})\right) \qquad (۸)$$

در پایان برای محاسبه‌ی زمان استاندارد مقدارهای اضافه‌های مجاز که به‌صورت درصد هستند؛ برای تمامی تأخیرهای غیر قابل‌پیش‌گیری، نیازهای شخصی و غیره به زمان نرمال را بر اساس رابطه‌ی (۹) بیفزایید.

$$\widetilde{ST} = \frac{\widetilde{NT}}{\left(1 - \text{مجموع درصد بیکاری‌های مجاز}\right)} \qquad (۹)$$

زمان‌سنجی اپراتور دستگاه ساخت تایر سبز رادیال سواری

همان‌گونه که پیش‌تر نیز اشاره شد، هدف این پژوهش تعیین زمان استاندارد اپراتور دستگاه ساخت تایر سبز رادیال سواری در گروه صنعتی بارز، به‌عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده‌ی بازار تایر ایران است. در همین رابطه ابتدا بنا به نظر مدیریت محترم اداره‌ی برنامه‌ریزی و مهندسی صنایع این شرکت، یکی از دستگاه‌های KM- PU ساخت شرکت Continental آلمان، از خط تولید تایرهای رادیال سواری درنظر گرفته شد. سپس در راستای تعیین تعداد مشاهده‌های لازم برای تعیین زمان‌های نرمال و استاندارد، تعداد ۵ مشاهده از یکی از اپراتورهای بخش KM، یکی از این دستگاه‌ها، برای تولید یک سیکل محصول، به‌صورت فیلم‌برداری انجام شد و زمان‌سنجی و نتیجه‌های مشاهده‌ها بر اساس جدول (۲) ثبت شد. سپس با بهره‌گیری از رابطه‌ی (۴)، با درنظر گرفتن سطح دقت زمان‌سنجی ۲۵ درصد و سطح اطمینان ۹۰ درصد، تعداد واقعی مشاهده‌ها بر اساس محاسبه‌های آماری محاسبه شد که نتیجه‌های آن در جدول (۳) بیان شده است.

با توجه به محاسبه‌های انجام شده و نتیجه‌های ارائه شده در جدول (۳) درباره‌ی تعداد مشاهده‌های لازم، مشخص شد که همان ۵ مشاهده‌ی به‌دست آمده، جواب‌گوی محاسبه‌های زمان نرمال و استاندارد بوده است و می‌توان به نتیجه‌های به‌دست آمده از این مشاهده‌ها بسنده کرد. در همین‌باره، باتوجه به رویه‌ای که در منابع گوناگون در ارتباط با روش وستینگهاوس، برای محاسبه‌ی زمان‌های نرمال و استاندارد بیان شده است، می‌باید ضریب عملکردی درباره‌ی فعالیت اپراتور تعیین شود که این کار در این پژوهش، به‌صورت

جدول ۲- نتیجه‌های مشاهده‌های زمان‌سنجی انجام‌شده

عنصرهای کاری	زمان‌های مشاهده شده				
	۱	۲	۳	۴	۵
۱- حرکت برای چک کردن طوقه، چک کردن طوقه و سرجای خود قرار دادن طوقه نقطه‌ی انفصال: آزاد شدن دست اپراتور از طوقه‌ها	۲٫۷۴	۴٫۵۳	۴٫۵۹	۳٫۶	۲٫۷۴
۲- حرکت برای بررسی محل پیوند، بررسی محل پیوند و حتی تصحیح پیوند لایه‌ی نخی نقطه‌ی انفصال: خارج شدن بدن اپراتور از محدوده‌ی حس‌گرهای دستگاه	۱٫۴۸	۱٫۶۶	۱٫۴۹	۱٫۰۸	۱٫۵۳
۳- حرکت برای برداشتن بید، برداشتن بید، جداسازی بیدهای به‌هم چسبیده، قرار دادن بیدها در بازوهای درام برای کیس بعد نقطه‌ی انفصال: آزاد شدن دست اپراتورها از طوقه‌ها	۱۳٫۰۴	۱۳٫۰۴	۱۵٫۵۲	۱۳٫۴۱	۱۷٫۳۷
۴- بررسی و حتی تصحیح پیوند دو سر دیواره‌ی تایر نقطه‌ی انفصال: خارج شدن بدن اپراتور از محدوده‌ی حس‌گرهای دستگاه	۱٫۰۸	۱٫۵۱	۱٫۳۵	۱٫۳۹	۰٫۷۶
۵- حرکت برای برداشتن میل‌آپ، جداکردن میل‌آپ، نصب میل‌آپ بر روی کیس نقطه‌ی انفصال: چسباندن میل‌آپ بر روی کیس یک	۶٫۵۷	۷٫۴۷	۶٫۴۳	۶٫۹۳	۶٫۳
۶- حرکت برای برداشتن کیس یک، آزاد کردن کیس یک از روی درام، برداشت کیس یک پس از چسباندن میل‌آپ نقطه‌ی انفصال: زدن شستی فشاری برای نزدیک کردن بازوهای درام به درام مرکزی	۲٫۴۷	۱٫۹۳	۲٫۸۸	۲٫۰۲	۲٫۷۴
۷- حمل کیس یک، قرار دادن کیس یک بر روی تسمه‌نقاله‌ی بیرینگی (Bearing) از لحظه‌ی زدن شستی فشاری نقطه‌ی انفصال: آزاد شدن دست اپراتور از کیس	۲٫۹۲	۳٫۲۴	۳٫۰۵	۳٫۱۹	۳٫۱۵

تعیین ضریب عملکرد فازی، به‌ازای هرکدام از عنصرهای کاری در هریک از مشاهده‌های صورت گرفته و نتیجه‌های تعیین ضریب‌های عملکرد فازی در جدول (۴) بیان شده است.

