مدیریت تولید و عملیات، دوره ششم شماره (۲) پیاپی(۱۱)، پاییز و زمستان ۱۳۹٤
دریافت: ۹۲/۵/۲۳ پذیرش: ۹۳/٤/۹
صص: ۱۷٦- ۱٦۵

تعیین ضریب عملکرد در زمان‌سنجی با کرنومتر به کمک منطق فازی

حمیدرضا دزفولیان[۱]، پروانه سموئی[*۲]
۱- مربی گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۲- دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

چکیده

یکی از مهم‌ترین موضوعات تولیدی زمان‌سنجی است که مبنای بسیاری از تصمیمات نظیر تعیین تعداد کارگران و ماشین‌آلات باشد. یکی از رایج‌ترین روش‌های زمان‌سنجی استفاده از کرنومتر است که در آن پس از ثبت زمان مشاهدات، از ضریب عملکرد برای محاسبه زمان نرمال و از مقادیر الوانس برای تعیین زمان استاندارد استفاده می‌شود. به علت اهمیت زیاد ضریب عملکرد، روش‌های مختلفی برای تعیین آن ارائه گردیده، که رایج‌ترین آنها روش وستینگهاوس است. متاسفانه علیرغم اینکه زمان اغلب پدیده‌ها در شرایط مختلف عملکرد غیرقطعی است، این روش از اعداد قطعی برای ارزیابی بهره می‌گیرد. لذا ممکن است نتایج حاصل از محاسبات با نتایج دنیای واقعی متفاوت باشد که این اختلاف در تولید با حجم بالا، اثر بسیار چشم‌گیرتری ایجاد کند. از این‌رو در این مقاله، از منطق فازی به عنوان ابزار مفیدی برای حل مسائل غیرقطعی دنیای واقعی استفاده شده و الگوریتمی برای تعیین ضریب عملکرد بر مبنای منطق فازی و روش وستینگهاوس ارائه گردیده است. همچنین، مثال عددی با جزییات حل بیان شده که می‌تواند نتایج واقع بینانه‌تری نسبت به حالت قطعی داشته باشد.

واژ های کلیدی: ارزیابی کار و زمان، زمان‌سنجی با کرنومتر، ضریب عملکرد، روش وستینگهاوس، منطق فازی.

---

* نویسنده مسؤول: p.samouei@basu.ac.ir

۱- مقدمه

از مهم‌ترین مسائلی که مهندسان و مدیران در صنایع با آن مواجه‌اند، تصمیم‌گیری در ارتباط با تعیین تعداد کارگران تولیدی و غیرتولیدی مورد نیاز، تعداد ماشین‌آلات لازم، برنامه‌ریزی تولید، بالانس خطوط مونتاژ، امکان‌سنجی ساخت یک محصول جدید، طراحی خط تولید و ایستگاه‌های کاری و مواردی اینچنینی است. لازمهٔ اخذ تصمیماتی مناسب در این ارتباط زمان‌سنجی صحیح از فرآیند تولید است تا بتوان از نتایج آن برای برنامه‌ریزی‌های تولید در بلند مدت و کوتاه مدت استفاده نمود. طبق تعریف زمان‌سنجی عبارت است به کارگیری فنون طرح‌ریزی شده برای تعیین زمان کار معین توسط کارگر واجد شرایط با سطح معینی از عملکرد (کحال زاده (۱۳۷۳)) و برای آن سه دسته روش وجود دارد که عبارتند از: روش‌های مشاهدهٔ مستقیم، استفاده از داده‌های استاندارد و روش‌های تخمینی (علی احمدی (۱۳۸۰)). از آنجا که زمان‌سنجی با کرنومتر که جزء روش‌های مشاهدهٔ مستقیم محسوب می‌شود، معمول‌ترین و پرکاربردترین تکنیک زمان‌سنجی است در این مقاله، به توسعهٔ این روش پرداخته شده است.

در این روش ابتدا کارها به عناصر کوچکتری تبدیل می‌شوند، سپس برای هر کدام از عناصر کاری زمان‌های مشاهده به وسیلهٔ کرنومتر ثبت شده و ضریب عملکرد مربوط به اپراتورش تعیین می‌گردد، پس از آن از ضرب زمان‌های هر مشاهده در ضریب عملکرد آن، زمان‌های نرمال آن عنصر به دست می‌آید. در مرحلهٔ آخر نیز با جمع متوسط زمان‌های نرمال عنصر با زمان بیکاری‌های مجاز آن، زمان استاندارد انجام کار محاسبه می‌شود (علی احمدی (۱۳۸۰)). نتایج حاصل می‌تواند مبنایی برای برنامه‌ریزی برای دستیابی به اهداف سازمان باشد.

