فصلنامه علمی ـ پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی سال هشتم، شماره ۲۰، بهار ۹۰
صفحات ۱۲۹ تا ۱٤٦

تعیین بهترین توالی انجام چند کار در محیط جریان کارگاهی تک ماشینی با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره فازی

نسیم اکرام نصرتیان *

چکیده

یکی از مراحل اصلی برنامه ریزی تولید، تعیین توالی عملیات است. توالی عملیات توسط یک سری از شاخص‌های کارایی مانند میانگین زمان تکمیل کارها، حداکثر دیرکرد کارها و میانگین دیرکرد کارها و ... ارزیابی می‌شود. جهت برآورده ساختن هریک از شاخص‌های کارایی، یک سری قاعده یا الگوریتم هیوریستیک ارائه شده است (به طوری که هر قاعده یک سری از شاخص‌ها که معادل یکدیگر هستند را کمینه می‌کند)، مانند قاعده کوتاهترین زمان انجام سفارش که شاخص میانگین تکمیل کار و شاخص حداکثر دیرکرد کارها توسط قاعده زودترین موعد تحویل کمینه می‌شود. روش فرایند سلسله مراتبی فازی با درنظرگرفتن اثر هم زمان کلیه شاخص‌های کارایی و مقایسه امتیازات، بهترین توالی انجام کارها را از بین توالی‌های موجود انتخاب می‌نماید. در این مقاله پس از معرفی شاخص‌های کارایی در تعیین توالی عملیات و تشریح مختصر روش فرآیند سلسله مراتبی فازی و چگونگی استفاده از این روش، بهترین توالی از بین توالی‌های موجود در کارگاه تک ماشین با توجه به تأثیر تمامی شاخص‌های کارایی انتخاب می گردد.

واژگان کلیدی: فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (AHP)، کوتاه ترین زمان انجام سفارش (SPT)، بهترین طریق بعدی (NBR)، زودترین موعد تحویل (EDD)

---

* کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران (مسئول مکاتبات)
E.Mail: nasim_nosratian@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۸۸/۷/۲۵ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱/۲۱

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

زمان بندی وتوالی عملیات شامل دو مرحله است. در ابتدا سفارش‌ها یا کارها به منابع تخصیص داده شده و سپس در هر مرکز کاری، برای دستیابی به بهترین روش استفاده از ظرفیت موجود، اولویت بندی سفارش‌ها یا کارها انجام می‌شود. همچنین در کل یک سری اهداف مانند دستیابی به موعدهای تحویل، کمینه کردن شناوری و ... دنبال می‌شوند. سؤالی که در اینجا مطرح می گردد، این است که اگر تعداد n تا سفارش یا کار وجود داشته باشد، ترتیب n کار به چه نحوی باید باشد تا این اهداف را برآورده کند[۱] .

جهت ارزیابی توالی عملیات از یک سری شاخص های کارایی استفاده می‌شود به گونه ای که هر شاخص یا شاخص‌های معادل به وسیله یک قاعده یا الگوریتم محاسبه می‌شوند، به طور مثال قاعده کوتاه ترین زمان انجام سفارش، شاخص‌های میانگین زمان گردش و تکمیل کار و مغایرت زمان تکمیل از موعد تحویل را کمینه می‌کنند. البته روش هایی مانند برنامه‌ریزی دوهدفه نیز وجود دارند که با رعایت قاعده زودترین موعد تحویل، توالی را ارائه می کنند که بیشترین نزدیکی با قاعده کوتاهترین زمان انجام سفارش را داشته باشد ولی می توان یک قاعده مثلا قاعده زودترین موعد تحویل را در اولویت قرار داد. این کار باعث می‌شود که تصمیم گیرنده در اولویت دهی هیچ نفعی نداشته باشد، همچنین این روش زمانی که هزینه راه اندازی ماشین آلات مهم باشد کارایی ندارد، از این رو گستردگی شاخص‌های کارایی، تصمیم گیری را درمورد انتخاب توالی مورد نظر دشوار میسازد، لذا لازم است روشی انتخاب شود تا اثر کلیه شاخص‌های کارایی به طور همزمان در نظر گرفته شود. استک در سال ۱۹۸۵[۱۳] از دو روش پیشنهادی با نامهای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و اسمارتر در حالت غیر فازی برای انتخاب بهترین توالی در محیط سیستم های تولیدی انعطاف پذیر استفاده کرد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که مدل‌های پیشنهادی از مدل های مختلف هیورستیک موجود بهتر بوده است.