جدول ۳- نتیجه‌های محاسبه‌های مربوط به تعداد مشاهده‌های لازم

عنصر	انحراف معیارهای زمان‌های مشاهده‌شده	میانگین زمان‌های مشاهده‌شده	تعداد مشاهده‌های لازم و ضروری
۱	۰٫۹۱۰۵۲۱۸۲۸	۳٫۶۴	۴٫۵۵
۲	۰٫۲۱۷۸۷۶۱۱۲	۱٫۴۴۸	۱٫۶۵
۳	۱٫۹۱۸۷۰۵۲۹۳	۱۴٫۴۷۶	۱٫۲۸
۴	۰٫۳۰۰۴۴۹۶۶۳	۱٫۲۱۸	۴٫۴۳
۵	۰٫۴۷۱۰۶۲۶۲۹	۶٫۷۴	۰٫۳۶
۶	۰٫۴۲۳۰۴۸۴۶۱	۲٫۴۰۸	۲٫۲۴
۷	۰٫۱۲۷۰۸۲۶۵	۳٫۱۱	۰٫۱۲
بیشترین تعداد مشاهده‌های لازم و ضروری			۵

جدول ۴- نتیجه‌های ضریب عملکرد نهایی فازی مربوط به هر مشاهده به تفکیک هر عنصر

ضریب عملکرد	عنصر اول	عنصر دوم	عنصر سوم	عنصر چهارم	عنصر پنجم	عنصر ششم	عنصر هفتم
ضریب عملکرد	۰٫۱۹	۰٫۱۰	۰٫۰۵	۰٫۱۲	۰٫۲۸	۰٫۲۰	۰٫۱۹
نهایی	۰٫۱۴	۰٫۰۶	-۰٫۰۵	۰٫۰۷	۰٫۲۳	۰٫۱۴	۰٫۱۴
مشاهده‌ی اول	۰٫۰۶	۰٫۰۰	-۰٫۱۳	۰٫۰۰	۰٫۱۸	۰٫۰۹	۰٫۰۹
ضریب عملکرد	۰٫۰۳	۰٫۱۳	۰٫۱۲	۰٫۱۸	۰٫۱۲	۰٫۲۵	۰٫۰۹
نهایی	-۰٫۰۵	۰٫۰۸	۰٫۰۶	۰٫۱۳	۰٫۰۶	۰٫۱۹	۰٫۰۵
مشاهده‌ی دوم	-۰٫۱۸	۰٫۰۳	-۰٫۰۱	۰٫۰۷	۰٫۰۲	۰٫۱۵	۰٫۰۰
ضریب عملکرد	۰٫۰۲	۰٫۲۲	۰٫۰۹	۰٫۱۲	۰٫۱۰	۰٫۱۱	۰٫۱۵
نهایی	-۰٫۰۲	۰٫۱۶	۰٫۰۳	۰٫۰۸	۰٫۰۶	۰٫۰۶	۰٫۱۱
مشاهده‌ی سوم	-۰٫۰۶	۰٫۱۲	-۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۵
ضریب عملکرد	۰٫۱۱	۰٫۱۵	۰٫۱۱	۰٫۱۲	۰٫۰۳	۰٫۰۹	۰٫۱۰
نهایی	۰٫۰۷	۰٫۱۱	۰٫۰۷	۰٫۰۷	-۰٫۰۱	۰٫۰۵	۰٫۰۵
مشاهده‌ی چهارم	۰٫۰۳	۰٫۰۷	۰٫۰۳	۰٫۰۲	-۰٫۰۵	۰٫۰۱	۰٫۰۱
ضریب عملکرد	۰٫۱۱	۰٫۰۶	۰٫۱۶	۰٫۰۶	۰٫۱۱	۰٫۱۸	۰٫۱۹
نهایی	۰٫۰۶	۰٫۰۲	۰٫۱۱	۰٫۰۲	۰٫۰۵	۰٫۱۴	۰٫۱۳
مشاهده‌ی پنجم	۰٫۰۲	-۰٫۰۲	۰٫۰۷	-۰٫۰۲	۰٫۰۰	۰٫۱۰	۰٫۰۸

پس از تعیین ضریب عملکرد فازی بر اساس گام چهارم ارائه‌شده در دستورکار، می‌باید زمان‌های مربوط به مشاهده‌ها را از مقدارهای قطعی، به مقدارهای فازی تبدیل کرد. نتیجه‌های این تبدیل در جدول (۵) ارائه شده است.