نکته‌ای که در این میان اهمیت دارد آن است که ضریب عملکرد استفاده شده در محاسبهٔ زمان نرمال کاملاً بستگی به نظر و قضاوت فرد زمان‌سنج دارد که برای محاسبهٔ آن روش‌هایی نظیر تعیین ضریب عملکرد بر اساس سرعت، ضریب عملکرد ترکیبی، روش وستینگهاوس[1] و غیره پیشنهاد شده است (خوانندگان محترم برای کسب اطلاعات بیشتر در زمینهٔ تفاوت این روش‌ها می‌توانند به منبع مرعشی (۱۳۸۰) مراجعه نمایند). در عمل ممکن است برای کارگری که یک فعالیت خاص را انجام می‌دهد در هر مشاهده یا توسط هر زمان‌سنج، ضریب عملکردهای متفاوتی ثبت شود، به شکلی که نتوان یک مقدار مشخص و قطعی را برای این ضریب برای انجام این فعالیت خاص توسط کارگر انتخاب شده در نظر گرفت. به طور مثال، در بسیاری از موارد مشاهده شده است که دو فرد زمان‌سنج خبره ممکن است برای یک فعالیت ضرایب عملکرد مشابه، ولی نه لزوماً یکسان ارائه کنند. چنین خطایی به طور مستقیم در محاسبهٔ زمان نرمال و به طور غیرمستقیم در محاسبهٔ زمان استاندارد تاثیرگذار خواهد بود. از آنجا که معمولاً یک فرآیند نیز از تعداد زیادی فعالیت تشکیل می‌شود اثرات این خطا بخصوص در مواردی که حجم تولید بالاست، به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد، لذا لازمست این عدم قطعیت در ضریب عملکرد مد نظر قرار گیرد تا خطای ناشی از آن به حداقل ممکن کاهش یابد.

از آنجا که روش وستینگهاوس از رایج‌ترین روش های محاسبهٔ ضریب عملکرد است، لذا در این مقاله سعی شده است از منطق فازی که در مواجه با عدم قطعیت مسائل کارایی بسیار بالایی دارد، استفاده شود تا میزان خطا حداقل گردد.

۲- بیان تعاریف، مفاهیم و تحقیقات پیشین

۲-۱- روش وستینگهاوس

این روش از قدیمی‌ترین و رایج‌ترین روش‌های تعیین ضریب عملکرد است که شرکت الکتریکی وستینگهاوس آن را پیشنهاد داده است. در این روش چهار فاکتور زیر در ارزیابی کار اپراتور مد نظر قرار می‌گیرد:

۱ـ مهارت: نشان دهندهٔ هماهنگی صحیح بین فکر و دست می‌باشد. مهارت یک اپراتور بر حسب تجربه، استعداد ذاتی، ریتم و هماهنگی طبیعی انجام کار وی تعیین می‌گردد.

۲ـ تلاش: نمایانگر سرعتی است که با مهارت لازم در انجام کار اعمال می‌کند و کنترل آن تا حد زیادی بستگی به اپراتور دارد.

۳ـ شرایط محیطی: این فاکتور اثرات محیط روی اپراتور نظیر رطوبت، درجه حرارت، نور و غیره را نشان می‌دهد.

٤ـ سازگاری: میزان ثبات در زمان‌های مشاهده را نشان می‌دهد.

چهار فاکتور مذکور هر یک دارای تقسیم‌بندی شش درجه‌ای می‌باشند که فرد زمان‌سنج می‌تواند در ارزیابی اپراتور درجهٔ مناسب هر فاکتور را برای وی انتخاب کرده و اعداد مربوط به هر درجه را از جدول۱ استخراج نماید. مجموع اعداد حاصل ضریب عملکرد را نشان می‌دهد (علی احمدی (۱۳۸۰) و مرعشی (۱۳۸۰))

جدول ۱- مقادیر امتیازبندی روش وستینگهاوس

درجه	مهارت	تلاش	شرایط	سازگاری
فوق‌العاده	+ ۰/۱۵ + ۰/۱۳	+ ۰/۱۳ +۰/۱۲	+ ۰/۰٦	+۰/۰٤
عالی	+ ۰/۱۱ + ۰/۰۸	+ ۰/۱۰ + ۰/۰۸	+ ۰/۰٤	+۰/۰۳
خوب	+ ۰/۰٦ + ۰/۰۳	+۰/۰۵ + ۰/۰۲	+۰/۰۲	+۰/۰۱
متوسط	۰	۰	۰	۰
کمی ضعیف	−۰/۰۵ − ۰/۱۰	-۰/۰٤ -۰/۰۸	− ۰/۰۳	−۰/۰۲
ضعیف	− ۰/۱٦ − ۰/۲۲	- ۰/۱۲ - ۰/۱۷	− ۰/۰۷	−۰/۰٤

۲-۲- عدد فازی

عدد فازی $\tilde{M}$ از نوع LR است، اگر تابع L برای سمت چپ، تابع R برای سمت راست و اعداد اسکالر $0<$ و$0<$ با شرایط زیر وجود داشته باشند:

(۱)

$$\mu_{\tilde{M}}(x)=\begin{cases} L(\dfrac{m-x}{\alpha}); & x\le m,\alpha>0 \\ R(\dfrac{x-m}{\beta}); & x\ge m,\beta>0 \end{cases}$$

در این رابطه m مقدار میانی $\tilde{M}$ نامیده می‌شود. همچنین مقادیر m، α و β مقادیری حقیقی می‌باشند.

عدد فازی $\tilde{M}$ نیز به شکل $(m, \alpha, \beta)_{LR}$ نشان داده شود(نورا و کرمی[۲] (۲۰۰۸)).