به دلیل آنکه اتخاذ تصمیم صحیح و به موقع می‌تواند تأثیر بسزایی در رسیدن به هدف داشته باشد، ضرورت وجود یک تکنیک قوی که بتواند انسان را در این زمینه

Archive of SID

www.SID.ir

یاری کند، کاملا محسوس است. یکی از کارآمدترین این تکنیک‌ها فرایند تحلیل سلسله مراتبی است که برای اولین بار توسط توماس ال ساعتی در سال ۱۹۸۰ [۴] مطرح شد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به علت ماهیت ساده و در عین حال جامع خود، مورد استقبال مدیران و کاربران مختلف واقع شده است [۱۵]. ساختار کلی این فرایند از سه جزء هدف، معیارها و گزینه‌ها تشکیل شده است و قضاوت‌ها با مقادیر کلی ۱ تا ۹ از طریق مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. بدین صورت که ابتدا ماهیت معیارها درماتریس‌های مقایسات زوجی، ارائه شده و در نهایت وزن معیارها و گزینه‌ها مشخص می‌گردد [۵,۳]. از مزایای این روش نسبت به سایر روش‌ها می‌توان به سادگی و قابل درک بودن آن، امکان محاسبه ناسازگاری قضاوت ها، ساختار سلسله مراتبی فرایند و امکان درنظرگرفتن معیارهای کمی و کیفی اشاره کرد. یکی دیگر از دلایل انتخاب این روش، ساختاری است که برای مشارکت گروهی فراهم می‌کند.

همچنین استدلال بر اساس تقریب ها، نقش عمده ای در تفکرات بشری دارد. هر چند که استنباط آماری و احتمالی در تجزیه و تحلیل برخی داده‌ها نتایج مطلوبی دارد، با این وجود برخی اطلاعات تجربی وجود دارند که در قالب احتمالات قابل توجیه نبوده، بلکه نیازمند حالات دیگری از استدلال تقریبی هستند. در این باب پروفسور لطفی عسگرزاده می‌گوید :" بسیاری از استدلال‌های بشری به طور طبیعی به جای دقیق بودن، تقریبی هستند". بنابراین تجزیه و تحلیل سیستماتیک اطلاعات فازی با یکی از مهمترین وظایف تئوری منطق بشری مطابقت دارد. با این وجود تئوری امکان هنوز تکمیل نگردیده و محققان همواره درجهت بهبود و توسعه آن برای دستیابی به سیستم‌های قابل قبول قطعی و یا احتمالی هستند که تئوری مجموعه های فازی این واقعیت را بیان می کند[۲].

در ادامه مروری بر تحقیقات انجام گرفته و اهمیت موضوع تحقیق بیان می شود : فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یک ساختار در مسائل تصمیم گیری است که زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که تعداد محدودی گزینه با چند شاخص برای هر گزینه وجود داشته باشد. بیون در سال ۲۰۰۱ از این تکنیک در انتخاب بهترین گزینه برای

Archive of SID

www.SID.ir

خرید ماشین استفاده کرده است. زیرا با توجه به فضای رقابتی بازار ماشین و اهمیت نوآوری در میزان تقاضای مشتریان، تصمیم گیری در این زمینه اهمیت زیادی دارد. در مقاله ذکر شده به توسعه یک روش جدید تحلیل سلسله مراتبی(AHP) [1] برای انتخاب بهترین گزینه پرداخته شده است [۷].