پس از تعیین مقدارهای فازی مربوط به ضریب‌های عملکرد و مشاهده‌ها، نوبت به محاسبه‌ی زمان نرمال فازی می‌رسد که نتیجه‌های زمان‌های نرمال فازی محاسبه‌شده در جدول (۶) ارائه شده‌اند.

جدول ۵- نتیجه‌های تبدیل مقدارهای قطعی مشاهده‌ها به مقدارهای فازی

عنصر	زمان فازی مشاهده‌ها		
۱	۴٫۵۹	۳٫۵۵	۲٫۷۴
۲	۱٫۶۶	۱٫۴۳	۱٫۰۸
۳	۱۷٫۳۷	۱۴٫۳۸	۱۳٫۰۴
۴	۱٫۵۱	۱٫۱۸	۰٫۷۶
۵	۷٫۴۷	۶٫۷۳	۶٫۳۰
۶	۲٫۸۸	۲٫۳۸	۱٫۹۳
۷	۳٫۲۴	۳٫۱۱	۲٫۹۲

جدول ۶- نتیجه‌های مربوط به زمان‌های نرمال فازی به تفکیک هر مشاهده

عنصر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
زمان نرمال فازی مشاهده‌های ۱	۰٫۸۷ ۰٫۵۰ ۰٫۱۶	۰٫۱۷ ۰٫۰۹ ۰٫۰۰	۰٫۸۷ -۰٫۷۲ -۱٫۷۰	۰٫۱۸ ۰٫۰۸ ۰٫۰۰	۲٫۰۹ ۱٫۵۵ ۱٫۱۳	۰٫۵۸ ۰٫۳۳ ۰٫۱۷	۰٫۶۲ ۰٫۴۴ ۰٫۲۶
زمان نرمال فازی مشاهده‌های ۲	۰٫۱۴ -۰٫۱۸ -۰٫۴۹	۰٫۲۲ ۰٫۱۱ ۰٫۰۳	۲٫۰۸ ۰٫۸۶ -۰٫۱۳	۰٫۲۷ ۰٫۱۵ ۰٫۰۵	۰٫۹۰ ۰٫۴۰ ۰٫۱۳	۰٫۷۲ ۰٫۴۵ ۰٫۲۹	۰٫۲۹ ۰٫۱۶ ۰٫۰۰
زمان نرمال فازی مشاهده‌های ۳	۰٫۰۹ -۰٫۰۷ -۰٫۱۶	۰٫۳۷ ۰٫۲۳ ۰٫۱۳	۱٫۵۶ ۰٫۴۳ -۰٫۱۳	۰٫۱۸ ۰٫۰۹ ۰٫۰۱	۰٫۷۵ ۰٫۴۰ ۰٫۱۳	۰٫۳۲ ۰٫۱۴ ۰٫۰۴	۰٫۴۹ ۰٫۳۴ ۰٫۱۵
زمان نرمال فازی مشاهده‌های ۴	۰٫۵۰ ۰٫۲۵ ۰٫۰۸	۰٫۲۵ ۰٫۱۶ ۰٫۰۸	۱٫۹۱ ۱٫۰۱ ۰٫۳۹	۰٫۱۸ ۰٫۰۸ ۰٫۰۲	۰٫۲۲ -۰٫۰۷ -۰٫۳۲	۰٫۲۶ ۰٫۱۲ ۰٫۰۲	۰٫۳۲ ۰٫۱۶ ۰٫۰۳
زمان نرمال فازی مشاهده‌های ۵	۰٫۵۰ ۰٫۲۱ ۰٫۰۵	۰٫۱۰ ۰٫۰۳ -۰٫۰۲	۲٫۷۸ ۱٫۵۸ ۰٫۹۱	۰٫۰۹ ۰٫۰۲ -۰٫۰۲	۰٫۸۲ ۰٫۳۴ ۰٫۰۰	۰٫۵۲ ۰٫۳۳ ۰٫۱۹	۰٫۶۲ ۰٫۴۰ ۰٫۲۳
میانگین هندسی فازی	۰٫۸۷ ۰٫۲۰ -۰٫۴۹	۰٫۳۷ ۰٫۱۰ -۰٫۰۲	۲٫۷۸ -۰٫۸۴ -۱٫۷۰	۰٫۲۷ ۰٫۰۷ -۰٫۰۲	۲٫۰۹ -۰٫۳۶ -۰٫۳۲	۰٫۷۲ ۰٫۲۴ ۰٫۰۲	۰٫۶۲ ۰٫۲۷ ۰٫۰۰
زمان مشاهده‌های فازی	۴٫۵۹ ۳٫۵۵ ۲٫۷۴	۱٫۶۶ ۱٫۴۳ ۱٫۰۸	۱۷٫۳۷ ۱۴٫۳۸ ۱۳٫۰۴	۱٫۵۱ ۱٫۱۸ ۰٫۷۶	۷٫۴۷ ۶٫۷۳ ۶٫۳۰	۲٫۸۸ ۲٫۳۸ ۱٫۹۳	۳٫۲۴ ۳٫۱۱ ۲٫۹۲