۲-۳- روابط میان اعداد فازی

فرض کنید $\tilde{M}$و $\tilde{N}$دو عدد فازی از نوع LR و λ R مقداری اسکالر باشد، در چنین حالتی روابط زیر برقرار است(دوبویس و پراد(۱۹۷۸)):

$$\tilde{M} = (m, \alpha, \beta)_{LR} \qquad (۲)$$

$$\tilde{N} = (n, \alpha', \beta')_{LR} \qquad (۳)$$

آنگاه

$$\lambda.(m, \alpha, \beta)_{LR} = (\lambda m, \lambda\alpha, \lambda\beta)_{LR} \qquad \lambda \geq 0 \qquad (٤)$$

$$\lambda.(m, \alpha, \beta)_{LR} = (\lambda m, -\lambda\beta, -\lambda\alpha)_{LR} \qquad \lambda < 0 \qquad (٥)$$

$$(m, \alpha, \beta)_{LR} + (n, \alpha', \beta')_{LR} = (m+n, \alpha+\alpha', \beta+\beta')_{LR} \qquad (٦)$$

۲-٤- مروری بر تحقیقات پیشین

تحقیقات زیادی در زمینه‌های مختلف زمان‌سنجی نوسط محققین صورت گرفته است که از آن میان می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

دانلاپ[۳] (۱۹۱۷) در مورد امکان ایجاد خطا در تخصیص زمان به کمک کرنومتر تحقیقاتی انجام داد. یافته‌های وی نشان داد، چنانچه آزمایشگر تجربهٔ خیلی زیادی در این کار نداشته باشد، زمان‌های ثبت شده توسط وی به کمک کرنومتر به اندازهٔ زیادی غیرقابل اطمینان و دارای واریانس زیادی است. او اشاره نمود هر چه آزمایش‌ها روی فردی که به حالت نرمال نزدیکتر است، صورت پذیرد، این واریانس کمتر خواهد شد.

رومبرگر[٤] (۱۹۲۷) مقایسه‌ای آماری در زمینهٔ تجربه و عدم مهارت فرد زمان‌سنج انجام داد.

زرگا[٥] (۱۹٤٤) در مقاله‌ای مطالعات کارسنجی و زمان‌سنجی را حلقهٔ ارتباطی میان برنامه‌های مدیریت و کارکنان معرفی نمود و به مرور۵۱۰ تحقیقی که در میان سال‌های ۱۹۲۳ تا ۱۹٤۲ در زمینهٔ ارزیابی کار و زمان منتشر شده بود، پرداخت. علاوه بر این، وی به روندهایی که باید به عنوان یک برنامه به آن نگریست و به نوع اطلاعاتی که باید به آنها توجه خاص داشت، اشاره کرد.

کوهن و استرائوس[٦] (۱۹٤٦) به بررسی میزان سازگاری کارگران با سطوح مهارت و تلاش مختلف در زمان‌سنجی یک عملیات پرتکرار دستی پرداختند.

اندرسون[۷] (۱۹۷۱) نیز به لزوم قضاوت‌های عادلانهٔ فرد زمان‌سنج در تعیین ضریب عملکرد تاکید نمود، چرا که به اعتقاد وی زمان استاندارد برای یک کارگر با عملکرد متوسط در نظر گرفته می‌شود؛ این در حالی است که معمولاً یک فرد با این چنین عملکردی وجود ندارد.

مورس[۸] (۱۹۷۲) پس از مروری بر ماهیت ارگونومی و کارسنجی بر ضریب عملکرد متمرکز شد. وی مطالعاتی روی تأثیر این ضریب و مقادیر الوانس بر برخی متغیرها انجام داد.

مورل[۹] (۱۹۷٤) بیان نمود، علت بر قضاوت‌های ذهنی در مورد ضریب عملکرد وجود ندارد. وی بجای بیان خطی از این ضرایب رویکرد لگاریتمی را بررسی و نتایج حاصل از هر روش را مقایسه کرد.

در ادامهٔ تحقیقات، استاندارد عملکرد به وسیلهٔ ILO[10] تعیین گردید. این نرخ معادل بازده کارگران دارای شرایطی است که به طور طبیعی و نرمال بتوانند کاری را در یک روز یا یک شیفت کاری انجام دهند.

داشبک و هنری[11] (۱۹۸۰) به اهمیت کارسنجی در رفع مشکلات اپراتورها و تعیین زمان استاندارد عناصر کاری اشاره داشتند و از ابزار ثبت فیلم به عنوان یک ابزار مؤثر در این زمینه نام بردند. در این راستا آنها یک واحد کنترل دیجیتال طراحی نمودند که اثربخشی این ابزار را به مراتب افزایش می‌داد.

بارنز[12] (۱۹۸۰) با توجه به مشاهدات و تجربیاتش بیان نمود، دامنهٔ بسیار وسیعی در زمینهٔ توانایی‌ها و قابلیت‌های مختلف کارگران وجود دارد، به‌گونه‌ای که ممکن است یک اپراتور سریع دو برابر یک اپراتور با عملکرد آهسته تولید کند. علاوه بر آن، وی اشاره نمود که افراد در تمام طول روز و یا در روزهای مختلف به یک گونه عمل نمی‌کنند، از این رو، تعیین ضریب عملکرد صحیح را برای تعیین زمان استاندارد کاملاً الزامی می‌داند.

نیلسون[13] (۱۹۸٤) از زمان‌سنجی به عنوان ابزاری برای بهبود جمع‌آوری اقتصادی ضایعات بهره جست.

کیسکو[14] (۱۹۸٦) از یک نوع کامپیوتر جیبی به عنوان ابزار جمع‌آوری داده‌های زمان‌سنجی استفاده نمود. همچنین، ساندرس[15] (۱۹۸۷)مشاهدات پیوسته‌ای را در زمینهٔ زمان‌سنجی درمان ۱٥٦۸ بیمار در قسمت‌های مختلف داشت تا بتواند منابع تأخیرات را شناسایی و آنها را به حداقل ممکن برساند.

وارد[16] (۱۹۹۱) یک برنامهٔ شبیه‌سازی توسعه داد که به کمک آن می‌توان تدریس و تحقیقات زمان‌سنجی را براحتی انجام داد. این برنامه به فرد زمان‌سنج اجازه می‌داد بتواند فرآیندهای کاری چند عنصری را شبیه‌سازی نماید.