در مسائل تصمیم گیری، انتخاب بهترین گزینه در مواردی که بین اهداف وابستگی وجود دارد مسئله مهمی است. کارلسون و فولر در سال ۱۹۹۵ این گونه مسائل را در علوم مدیریتی استفاده کردند. در مقاله آنها اندازه گیری وابستگی بین اهداف برای انتخاب بهتر گزینه برتر مورد مطالعه قرار گرفت تا بتوان جواب های مؤثر و صحیحتری را در مسئله‌های تصمیم گیری چند شاخصه پیدا نمود[۹]. در مقاله کارلسون و دیگران در سال ۱۹۹۴ مسائل تصمیم گیری فازی چند شاخصه با تابع هدف‌های وابسته مورد مطالعه قرار گرفته است. در انتها یک سری تابع‌های کاربردی برای انتخاب بهترین گزینه در یک مسئله سه شاخصه استفاده شده‌اند [۸]. هوآنگ و دیگران در سال ۲۰۰۸ از روش AHP فازی برای ارزیابی قضاوت‌های متخصصین استفاده نمودند. نتایج نشان داد که ارزیابی شاخص‌ها در محیط‌های متفاوت با اندازه ریسک‌های مختلف تغییر می‌کند[۱۱]. ونگ و دیگران در سال ۲۰۰۸ نشان دادند که کاربردی نبودن روش تحلیل توسعه داده شده در مقاله چنگ در سال ۱۹۹۶ باعث تصمیمات غلط خواهد شد و شاخص‌های تصمیم گیری و مقایسات زوجی فازی در نظر گرفته نشده اند. همچنین برای کاربردی شدن تکنیک، روش هایی ارائه گردیده است [۱۴].

کووآ و دیگران در مقاله خود یک حالت شبیه سازی شده جریان کارگاهی با چند فرآیند را ارائه نمودند. سپس از روش تحلیل سلسله مراتبی و روش تاپسیس و طرح تاگوچی برای پیدا کردن بهترین قانون در هر ایستگاه کاری استفاده نمودند [۱۲]. همچنین در مقاله هالیکنن و دیگران در سال ۲۰۰۹ نیز کاربرد روش ANP در مسائل توالی عملیات بیان شده است [۱۰].

تقریبا در همه موارد ذکر شده بالا از روش AHP فازی در رتبه بندی و انتخاب

1- Analytic Hierarchy Process (AHP)

Archive of SID

www.SID.ir

بهترین گزینه در مسائلی غیر از توالی عملیات استفاده شده است. لذا استفاده از این روش در مسائل برنامه‌ریزی تولید و مسائل توالی عملیات که در آنها از تکنیک های تصمیم گیری چند شاخصه استفاده شده است، یکی از جنبه‌های نوآورانه و مهم تحقیق است. البته منابعی نیز که در آنها به نحوی از AHP در مسائل توالی عملیات استفاده شده ، ذکر شده اند. لذا هدف این تحقیق آن است که از این روش در انتخاب بهترین توالی در کارگاه تک ماشین استفاده نموده و این امر، اهمیت انجام آن را نشان می دهد.

در انتها لازم به ذکر است که در این مقاله ضمن معرفی روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی، چگونگی استفاده از این روش در انتخاب بهترین توالی از بین توالی‌های موجود در کارگاه تک ماشین با توجه به اینکه معیار هزینه راه اندازی ماشین آلات علاوه بر معیارهای دیگر از نظر تصمیم گیرنده مهم است، توضیح داده شده است.

ساختار مقاله به صورت زیر است:

در بخش ۲ کلیات مسائل توالی عملیات، شاخص‌ها و الگوریتم‌های مورد استفاده در مقاله بیان شده و سپس در بخش ۳ به توضیح روش تصمیم گیری فازی پرداخته شده است. همچنین در بخش ۴ یک مورد نمونه ارائه شده و حل گردیده و بخش‌های ۵ و ۶ نیز به ترتیب به پیشنهادها و منابع اختصاص داده شده اند.

توالی عملیات

هنگام تخصیص کارها به منابع، باید برای دست یابی به بهترین روش استفاده از ظرفیت موجود در هر مرکز کاری، کارها را اولویت بندی کرد[۱۵].