اما پس از محاسبه‌ی زمان‌های نرمال فازی مربوط به هرکدام از پنج مشاهده، نوبت به محاسبه‌ی زمان‌های نرمال و استاندارد نهایی فازی می‌رسد که برای محاسبه‌ی زمان استاندارد فازی، همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، مقدارهای اضافه‌های مجاز به‌صورت الوانس نیازهای شخصی، الوانس خستگی پایه، الوانس ایستادن، الوانس یکنواختی فیزیکی (کسل‌کننده) و الوانس حادثه‌های احتمالی، به زمان نرمال اضافه می‌شوند. نتیجه‌های مربوط به زمان‌های نرمال و استاندارد فازی در جدول (۷) ارائه شده است.

جدول ۷- نتیجه‌های زمان‌های نهایی نرمال و استاندارد فازی

عنصر	c	b	a	
۱	۵٫۴۶	۳٫۷۵	۲٫۲۵	زمان‌های نرمال فازی
۲	۲٫۰۳	۱٫۵۳	۱٫۰۶	
۳	۲۰٫۱۵	۱۳٫۵۴	۱۱٫۳۴	
۴	۱٫۷۸	۱٫۲۶	۰٫۷۴	
۵	۹٫۵۶	۶٫۳۷	۵٫۹۹	
۶	۳٫۶۰	۲٫۶۲	۱٫۹۵	
۷	۳٫۸۶	۳٫۳۸	۲٫۹۲	
نهایی	۴۶٫۴۴	۳۲٫۴۵	۲۶٫۲۵	جمع کل زمان نرمال فازی
نهایی	۵۶٫۶۳	۳۹٫۵۷	۳۲٫۰۱	زمان استاندارد فازی

نتیجه‌ها و بحث

اگر نتیجه‌های روش پیشنهادی ارائه شده در این پژوهش با روش مرسوم مورداستفاده در کارخانه که در آن ضریب‌های عملکرد و به‌ویژه زمان‌های مشاهده‌ها به‌صورت عددهای قطعی بیان می‌شوند، مقایسه انجام شود و از عدد ۳۹٫۵۷ ثانیه در عدد فازی (۵۶٫۶۳، ۳۹٫۵۷، ۳۲٫۰۱) که زمان تولید یک عدد فراورده توسط اپراتور را در حالت عدم قطعیت نشان می‌دهد، به‌عنوان محتمل‌ترین مقدار زمان استاندارد در حالت قطعیتِ ضریب عملکرد و زمان مشاهده‌های استفاده شود، روش معمول علاوه بر این‌که هیچ‌گونه تلرانس (حد تغییرهای مجاز) و محدوده‌ای را برای تصمیم‌گیری بیان نمی‌کند، محدودیت‌ها و شرایطی را که امکان دارد در شرایط واقعی تغییری در عملکرد اپراتور به‌وجود آورد را نادیده می‌گیرد و هیچ‌گونه دیدگاه ردیابی علت‌های ریشه‌ای را در اختیار تصمیم‌گیران قرار نمی‌دهد. در نتیجه خطاهایی را در تصمیم‌های حساس تصمیم‌گیران ایجاد می‌کند که در همین‌باره و به‌ویژه در حجم بالای تولید، خطاهای به‌وجود آمده، باعث از بین رفتن سرمایه، ناممکن بودن تعیین دقیق تعداد ماشین‌آلات لازم و ضروری، ناممکن بودن تعیین دقیق تعداد نیروی انسانی موردنیاز و دست نیافتن به هدف‌های از پیش تعیین‌شده‌ی سازمان می‌شود.

این در حالی‌ست که عدد فازی (۵۶٫۶۳، ۳۹٫۵۷، ۳۲٫۰۱)، در حالت قطعیت نداشتن، بیان می‌دارد و نشان می‌دهد در صورت داشتن بهترین ورودی‌ها و وجود نداشتن هرگونه اِشکال فنی و روشی، زمان تولید در حدود ۳۲٫۰۱ ثانیه به‌طول خواهد انجامید که این زمان منجر به تولید ۹۰۰ حلقه کیس در طول یک شیفت خواهد شد. اما اگر ورودی‌های دستگاه بهترین نباشد یا در صورت پیدایش هرگونه اِشکال فنی و روشی، زمان تولید این تغداد حلقه کیس به ۵۶/۶۳ ثانیه افزایش خواهد یافت که این زمان منجر به تولید ۵۰۹ حلقه کیس در طول یک شیفت خواهد شد. بنابراین درنظر گرفتن قطعیت نداشتن در روش زمان‌سنجی سبب خواهد شد تصمیم‌گیران درباره‌ی یافتن علت‌های ریشه‌ای مشکل‌های به‌وجود آمده در تولید، تصمیم‌گیری درباره‌ی به‌کارگیری نیروی کاری جدید، به‌کارگیری اپراتور در بخش‌های دیگر تولید و غیره کمک شایانی کند.