شیفر و شل[17] (۱۹۹۲) به ارزیابی عملکرد کارکنان در شرایطی که این ارزیابی به صورت الکترونیکی انجام می‌شود، پرداختند. آنها بیان نمودند که استرسی که در این حالت برای کارکنان ایجاد می‌شود در کارکرد استاندارد آنها تأثیرگذار است. آنها برای زمان-سنجی در این شرایط در نظر گرفتن الوانس استرس را پیشنهاد دادند.

کانگ[18] و همکارانش (۱۹۹٤) نشان دادند، زمان استاندارد در فرآیند ساخت قطعات به کمک شکل‌دهی باید از داده‌های استانداردی که به کمک مدل‌های رگرسیون خطی به دست می‌آیند، تعیین شوند.

جهانشاهی[19] و همکارانش (۲۰۰۲) عدم قطعیت در تخمین زمان یک فرآیند را مورد بررسی قرار دادند. آنها روی مدل‌های غیرتصادفی تمرکز نموده و از منطق فازی برای عدم قطعیت مسأله بهره بردند.

مک لئود[20] (۲۰۰۳) بیان نمود که توسعهٔ روش‌های ارگونومیک مناسب و اجرای آنها می‌تواند در تخمین زمان واقعی کارها مؤثر باشد.

سِونگکو[21] و همکارانش (۲۰۰۷) در مقاله‌ای دو رویکرد برای تعیین زمان استاندارد در یک سیستم تولیدی چند الگویی با زمان سیکل کوتاه ارائه نمودند. آنها برای هر رویکرد یک مدل رگرسیون چندگانه توسعه دادند.

ولـز[۲۲] و همکـارانش (۲۰۰۷) مـوارد مربـوط بـه زمان‌سنجی را که در طراحی سیستم‌های تولیدی بایـد توسط مهندسان و ارگونومیست‌ها مـورد توجـه قـرار گیرند را بررسی کردند.

اســکوف[۲۳] و همکــارانش (۲۰۰۸) نیــز یــک چارچوب مفهومی برای مطالعـهٔ ماهیـت توسـعه در زمان واقعی ارائه نمودند. این چارچوب شامل دو بعد از زمان بود که بعد اول به انـدازه‌گیـری فاصـلهٔ میـان کوتاه‌ترین و بلندترین دورهٔ فرآیند می‌پرداخت و بعـد دوم روی جنبه‌های تغییـر حالـت‌هـای ایسـتا و پویـا متمرکز بود.

آربــوس[۲٤] و همکــارانش (۲۰۱۱) از نمــودار عملیات-زمان بـه عنـوان یـک ابـزار گرافیکـی بـرای ارزیابی عملکرد سیستم‌هـای تولیـدی مختلـف نظیـر تولیدهای دسته‌ای و ناب بهره جستند.

این مقالات نشـان مـی‌دهنـد، اگـر چـه محققـین بسیاری به زمینه‌های مختلف زمان‌سنجی پرداخته‌انـد، اما هیچ یـک از منطـق فـازی و روش وسـتینگهاوس برای حل مشکلات عدم قطعیت موجـود در ضـریب عملکرد استفاده نکرده‌اند، لذا در این مقاله سعی شـده است بدین موضوع پرداخته شود.

۳- روش پیشنهادی برای محاسبهٔ زمان نرمال

در این روش پس از تعیین تعداد مشـاهدات لازم به کمک روابط آماری و بـه دسـت آوردن زمـان هـر مشـاهده بـا اسـتفاده از کرنـومتر بـه کمـک روش وستینگهاوس ضریب عملکرد اپراتور در هر مشـاهده تعیین می‌شود (علی احمدی (۱۳۸۰)). همان طور کـه اشــاره گردیــد در ایــن روش از متغیرهــای زبــانی فوق‌العاده، عـالی، خـوب، متوسـط، کمـی ضـعیف و ضعیف استفاده می‌شود، سپس با توجه بـه درجـهٔ در نظر گرفته شده یـک عـدد قطعـی از جـدول۱ لحـاظ می‌گـردد، امـا نکتـهٔ حـائز اهمیـت آن اسـت کـه در بسیاری از موارد براحتی نمی‌توان مـرز معینـی بـرای درجات متوالی نظیر عالی یا فوق‌العاده و یا ضعیف و خیلی ضعیف در نظر گرفت، به علاوه منظور نمـودن تنها یک عدد قطعـی بـه پدیـده‌ای کـه دارای ماهیـت غیرقطعی است از دقت مسأله می‌کاهد؛ بـدین منظـور در روش پیشــنهادی بــرای هــر فــاکتور در روش وستینگهاوس بازه‌ای تعریف مـی‌شـود کـه بیشـترین، محتمل‌ترین و کمترین مقدار هر فاکتور بـا توجـه بـه عملکرد اپراتور در هر مشاهده را در بر داشـته باشـد. در این راستا از اعداد فازی مثلثی استفاده شده اسـت، چرا که این گونه اعداد علاوه بر کارایی زیـاد قـدرت محاسباتی بالاتری را نسبت به سایر اعداد فـازی مهیـا می‌سازند.

برای محاسبهٔ زمان نرمال می‌توان گام‌هـای زیـر را انجام داد:

قدم ۱: تعداد مشاهدات لازم را بـه کمـک روابـط منبع (علی احمـدی (۱۳۸۰)) تعیـین نمـوده و زمـان مشاهدات لازم (T_i) را با کرنومتر ثبت نمایید.