نمایش عمومی توالی عملیات به شکل روبرو است: n/m/A/B

n: تعداد کارها یا سفارش ها؛

m: تعداد ماشین‌ها یا منابع موجود؛

B: شاخص یا معیار بهینه سازی که می‌تواند میانگین زمان گردش کار و ... باشد؛

A: محیط اجرا که می‌تواند جریان کارگاهی یا کار کارگاهی و ... باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

نمادهای مورد استفاده به صورت زیر هستند:

(i) : اندیس شماره کارها؛

(j): اندیس شماره ماشین‌ها یا منابع؛

t_{ij}: زمان انجام کار i ام روی ماشین j ام؛

r_i : نقطه ای از زمان که کار i ام به کارگاه می‌رسد و آماده پردازش است؛

d_i : موعد تحویل کار i ام؛

C_i : زمان تکمیل کار i ام؛

F_i: مدت زمان گردش کار i ام؛ $F_i = c_i - r_i$

L_i : مغایرت یا انحراف زمان تکمیل از موعد تحویل؛ $L_i = c_i - d_i$

T_i: دیر کرد کار i ام؛ $T_i = \max(L_i, 0)$

W_i: مجموع زمان انتظار کار i ام. $W_i = \sum_{i=1}^{m} w_i k$

شاخص‌های بهینه سازی در توالی عملیات

توالی‌های مختلف را معمولا با معیارهایی که شامل اطلاعاتی راجع به کل کارائی باشد، مورد ارزیابی قرار می‌دهند. به طور کلی شاخص‌های تعیین توالی در دو دسته گنجانده می شوند:

الف: شاخص‌های کارایی مبتنی برزمان تکمیل کارها عبارتند از: میانگین زمان گردش کار ($\bar{F}$)، میانگین زمان تکمیل کار($\bar{C}$)، حداکثر زمان گردش کار(F_{max})، حداکثر زمان تکمیل کار (C_{max}).

ب: شاخص‌های کارایی مبتنی برموعد تحویل کارها عبارتند از: میانگین مغایرت زمان تکمیل ازموعد تحویل ($\bar{L}$)، حداکثر مغایرت زمان تکمیل از موعد تحویل(L_{max})، میانگین دیرکرد کارها ($\bar{T}$)، حداکثر دیرکرد کارها (T_{max})، تعداد کارهای با تاخیر (N_T)

شاخص‌های معادل

دو شاخص را معادل می‌گویند اگر بهینه کردن یکی معادل بهینه کردن دیگری

Archive of SID

www.SID.ir

باشد. شاخص‌های $\bar{W}$ ، $\bar{L}$ ، $\bar{C}$ و $\bar{F}$ معادلند، همچنین شاخص‌های $L_{\max}$ و $T_{\max}$ نیز معادلند به عبارتی :

$$\overline{W} \equiv \overline{C} \equiv \overline{L} \equiv \overline{F}$$

$$T_{\max} \equiv L_{\max}$$

حالت n کار و یک ماشین تحت فرضیاتی می‌تواند به ساده ترین شکل خود برسد که به شرح ذیل می‌باشد :

۱. تمامی کارها در ابتدای دوره برنامه‌ریزی در کارگاه موجودند. $(r_i = 0)$

۲. شرح عملیات کارها از قبل مشخص و زمان انجام کارها قطعی و معین است.

۳. زمان آماده سازی کارها مستقل از توالی انجام کارها است.

۴. بریدگی کار مجاز نیست.

۵. ماشین هیچ گاه بیکار نگه داشته نمی‌شود.

توالی که فرضیات بالا را رعایت می‌کند اصطلاحا توالی‌های جایگشتی هستند که در صورت حذف فرضیات فوق تعداد توالی هایی که برای یافتن جواب بهینه لازم است بررسی شوند از n! به ∞ حالت افزایش می‌یابد.

قاعده کوتاه ترین زمان انجام سفارش (SPT)

یکی از روش هایی که باعث کمینه کردن یک سری از شاخص‌های کارایی می‌شود قاعده کوتاه ترین زمان انجام سفارش است. طبق این روش کاری که مدت زمان کمتری طول می‌کشد اول انجام می شود.

t[i]: زمان انجام کاری که در نوبت i ام قرار گرفته است.

SPT : $t[1] \le t[2] \le t[2] \le \ldots \le t[n]$

در مساله n کار و یک ماشین، قاعده کوتاه ترین زمان انجام سفارش می‌تواند شاخص کارایی $\bar{F}$ را کمینه کند $(n/1/\ /\overline{F})$ و به لحاظ اینکه شاخص کارایی $\bar{F}$ معادل با $\bar{W}$ ، $\bar{L}$، $\bar{C}$ است می‌توان نتیجه گرفت که قاعده کوتاه‌ترین زمان انجام سفارش، $\bar{L}$, $\bar{W}$ ، $\bar{C}$ را نیز کمینه می‌کند به عبارتی دیگر توالی ای که توسط این روش حاصل می‌شود، شاخص‌های معادل $\bar{W}$ ، $\bar{L}$ ، $\bar{C}$ و $\bar{F}$ را کمینه می‌کند.