نتیجه‌گیری

باتوجه به این‌که دنیای پیرامون ما به‌لحاظ عملی از

موضوع‌های گوناگون غیر قطعی بسیاری تشکیل شده است و با توجه به این‌که در دوره‌های گوناگون زمانی، برای آسانی یا حتی شناخت نداشتن تصمیم‌گیران از روش‌ها و شیوه‌های بررسی موضوع‌های قطعیت نداشتن در تصمیم‌گیری‌های گوناگون، موضوع‌ها معمولاً به‌صورت قطعی مورد بحث‌وبررسی قرار گرفته‌اند؛ بنابراین همین مورد سبب شده است که بسیاری از برداشت‌های قطعی انسان از این پدیده‌ها، او را منتهی به نتیجه‌های غیردقیق و نامطمئن کند و درنهایت برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های برگرفته شده از این برداشت‌ها را دچار انحراف و حتی غیر مؤثر کند.

یکی از حوزه‌هایی که تاکنون باتوجه به روشنی قطعیت نداشتن در آن به‌صورت قطعی با روش‌های گوناگون موردبحث‌وبررسی قرار گرفته، مبحث زمان‌سنجی‌ست. زمان‌سنجی بر مبنای قطعیت، سبب تصمیم‌ها و برنامه‌ریزی‌های گوناگونی مانند تعیین تعداد ماشین‌آلات تولیدی، تعداد نیروی انسانی موردنیاز و غیره می‌شود، اما از آنجایی‌که در زمان‌سنجی فعالیت‌ها، از ضریب عملکرد برای محاسبه‌ی زمان نرمال و استاندارد استفاده می‌شود و در محاسبه‌ی ضریب عملکرد باتوجه به وضعیت فعلی یک برداشت قطعی از یک پدیده‌ی غیرقطعی صورت می‌گیرد، امکان بروز خطا پیش خواهد آمد.

در همین‌باره در این پژوهش به روش زمان‌سنجی و به‌ویژه ضریب عملکرد به‌عنوان یکی از عامل‌های مهم در تعیین مؤثر زمان فعالیت‌ها پرداخته شده است. یکی از پرکاربردترین روش‌های تعیین ضریب عملکرد برای زمان‌سنجی با کرنومتر، روش ستینگهاوس اس. این روش از چهار فاکتور مهارت، تلاش، شرایط محیطی و سازگاری تشکیل شده است و در هرمشاهده یا تمامی مشاهده‌ها، برای هرفاکتور، یک درجه و برای هر درجه، یک عدد قطعی مشخص می‌شود؛ اما از آنجایی که در این روش این امکان وجود خواهد داشت که نتوان مرز مشخص و دقیقی میان درجه‌های متوالی یا برای هردرجه، یک عدد قطعی ویژه و منحصربه‌فرد تعیین کرد، از منطق فازی برای برطرف کردن این مشکل بدین‌شکل استفاده شد که به‌واسطه‌ی هردرجه از فاکتورهای روش وستینگهاوس، یک عدد فازی مثلثی اختصاص یابد و بر اساس دستورکار ارائه‌شده، زمان نرمال و زمان استاندارد محاسبه شود.

باتوجه به ماهیت منطق فازی و باتوجه به این‌که فعالیت‌هایی که انسان نقش مستقیم در انجام آن‌ها و حتی تصمیم‌گیری‌ها دارد و باتوجه به این‌که هدف‌های این‌گونه منطق‌ها، مانند منطق فازی، کاهش خطاهای انسانی درباره‌ی هرگونه فعالیتی‌ست، روش پیشنهادی- به‌ویژه در زمان‌هایی که میزان تولید بسیار بالاست یا حتی تعداد فعالیت‌های تشکیل‌دهنده‌ی یک عملیات به‌طور چشم‌گیری بالا هستند- می‌تواند در کاهش خطا بسیار مؤثر باشد.

هم‌چنین علاوه بر این‌که در تعیین ضریب‌های عملکرد، قطعیت نداشتن به‌روشنی به‌چشم می‌خورد، این قطعیت نداشتن در زمان مشاهده‌هایی که انسان به‌طور مستقیم هم در تعیین آن‌ها نقش دارد، دیده می‌شود. در این پژوهش برای درنظر گرفتن قطعیت نداشت، زمان‌های مشاهده شده‌ی قطعی، به تفکیک هر عنصر، به زمان‌های مشاهده‌شده‌ی فازی تبدیل شدند و باتوجه به درنظر گرفتن قطعیت نداشتن در ضریب عملکرد و نیز زمان‌های مشاهده‌شده، زمان‌های نرمال و استاندارد فازی محاسبه شدند.

برای بررسی مؤثر بودن روش پیشنهادی، از زمان‌سنجی واقعی یکی از دستگاه‌های تایرسازی KM-PU گروه صنعتی بارز بهره‌گرفته شده است. تعداد عنصرهای کاری شناخته‌شده در این دستگاه که قابلیت تفکیک به عنصرهای ریزتر دیگری را ندارند، ۷ عنصر بود و باتوجه به نمونه‌ی اولیه‌ی ۵ مشاهده‌ای درباره‌ی هر کدام از عنصرها و با درنظر

گرفتن رابطه‌ی آماری محاسبه‌ی تعداد نمونه، تعداد ۵ نمونه‌ی مشاهده، مناسب شناخته شد و بر اساس مشاهده‌های زمان‌سنجی‌شده، نتیجه‌های به‌دست آمده درباره‌ی زمان‌های نرمال و استاندارد قابل‌پذیرش بود.