قـدم ۲: بـرای هـر مشـاهده فاکتورهـای مهـارت، تلاش، شرایط و سـازگاری را بـه دسـت آورده و بـا اعداد 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) نشان دهید.

قدم ۳: مقدار ضریب $\tilde{R}$ هر مشاهده را بـه کمـک رابطهٔ زیر تعیین نمایید.

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

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

قدم ٤: برای تمام مشاهدات، زمان مشاهده شده (T_i) را در ضریب عملکرد ضرب کنید.

$$\tilde{E}_i = T_i.(1+\tilde{R}_i) = T_i + T_i\tilde{R}_i \qquad i = 1, 2, \ldots, n$$

قدم ٥: میانگین اعداد فازی به دست آمده در گام ٤ ، زمان نرمال را نشان می‌دهد.

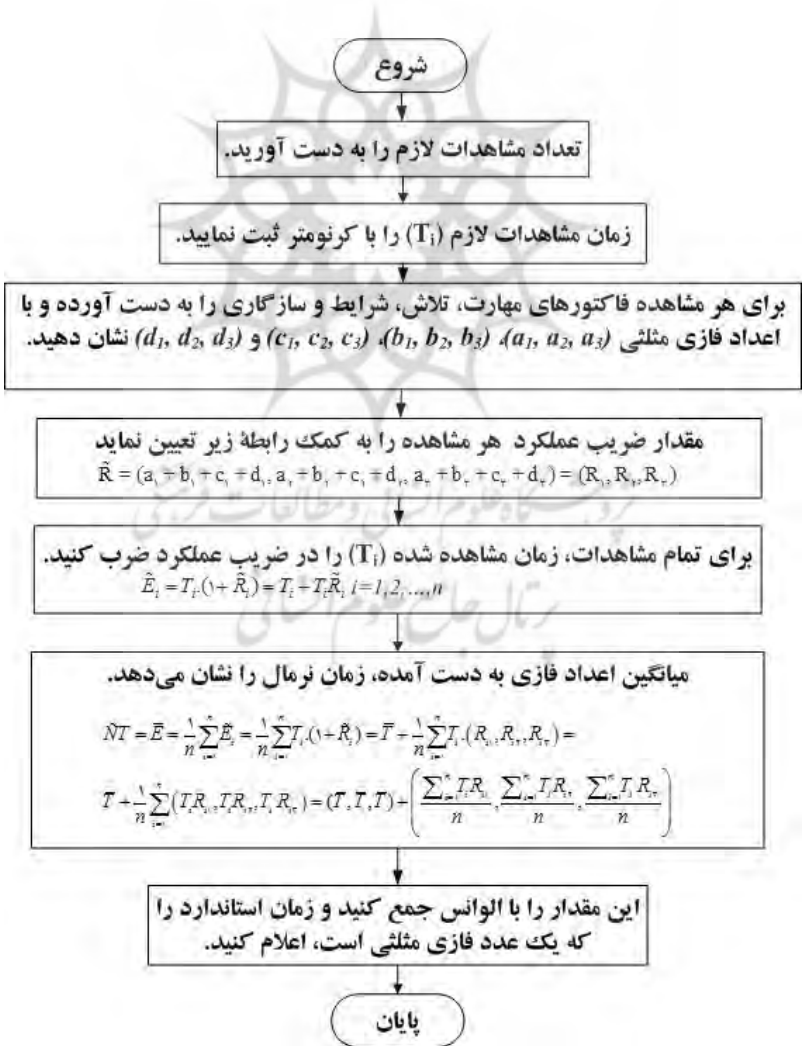
$$\tilde{N}T = \bar{E} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\tilde{E}_i = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}T_i.(1+\tilde{R}_i) = \bar{T} + \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}T_i.(R_{i1}, R_{i2}, R_{i3}) =$$

$$\bar{T} + \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(T_iR_{i1}, T_iR_{i2}, T_iR_{i3}) = (\bar{T}, \bar{T}, \bar{T}) + \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}T_iR_{i1}}{n}, \frac{\sum_{i=1}^{n}T_iR_{i2}}{n}, \frac{\sum_{i=1}^{n}T_iR_{i3}}{n}\right)$$

مقدار فوق می‌تواند با مقادیر الوانس جمع شده و زمان استاندارد را که یک عدد فازی مثلثی است، حاصل کند.

فلوچارت این الگوریتم در شکل زیر آورده شده است

:



شکل ۱-: فلوچارت الگوریتم پیشنهادی

٤- مثال عددی

نتایج حاصل از زمان‌سنجی یک فعالیت در جدول (۲) آمده است. در این آزمایش تعداد مشاهدات لازم بر حسب محاسبات آماری ۱۵ نمونه است که زمان‌های مشاهده در ستون دوم همان جدول ثبت و اعداد مربوط به هر فاکتور روش وستینگهاوس در ستون‌های بعدی ذکر شده اند؛ با توجه به داده‌های مربوط به زمان‌سنجی محاسبات زمان نرمال فعالیت مورد آزمایش مطابق روش پیشنهادی در ادامه آمده است.