Archive of SID

www.SID.ir

قاعده زودترین موعد تحویل (EDD)

یکی دیگر از روش هایی که منجر به کمینه شدن یک سری دیگر از شاخص‌های معادل می‌گردد روش زودترین موعد تحویل است. طبق این روش، کاری که موعد تحویل کمتری دارد اول انجام می‌شود.

d[i] : موعد تحویل کاری که در نوبت i ام قرار گرفته است.

$$EDD : d[1] \le d[2] \le d[3] \le \ldots \le d[n]$$

در مسئله n کار و یک ماشین این روش می‌تواند دو شاخص L_{max} و T_{max} که معادل یکدیگرند را کمینه کند.

قاعده بهترین طریق بعدی(NBR)

یکی دیگر از روش‌های تعیین توالی، بهترین طریق بعدی است. این روش زمانی می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد که هزینه راه اندازی و تنظیم ماشین آلات زیاد باشد. به عبارتی این روش یک روش هیوریستیک است و جواب آن نسبتا خوب است. در این روش، کار اول به صورت تصادفی انتخاب می‌شود و سپس کاری که کمترین هزینه راه اندازی را دارد به عنوان کار دوم قرار می‌گیرد و به همین ترتیب تا آخر این کار انجام می‌شود و در نهایت توالی‌ای ارائه می‌شود که شاخص هزینه راه اندازی و تنظیم ماشین آلات آن نسبت به توالی‌های دیگر نسبتا بهتر است.

الگوریتم هاگسون و مور

با این الگوریتم شاخص کارایی تعداد کارهای با تاخیر (N_T) کمینه می‌شود و قدم‌های آن به شرح ذیل است:

۱. ابتدا برنامه ای به روش زودترین موعد تحویل ایجاد می شود.

۲. اولین کاری که در این توالی دیر تمام می‌شود با J[L] مشخص می‌شود.

۳. از میان کارهای مجموعه {J [1] , J [2] , ... , J [L]} کاری که دارای بزرگترین زمان انجام t است انتخاب شده و از توالی خارج می‌شود.

۴. برای کارهای باقی مانده، محاسبات به روز شده و به قدم ۲ باز می گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

۵. این عملیات تا جایی ادامه می‌یابد که در توالی باقی مانده هیچ کاری تأخیر نداشته باشد.

توالی بهینه از توالی باقی مانده با الحاق کارهایی که از توالی خارج شده‌اند به دست می‌آید.

روش تصمیم گیری فازی

در این بخش با به کار بردن مفاهیم پایه ای در مجموعه های فازی و تجزیه و تحلیل تصمیم گیری چند معیاره، یک رویکرد سیستماتیک برای انتخاب بهترین توالی از بین توالی‌های موجود در حالت تک ماشینی ارائه شده است. این روش برای تصمیم گیری در شرایط فازی بسیار مفید است[۶]. به دلیل وجود حالت فازی در مسئله انتخاب بهترین توالی، اهمیت وزن های معیارها به صورت متغیرهای زبانی در نظر گرفته شده و گروه تصمیم گیری شامل k نفر است. بنابراین می‌توان اهمیت هر معیار و رتبه هر آلترناتیو را به صورت زیر تعریف کرد:

۱. الگوریتم‌های مورد بررسی برای به‌دست آوردن توالی عملیات حل شده و نتایج شاخص‌ها درج می شود. به طور نمونه در این مقاله چهار الگوریتم (Hodgson، NBR، EDD، SPT) بررسی شده که پس از استفاده از هر کدام، نتایج شاخص‌های آن یادداشت می‌شود.