چنانچه نتیجه‌های روش پیشنهادی با نتیجه‌های مورداستفاده در زمانی‌که ضریب‌های عملکرد، قطعی و نیز زمان‌های مشاهده شده، قطعی درنظر گرفته می‌شود، مورد مقایسه قرار گیرد و برای نمونه از عددهای فازی به‌عنوان محتمل‌ترین عدد برای تعیین ضریب عملکرد و زمان‌های مشاهده شده، استفاده شود، این مقدار علاوه بر این‌که هیچ تلرانسی برای تصمیم‌گیرنده ارائه نمی‌کند، از شرایطی که امکان دارد در دنیای واقعی بر روی عملکرد اپراتور تأثیرگذار باشد و آن‌ها را نادیده بگیرد، جلوگیری خواهد کرد. روشن است که با دور شدن مسأله از دنیای واقعی، درجه‌ی اعتبار نتیجه‌ها نیز کاهش خواهد یافت و امکان تأکید و تکیه کردن به نتیجه‌های آن، غیر ممکن و حتی غیر منطقی خواهد بود. حتی همین خطاهای به‌وجود آمده و لحاظ نکردن قطعیت نداشتن خواهد توانست خطاها و انحراف‌هایی را در تصمیم‌های سازمان، به‌ویژه خطا در تعیین تعداد ماشین‌آلات موردنیاز، تعداد نیروی انسانی موردنیاز و غیره ایجاد کند. در این‌صورت فرصت‌های فروش از دست می‌رود و این موضوع در حجم بالای تولید، می‌تواند به‌آسانی جبران‌پذیر نباشد. بنابراین درنظر گرفتن قطعیت نداشتن در موضوع زمان‌سنجی، به‌دلیل اهمیت این حوزه در تصمیم‌های کلیدی مربوط به تولید سازمان، به‌شدت می‌تواند کمک شایان و صحیحی در تصمیم‌های آن باشد.

در پایان برای مطالعه‌های آینده می‌توان از ضریب عملکرد غیر قطعی ارائه‌شده در این پژوهش، در سایر دستگاه‌های این مجتمع استفاده کرد. هم‌چنین می‌توان از روش ارائه شده در این پژوهش، در سایر صنایع، برای تعیین زمان‌های نرمال و استاندارد فازی نیز بهره گرفت IRM

مراجع

۱- کحال‌زاده، ع.؛ (۱۳۷۳)- دفتر بین‌المللی کار، ارزیابی کار و زمان، مرکز نشر دانشگاهی، ۲۳۴.

۲- علی احمدی، ع.؛ (۱۳۸۰)- ارزیابی کار و زمان، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، ۲۵۷-۲۳۱.

۳- مرعشی، س. ن.؛ (۱۳۸۰)- سیستم‌های زمان‌سنجی، کارآفرینان بصیر، ۶۱ -۴۹.

4. Moores, B., (1972). Ergonomics- or work study? Applied Ergonomics, 3(3), 147- 154.
5. Barnes, RM., (1980). Motion and time study design and measurement of work, 7th ed., John Wiley and Sons, NY.
6. Schleifer, LM. & Shell, RL., (1992). A review and reappraisal of electronic performance monitoring, performance standards and stress allowances. Applied Ergonomics, 23(1), 49- 53.
7. Mašín, I., (2014). A Comparison of DFA Methods for Manual Assembly, Ševc˘ík L, et al. (eds.), Modern Methods of Construction Design, Lecture Notes in Mechanical Engineering, DOI: 10.1007/978- 3- 319- 05203- 8_38.
8. Emre Cevikcan, E. & Selcuk Kilic, H., (2016). TEMPO RATING APPROACH USING FUZZY RULE BASED SYSTEM AND WESTINGHOUSE METHOD FOR THE ASSESSMENT OF NORMAL TIME, International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice, Vol. 23, No. 1.
9. Houshyar, E. & Kim, I.- J., (2018). Understanding musculoskeletal disorders among Iranian apple harvesting laborers: Ergonomic and stop watch time studies, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 67, pp. 32- 40, 2018/09/01/ 2018.

10. Polotski,V. & Beauregard,Y., (2018). Work- Time Identification and Effort Assessment: Application to Fenestration Industry and Case Study The authors would like to acknowledge the funding received from the NSERC ENGAGE (Industry- University partnership) program through EGP- 492358- 15 grant, IFAC- PapersOnLine, Vol. 51, pp. 569- 574, 2018/01/01/ 2018.

۱۱-دزفولیان، ح. ر.؛ و سموئی، پ.، (۱۳۹۴). تعیین ضریب عملکرد در زمان‌سنجی با کرنومتر به کمک منطق فازی، مدیریت تولید و عملیات، دوره‌ی ششم، شماره‌ی ۲، پیاپی ۱۱، پاییز و زمستان ۱۳۹۴.