جدول ۲- زمان‌های مشاهده و ضرایب هر فاکتور

ردیف	زمان مشاهده	فاکتورهای مربوط به روش وستینگهاوس			
		aمهارت	bتلاش	cشرایط	dسازگاری
۱	۱۵	(۰/۱۲, ۰/۱۳, ۰/۱۵)	(-۰/۰۲, ۰, ۰/۰۱)	(۰/۰۲, ۰/۰۳, ۰/۰٤)	(-۰/۰۱, ۰, ۰/۰۱)
۲	۱٤	(۰/۱۱, ۰/۱۲, ۰/۱۳)	(-۰/۰۳, ۰/۰۱, ۰/۰۲)	(۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰٤)	(-۰/۰۱, ۰, ۰/۰۱)
۳	۱۳	(۰/۰۸, ۰/۰۹, ۰/۱۳)	(۰, ۰/۰۱, ۰/۰۳)	(۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰۳)	(۰, ۰/۰۱, ۰/۰۲)
٤	۱۵	(۰/۰۷, ۰/۰۸, ۰/۱۱)	(۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰٤)	(۰/۰۲, ۰/۰۳, ۰/۰٤)	(-۰/۰۱, ۰/۰۱, ۰/۰۲)
۵	۱٦	(۰/۰٦, ۰/۰۷, ۰/۰۸)	(-۰/۰۱, ۰/۰۱, ۰/۰۳)	(۰, ۰/۰۱, ۰/۰۳)	(-۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰٤)
٦	۱۵	(۰/۱۰, ۰/۱۳, ۰/۱٤)	(۰/۰۲, ۰/۰۳, ۰/۰٤)	(۰, ۰/۰۲, ۰/۰۳)	(۰, ۰/۰۱, ۰/۰۳)
۷	۱٤	(۰/۱۰, ۰/۱۲, ۰/۱٤)	(-۰/۰۱, ۰, ۰/۰۲)	(۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰۳)	(۰, ۰/۰۱, ۰/۰۲)
۸	۱۳	(۰/۱۱, ۰/۱۳, ۰/۱۵)	(۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰۳)	(۰, ۰/۰۲, ۰/۰٤)	(-۰/۰۱, ۰/۰۱, ۰/۰۳)
۹	۱۵	(۰/۱۲, ۰/۱۳, ۰/۱٤)	(-۰/۰۳, ۰, ۰/۰۱)	(۰, ۰/۰۱, ۰/۰۲)	(-۰/۰۱, ۰, ۰/۰۲)
۱۰	۱٤	(۰/۰٦, ۰/۰۹, ۰/۱۰)	(-۰/۰۱, ۰/۰۱, ۰/۰۲)	(۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰۳)	(-۰/۰۱, ۰, ۰/۰۱)
۱۱	۱٦	(۰/۰۵, ۰/۰٦, ۰/۰۷)	(۰/۰۱, ۰/۰۳, ۰/۰٤)	(۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰۳)	(-۰/۰۲, -۰/۰۱, ۰)
۱۲	۱۷	(۰/۰٦, ۰/۰۹, ۰/۱۱)	(-۰/۰۲, -۰/۰۱, ۰)	(۰, ۰/۰۲, ۰/۰۳)	(-۰/۰۲, -۰/۰۱, ۰)
۱۳	۱۲	(۰/۰۹, ۰/۱۳, ۰/۱۵)	(۰/۰٦, ۰/۰۸, ۰/۰۹)	(۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰٤)	(-۰/۰۱, ۰, ۰/۰۱)
۱٤	۱۳	(۰/۱۲, ۰/۱٤, ۰/۱۵)	(۰/۰۵, ۰/۰۷, ۰/۰۸)	(۰/۰۲, ۰/۰۳, ۰/۰٤)	(-۰/۰۲, ۰/۰۱, ۰/۰۳)
۱۵	۱٤	(۰/۱۰, ۰/۱۳, ۰/۱۵)	(۰/۰۳, ۰/۰٤, ۰/۰٦)	(۰/۰۱, ۰/۰۲, ۰/۰۳)	(-۰/۰۱, ۰, ۰/۰۱)

با توجه به مقادیر به دست آمده زمان نرمال برابر با جمع دو میانگین جدول ۳ خواهد بود.

$\tilde{NT}$ =۱٤,٤ + (۱,۲۹۵, ۲,۱۸۷, ۳,۰۰٦) =(۱٤,٤ , ۱۵,٦۹۵, ۱٤,٤, ۱٤,٤)+ (۱,۲۹۵, ۲,۱۸۷, ۳,۰۰٦) =(۱٦,۵۸۷, ۱۷,٤۰۰٦)

این مقدار نیز با مقادیر الوانس جمع شده و مقدار زمان استاندارد محاسبه می‌گردد.

چنانچه بخواهیم نتایج روش پیشنهادی خود را با حالت پیشین که در آن ضرایب عملکرد، اعداد قطعی هستند و از خاصیت فازی تبعیت نمی‌کنند، مقایسه کنیم و از مد اعداد فازی به عنوان محتمل‌ترین مشاهده ضریب عملکرد استفاده کنیم مشاهده می‌شود که مقدار زمان نرمال به ۱٦,۵۸۷ می‌رسد. این مقدار علاوه بر اینکه هیچ تلرانسی برای تصمیم‌گیری ارائه نمی‌کند و شرایطی که می‌تواند در دنیای واقعی تغییری در عملکرد اپراتور ایجاد کند را نادیده می‌گیرد، می‌تواند خطاهایی در تصمیمات سازمان ایجاد کند که در حجم بالای تولید این خطاها می‌تواند باعث از بین رفتن سرمایه و عدم دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده سازمان گردد.