۲. برای اهمیت هر معیار، وزن مناسب و برای شاخص نیز، وزن مناسب اختصاص داده می‌شود.

$$\widetilde{x}_{ij} = \frac{1}{k}[\widetilde{x}_{ij}^{\,1}(+)\widetilde{x}_{ij}^{\,2}(+)...(+)\widetilde{x}_{ij}^{\,k}]$$

$$\widetilde{w}_{j} = \frac{1}{k}[\widetilde{w}_{j}^{\,1}(+)\widetilde{w}_{j}^{\,2}(+)...(+)\widetilde{w}_{j}^{\,k}]$$

که $\widetilde{w}_j$ درجه اهمیت معیار j ام و $\widetilde{x}_{ij}$ رتبه آلترناتیو i ام با توجه به معیار j ام از نظر تصمیم گیرنده k ام است .

فرض کنید $A_1, A_2, ..., A_m$ آلترناتیوهای ممکن و $C_1, C_2, ..., C_n$ معیارهایی باشند که آلترناتیوها با آنها ارزیابی خواهند شد. بدین ترتیب می توان ماتریس تصمیم $\widetilde{D}$ را به صورت زیر بیان کرد:

Archive of SID

www.SID.ir

$$\widetilde{D}=\begin{pmatrix} \widetilde{x}_{11} & \widetilde{x}_{12} & .... & \widetilde{x}_{1n} \\ \widetilde{x}_{21} & \widetilde{x}_{22} & ... & \widetilde{x}_{2n} \\ : & : & : & : \\ \widetilde{x}_{m1} & \widetilde{x}_{m2} & ..... & \widetilde{x}_{mn} \end{pmatrix}$$

$\widetilde{x}_{ij}$ نشان دهنده رتبه فازی آلترناتیو A_i با توجه به معیار C_j و $\widetilde{w}_j$ نیز وزن فازی معیار C_j است. این رتبه های فازی و وزن های فازی زبانی بوده که می توان آنها را با اعداد فازی مثلثی نشان داد:

$$\widetilde{w}_j = (\widetilde{w}_{j1}, \widetilde{w}_{j2}, \widetilde{w}_{j3})$$
$$\widetilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$$

۳. برای ایجاد سازگاری میان معیاری کیفی و رتبه های زبانی معیارهای ذهنی، مقیاسهای متفاوت را میتوان با استفاده از متغیر مقیاس خطی به یک مقیاس تبدیل کرد. بنابراین می توان ماتریس فازی نرمال شده که با $\widetilde{R}$ نمایش داده می شود، به صورت زیر به‌دست آورد:

$$\widetilde{R} = [r_{ij}]_{m*n}$$

$$\widetilde{r}_{ij} = (\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}), j \in B \qquad \widetilde{r}_{ij} = (\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}}), j \in C$$

$$c_j^* = \max_i C_{ij}\ j \in B \qquad a_j^- = \min_i C_{ij}\ j \in C$$

B مجموعه معیارهای سود و C نیز مجموعه معیارهای هزینه است.

در اینجا روش نرمال سازی خطی به منظور حفظ خاصیت تعلق اعداد فازی نرمال شده به بازه [۰,۱] مورد استفاده قرار گرفته است. با درنظر گرفتن اهمیت معیارها، ارزش نهایی فازی هر آلترناتیو را به صورت زیر می توان محاسبه نمود:

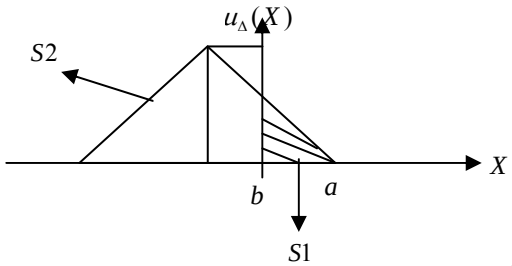
$$\widetilde{P}_i = \sum_{j=1}^{n} \widetilde{r}_{ij}(.)\widetilde{w}_j, \qquad i = 1,2,...,m$$

۴. پس از محاسبه ارزش نهایی فازی هر آلترناتیو می توان مقایسه زوجی ارجحیت میان آلترناتیوهای A_i و A_j را انجام داد. برای مقایسه عددهای فازی به دست آمده (ارزش نهایی هر آلترناتیو) از روش فازی، باید دو به دو اعداد را با یکدیگر مقایسه کرد تا بزرگترین عدد به دست آید. برای این کار دو عدد اولیه از یکدیگر کسرشده و مثلث فازی حاصله زیر به دست می‌آید (شکل ۱). سپس مساحت ناحیه‌های ۱ و ۲ حساب می شود. اگر مساحت ناحیه ۱ بزرگتر از ۲ باشد عدد فازی ۱ بزرگتر از عدد

Archive of SID

www.SID.ir

فازی ۲ است و بالعکس.