12. Buckley, JJ., Eslami, E. & Feuring, T., (2002). Fuzzy Mathematics in Economics and Engineering, Springer- Verlag Berlin Heidelberg GmbH, ISBN 978- 3- 7908- 2505- 3, DOI 10.1007/978- 3- 7908- 1795- 9.

۱۳-حبیبی، آ.؛ ایزدیار، ص.؛ و سرافرازی، آ.؛ (۱۳۹۳)- تصمیم‌گیری چند معیاره‌ی فازی، انتشارات کتیبه‌ی گیل

14. Buckley, JJ. & Eslami, E., (2001). Introduction to Fuzzy Logic and Fuzzy Sets, Physica-Verlag, Heidelberg, Germany.

15. Klir, GJ. & Yuan, B., (1995). Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications, Prentice Hall, Upper Saddle River, N. J., 1995.

۱۶-امیری، م.؛ (۱۳۸۹)- تصمیم‌گیری گروهی برای انتخاب ابزار ماشین با استفاده از روش ویکور فازی، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، سال ششم، شماره‌ی ۱۶، بهار ۸۹، صفحه‌های ۱۶۷ تا ۱۸۸.

خرداد ۱۳۹۸

اسامی دوره‌های قابل برگزاری در شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک برای این ماه

روز	تاریخ	نام دوره
چهارشنبه	۱	
پنجشنبه	۲	
جمعه	۳	
شنبه	۴	
یکشنبه	۵	
دوشنبه	۶	
سه‌شنبه	۷	
چهارشنبه	۸	
پنجشنبه	۹	
جمعه	۱۰	
شنبه	۱۱	آشنایی با کارخانجات تایرسازی خارجی و داخلی
یکشنبه	۱۲	سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی ۲۰۱۸ : ISO ۴۵۰۰۱
دوشنبه	۱۳	آزمون‌ها و استانداردهای برچسب تایر (SWR Tests) سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی ۲۰۱۸ : ISO ۴۵۰۰۱
سه‌شنبه	۱۴	
چهارشنبه	۱۵	
پنجشنبه	۱۶	
جمعه	۱۷	
شنبه	۱۸	آشنایی با مشخصات ظاهری و داخلی تایر
یکشنبه	۱۹	سیستم مدیریت زیست محیطی ISO ۱۴۰۰۱:۲۰۱۵

روز	تاریخ	نام دوره
دوشنبه	۲۰	آزمون غیریکنواختی و نابالانسی تایرها سیستم مدیریت زیست محیطی ISO ۱۴۰۰۱:۲۰۱۵ سیستم مدیریت زیست محیطی ISO ۱۴۰۰۱:۲۰۱۵
سه‌شنبه	۲۱	مواد اولیه صنایع لاستیک : انواع، ویژگی‌ها شناخت الزامات قانون REACH برنامه ریزی احتیاجات مواد (MRP)
چهارشنبه	۲۲	مواد اولیه صنایع لاستیک: انواع، ویژگی‌ها شناخت الزامات قانون REACH برنامه ریزی احتیاجات مواد (MRP)
پنجشنبه	۲۳	
جمعه	۲۴	
شنبه	۲۵	آشنایی با فرایند تولید تایر
یکشنبه	۲۶	آشنایی با الزامات سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت حرفه‌ای و زیست محیطی HSE-Ms
دوشنبه	۲۷	آزمون و استانداردهای عملکردی تایر در آزمایشگاه و جاده آشنایی با الزامات سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت حرفه‌ای و زیست محیطی HSE-Ms
سه‌شنبه	۲۸	آزمون و استانداردهای عملکردی تایر در آزمایشگاه و جاده شناخت الزامات قانون REACH
چهارشنبه	۲۹	شناخت الزامات قانون REACH
پنجشنبه	۳۰	
جمعه	۳۱	

تیر ۱۳۹۸

اسامی دوره‌های قابل برگزاری در شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک برای این ماه

روز	تاریخ	نام دوره
شنبه	۱	فرایند اکسترودینگ ترد آشنایی باعیوب تایر، دلایل و ریشه آن
یکشنبه	۲	فرایند اکسترودینگ ترد تکنیک‌های شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک‌ها
دوشنبه	۳	تکنیک‌های شناسایی خطرات وارزیابی ریسک‌ها مدیریت بازاریابی و فروش و تکنیک‌های مرتبط
سه‌شنبه	۴	آزمون مواد اولیه : انتخاب، اجرا و تفسیر استانداردهای ASTM مدیریت بازاریابی و فروش و تکنیک‌های مرتبط
چهارشنبه	۵	آزمون مواد اولیه : انتخاب، اجرا و تفسیر استانداردهای ASTM استانداردهای تایر و تیوب‌های سواری، وانتی، باری و اتوبوسی، موتورسیکلت و دو چرخه مدیریت بازاریابی و فروش و تکنیک‌های مرتبط
پنجشنبه	۶	استانداردهای تایر و تیوب‌های سواری، وانتی، باری و اتوبوسی، موتورسیکلت و دو چرخه مدیریت بازاریابی و فروش و تکنیک‌های مرتبط طیف‌سنجی به‌روش FT-IR
جمعه	۷	
شنبه	۸	
یکشنبه	۹	آشنایی با خطرات مواد شیمیایی تشریح الزامات مدیریت انرژی بر مبنای استاندارد ISO ۵۰۰۰۱: ۲۰۱۸
دوشنبه	۱۰	آشنایی با خطرات مواد شیمیایی تشریح الزامات مدیریت انرژی بر مبنای استاندارد ISO ۵۰۰۰۱: ۲۰۱۸
سه‌شنبه	۱۱	فرمولاسیون آمیزه‌های لاستیکی
چهارشنبه	۱۲	فرمولاسیون آمیزه‌های لاستیکی شناسایی انواع خطرات مواد شیمیایی و اصول HSE فرمولاسیون برای ساخت محصول لاستیکی
پنجشنبه	۱۳	شناسایی انواع خطرات مواد شیمیایی و اصول HSE
جمعه	۱۴	