جدول ۳- مجموع ضرایب فاکتورها و تاثیر زمان مشاهده در آنها

ردیف	زمان مشاهده	$\tilde{R}$	$T_i\tilde{R}_i$
۱	۱۵	(۰/۱۱, ۰/۱۶, ۰/۲۱)	(۱/۶۵, ۲/٤, ۳/۱۵)
۲	۱٤	(۰/۰۸, ۰/۱۵, ۰/۲۰)	(۱/۱۲, ۲/۱, ۲/۸)
۳	۱۳	(۰/۰۹, ۰/۱۳, ۰/۲۱)	(۱/۱۷, ۱/٦۹, ۲/۷۳)
٤	۱۵	(۰/۰۹, ۰/۱۵, ۰/۲۱)	(۱/۳۵, ۲/۲۵, ۳/۱۵)
۵	۱٦	(۰/۰٤, ۰/۱۱, ۰/۱۸)	(۰/٦٤, ۱/۷٦, ۲/۸۸)
٦	۱۵	(۰/۱۲, ۰/۱۹, ۰/۲٤)	(۱/۸, ۲/۸۵, ۳/٦۰)
۷	۱٤	(۰/۱۰, ۰/۱۵, ۰/۲۱)	(۱/٤, ۲/۱, ۲/۹٤)
۸	۱۳	(۰/۱۱, ۰/۱۸, ۰/۲۵)	(۱/٤۳, ۲/۳٤, ۳/۲۵)
۹	۱۵	(۰/۰۸, ۰/۱٤, ۰/۱۹)	(۱/۲, ۲/۱, ۲/۸۵)
۱۰	۱٤	(۰/۰۵, ۰/۱۲, ۰/۱٦)	(۰/۷, ۱/٦۸, ۲/۲٤)
۱۱	۱٦	(۰/۰۵, ۰/۱۰, ۰/۱٤)	(۰/۸, ۱/٦, ۲/۲٤)
۱۲	۱۷	(۰/۰۲, ۰/۰۹, ۰/۱٤)	(۰/۳٤, ۱/۵۳, ۲/۳۸)
۱۳	۱۲	(۰/۱۵, ۰/۲۳, ۰/۲۹)	(۱/۸, ۲/۷٦, ۳/٤۸)
۱٤	۱۳	(۰/۱۷, ۰/۲۳, ۰/۳۰)	(۲/۲۱, ۲/۹۹, ۳/۹)
۱۵	۱٤	(۰/۱۳, ۰/۱۹, ۰/۲۵)	(۱/۸۲, ۲/٦٦, ۳/۵)
جمع	۲۱٦	ــــــــ	(۱۹/٤۳, ۳۲/۸۱, ٤۵/۰۹)
میانگین	۱٤/٤	ــــــــ	(۱/۲۹۵, ۲/۱۸۷, ۳/۰۰٦)

۵- نتیجه گیری

ماهیت غیرقطعی بسیاری از پدیده‌ها باعث شده است که بسیاری از برداشت‌های قطعی ما از این پدیده‌ها ما را منتهی به نتایج خیلی دقیق نکند و به تبع برنامه‌ریزی‌های مبتنی بر این برداشت‌ها ما را دچار انحرافاتی از اهدافمان نماید. در واحدهای صنعتی نیز بسیاری از برنامه‌ریزی‌های انجام شده مبتنی بر نتایج حاصل از زمان‌سنجی فرآیندهای تولیدی است و از آنجایی که در زمان‌سنجی فعالیت‌ها از ضریب عملکرد برای محاسبهٔ زمان نرمال استفاده می‌شود و در محاسبهٔ ضریب عملکرد ما یک برداشت قطعی از یک پدیدهٔ غیرقطعی داریم، امکان بروز خطا به وجود می‌آید. بدین برای در این مقاله به موضوع زمان‌سنجی و بخصوص یکی از عوامل مهمی که در تعیین زمان فعالیت‌ها مؤثر است (ضریب عملکرد) پرداخته شده است. یکی از پرکاربردترین روش‌های تعیین ضریب عملکرد برای زمان‌سنجی با کرنومتر روش وستینگهاوس است که دارای چهار فاکتور است که در هر مشاهده برای هر فاکتور یک درجه و برای هر درجه یک عدد قطعی مشخص می‌شود، اما از آنجا که در این روش ممکن است براحتی نتوان مرز مشخصی میان درجات متوالی و یا برای هر درجه یک عدد قطعی خاص تعیین کرد، از منطق فازی برای رفع این مشکل استفاده شده به

صورتی که برای مقدار هر درجه از فاکتورهای روش وستینگهاوس یک عدد فازی مثلثی اختصاص می‌یابد و با الگوریتم معرفی شده در بخش ۳ زمان نرمال و در نتیجه زمان استاندارد محاسبه می‌گردد. مقدار نهایی نیز یک عدد فازی مثلثی است که به علت ماهیت فعالیت‌هایی که در آن انسان نقش تعیین کننده‌ای داراست به واقعیت نزدیک‌تر است و خطاهای تخصیص یک عدد قطعی را (به عنوان ضریب عملکرد) به فعالیت‌ها می‌کاهد. روش پیشنهادی بخصوص در مواقعی که حجم تولید بالاست و یا فرآیند تولید شامل تعداد زیادی عملیات است، در کاهش خطا مؤثرتر است. نتایج روش پیشنهادی با نتایج مورد استفاده در زمانی که از ضرایب عملکرد قطعی نیز مقایسه گردید. به طور مثال چنانچه حتی از مد اعداد فازی به عنوان محتمل‌ترین عدد برای ضریب عملکرد استفاده کنیم، این مقدار علاوه بر اینکه هیچ تلرانسی برای تصمیم گیرنده ارائه نمی‌کند از شرایطی که می‌تواند در دنیای واقعی روی عملکرد اپراتور تاثیرگذار باشد را ، نادیده می‌گیرد که واضح است با دور شدن مساله از دنیای واقعی درجه اعتبار نتایج نیز کاهش یافته و نمی‌توان با اتکا روی آن تاکید نمود. کما اینکه خطاهای ایجاد شده و در نظر نگرفتن عدم قطعیت می‌تواند خطاهایی در تصمیمات سازمان ایجاد کند که در حجم بالای تولید می‌تواند به سادگی جبران پذیر نباشد. لذا در نظر گرفتن این عدم قطعیت در مسائل زمانسنجی به علت اهمیت این حوزه در تصمیمات بنیادی سازمان به شدت می‌تواند کمک شایسته ای در تصمیمات صحیح سازمان باشد.

برای تحقیقات آتی، می‌توان پیشنهاد نمود که از منطق فازی در سایر روش‌های تعیین ضریب عملکرد نیز استفاده شود و مقایسه‌ای تحلیلی میان روش ارائه شده در این مقاله و روش جدید انجام گیرد.

منابع

علی احمدی، علیرضا. (۱۳۸۰). "ارزیابی کار و زمان"، انتشارات دانشگاه علم و صنعت. ۲۳۱-۲۵۷.

کحال زاده، عباس. (۱۳۷۳). "دفتر بین المللی کار، ارزیابی کار و زمان"، مرکز نشر دانشگاهی، ۲۳٤.

مرعشی، سید نصرالله. (۱۳۸۰). "سیستم‌های زمان سنجی"، کارآفرینان بصیر49.-٦۱.

Anderson, C.A. (1971). Performance rating, in industrial engineering handbook , (3rd ed.), W.B. Maynard, McGraw˚Hill, New York

Arbos, L. C., Santos, J. F., & Sanchez, C.V. (2011). The operations-time chart: a graphical tool to evaluate the performance of production systems˚from batch-and-queue to lean manufacturing . Computers & Industrial Engineering, 61(3), 663˚675.Barnes, R.M. (1980). Motion and time study design and measurement of work , (7th ed.), John Wiley and Sons, NY

Cohen. L., Strauss, L., (1946), Time study and the fundamental nature of manual skill , Journal of Consulting Psychology, Volume 10, Issue 3, 146-153

Daschbach, J. M., & Henry, E. W. (1980). Computerized video work measurement . Computers & Industrial Engineering, 4(1), 13-17

Dubois, D., & Prade, H. (1978). Operations on fuzzy numbers . International Journal of Systems Science, 30, 613˚626

Dunlap, K. (1917). The stop-watch and the association test . Psychobiology, 1(2), 171-175.

Jahan-Shahi, H., Shayan, E., & Masood, S. (2002). Cost/time estimation in flat plate processing using fuzzy modeling . Computers & Industrial Engineering, 42(2), 555-566.Kang, K. S., Kim, T. H., & Rhee,

I. K. (1994). The establishments of standard time in die manufacturing process using standard data . Computers & Industrial Engineering, 27(4), 539-542

Kisko, T. (1986). Using a pocket computer as a time study data collection tool . Computers & Industrial Engineering, 11(4), 485-489

MacLeod, I. S. (2003). Real-world effectiveness of Ergonomic methods . Applied Ergonomics, 34(5), 465-477

Moores, B. (1972). Ergonomics-or work study? . Applied Ergonomics, 3(3), 147-154.

Murrell, H. (1974). Performance rating as a subjective judgment . Applied Ergonomics, 5(4), 201-208.

Nilsson. P. (1984). Time studies as a tool for analyses and improvement of waste collection economy . Waste Management & Research, 2(1), 17-30

Noora ,A.A,. & Karami ,P. (2008). Ranking functions and its application to fuzzy DEA . International Mathematical Forum, 30(3), 1469-1480Rumberger, E.K. (1927). The accuracy of timing with the stop watch . Journal of Experimental Psychology, 10(1), 60-61.

Saunders, M. E. (1987). Time study of patient movement through the emergency department: Sources of delay in relation to patient acuity . Annals of Emergency Medicine, 16(11), 1244-1248.

Schleifer, L. M., & Shell, R. L. (1992). A review and reappraisal of electronic

performance monitoring, performance standards and stress allowances . Applied Ergonomics, 23(1), 49-53.

Schoff, A. L., Geert, P. V., Bosma, H., & Kunnen, S. (2008). Time and identity: A framework for research and theory formation . Developmental Review, 28(3), 370˚400.

SeongKo, C., Cha, M. S., & Rho, J. J. (2007). A case study for determining standard time in a multi-pattern and short life-cycle production system . Computers & Industrial Engineering, 53(2), 321-325.

Ward, T.L. (1991). OPSIM: Operator simulation for time study teaching and research . Computers & Industrial Engineering, 21(4), 419-421

Wells, R., Mathiassen, S. E., Medbo, L., & Winkel, J. (2007). Time-A key issue for musculoskeletal health and manufacturing . Applied Ergonomics, 38(6), 733-744.

Zerga, J. E. (1944). Motion and time study: a résumé and bibliography . Journal of Applied Psychology, 28(6), 477-500

پی‌نوشت

[1] -Westinghouse
2 -Noora & Karami
3 -Dunlap
4 -Rumberger
5 -Zerga
6 -Cohen & Strauss
7 -Anderson
8 -Moores
9 -Murrell
10- International Labour Office
11 -Daschbach & Henry
12 -Barnes
13- Nilsson
14 -Kisko
15 -Saunders
16 -Ward
17 -Schleifer & Shell
18 -Kang
19 -Jahan-Shahi
20- Mac Leod
21 -Seong Ko et al
22 -Wells et al
23 -Schoff et al
24 -Arbos