روز	تاریخ	نام دوره
شنبه	۱۵	فرایند کلندرینگ لایه
یکشنبه	۱۶	فرایند کلندرینگ لایه ارزیابی الزامات ریج در مواد اولیه مدیریت دارایی‌ها مبتنی بر اساس استاندارد ISO ۵۵۰۰۰:۲۰۱۴
دوشنبه	۱۷	دوره جامع دیجیتال مارکتینگ ارزیابی الزامات ریج در مواد اولیه مدیریت دارایی‌ها مبتنی بر اساس استاندارد ISO ۵۵۰۰۰:۲۰۱۴
سه‌شنبه	۱۸	ماشین آلات مورد نیاز برای تولید انواع محصولات لاستیکی دوره جامع دیجیتال مارکتینگ ارزیابی الزامات ریج در مواد اولیه
چهارشنبه	۱۹	ماشین آلات مورد نیاز برای تولید انواع محصولات لاستیکی
پنجشنبه	۲۰	آنالیز آزمایشگاهی مواد و محصولات
جمعه	۲۱	
شنبه	۲۲	فرایند برش لایه (نخی و سیمی)
یکشنبه	۲۳	ارزیابی الزامات ریج در فرایند تولید
دوشنبه	۲۴	دوره جامع دیجیتال مارکتینگ برندسازی ارزیابی الزامات ریج در فرایند تولید
سه‌شنبه	۲۵	آمیزه‌کاری لاستیک / آمیزه‌کاری تایر دوره جامع دیجیتال مارکتینگ برندسازی ارزیابی الزامات ریج در فرایند تولید
چهارشنبه	۲۶	آمیزه‌کاری لاستیک / آمیزه‌کاری تایر
پنجشنبه	۲۷	آزمون و استانداردهای عملکردی تایر در آزمایشگاه و جاده
جمعه	۲۸	
شنبه	۲۹	فرایند گام کلندرینگ لایه
یکشنبه	۳۰	فرایند گام کلندرینگ لایه ارزیابی الزامات ریج در محصول نهایی
دوشنبه	۳۱	ارزیابی الزامات ریج در محصول نهایی

Measuring the Operator Standard Time for Building Green Tire for PCR considering Uncertainty (Case study: Barez Industrial Group)

A. Soltanpour[1,*], M. Pourbagheri[2] and Sh. Ariyafar[3]

1. Master of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Shahid Bahonar University of Kerman, & Expert in Planning and Engineering of Barz Industrial Group, Kerman, Iran.
2. Industrial Engineering Expert of Shahid Bahonar University of Kerman & Manager of Industrial Engineering Planning and Engineering Department of Barz Industrial Group, Kerman, Iran
3. PhD in Industrial Engineering, University of Puta, Malaysia & Assistant Prof. of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

∗**Corresponding author Email:** soltanpourali@eng.uk.ac.ir

Recieved: December 2018, Revised: February 2019, Accepted: February 2019

Abstract: Determining the number of staffs is one of the most important issues of each manufacturing system, while the stopwatch technique is one of the most applicable time measuring methods in this area. In the stopwatch, one of the most useful ways for determining the performance rate of an operator is the Westinghouse approach. In the stopwatch method, tasks are broken into their elements, and the numbers of observations are calculated, then each task element will be time measured. Then the normal and standard time will be calculated. This study aims to measure the operator standard time for building a green tire for PCR in the Barez Industrial Group. However, since the performance rate of an operator plays a significant role in the measured time that is determined by the Westinghouse method, considering deterministic values for performance rate of each task will result in computational errors. Hence, this research uses fuzzy numbers for determining the performance rates of the Westinghouse method. For evaluating the proposed procedure, a real case from Barez Industrial Group that measures the standard and normal times of an operator of a radial tire manufacturing machine in the complex have been taken into account. The results show that considering uncertainty in the proposed method; causes finding more reliable and reasonable time measuring, compared with considering the ordinary Westinghouse method.

Keywords: :Westinghouse method; Fuzzy uncertainty; timing; Barez Industrial Group