شکل ۱. مثلث ارزش نهایی فازی

$s_1 = \int_b^a \mu_A(X)dx$: مساحت قسمت هاشورخورده (ناحیه ۱)

$S_2 + S_1 = 1$ و $S_2 = S_T - S_1$: مساحت قسمت هاشورنخورده (ناحیه ۲)

$$S_2 > S_1 \Rightarrow \widetilde{Z}_{ij} = \widetilde{P}_i(-)\widetilde{P} < 0 \Rightarrow \widetilde{P}_1 < \widetilde{P}_2$$

۵. آلترناتیوها را براساس صعودی مرتب کرده، بنابراین بزرگترین آلترناتیو بر اساس مقایسات فازی، انتخاب اول برای توالی است.

حل یک مثال محاسباتی با استفاده از روش فازی

فرض کنید که چهار سفارش کاری موجود بوده و قرار است در کارگاهی روی یک ماشین پردازش شوند. زمان انجام هر کار بر روی ماشین و موعد تحویل در جدول ۱ و هزینه راه اندازی وتنظیم ماشین آلات(به هزار تومان) در جدول۲ نشان داده شده است. ارزیابی توسط کمیته ای شامل سه تصمیم گیرنده D_1 ، D_2 و D_3 انجام می شود و برای انتخاب مناسب ترین توالی چهار معیار زیر در نظر گرفته شده است:

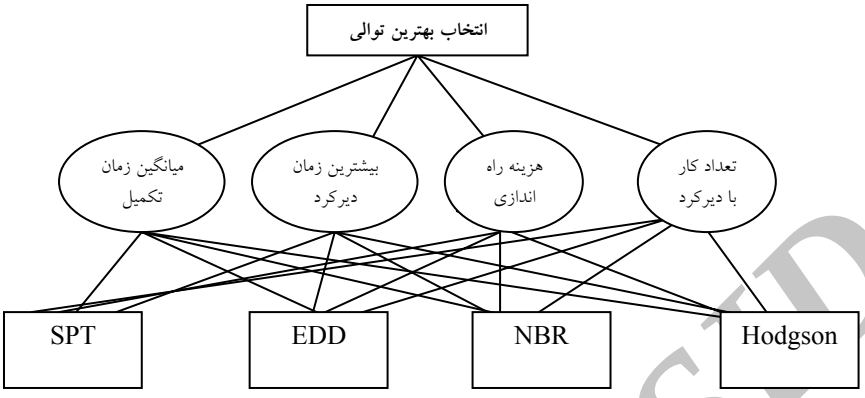
میانگین زمان تکمیل ($\overline{C}$)، بیشترین زمان دیر کرد ($T_{\max}$)، هزینه راه اندازی و تنظیم ماشین آلات و تعداد کار با دیرکرد (N_T).

ساختار سلسله مراتبی در شکل۲ نشان داده شده است. در این مرحله هدف آن است که از بین چهار توالی (هر توالی توسط یکی از الگوریتمهای Hodgson، NBR، EDD وSPT به دست آمده و هرکدام یک شاخص را کمینه

Archive of SID

www.SID.ir

می‌کند) یک توالی انتخاب شود.



شکل۲. ساختار سلسله مراتبی

جدول۱. زمان انجام (t) و موعد تحویل (dd)

شماره کار	زمان (t)	موعدتحویل(dd)
j_1	۱	۲
j_2	۲	۷
j_3	۳	۵
j_4	٤	٦

جدول ۲. هزینه راه اندازی و تنظیم ماشین آلات

هزینه راه اندازی	j_1	j_2	j_3	j_4
j_1	۰	۱	۲	۲
j_2	۰	۱	۲	۲
j_3	۰	۱	۲	۲
j_4	۱	۲	.	۲

حال به حل مثال مطرح شده در قسمت ۵ با استفاده از روش فازی پرداخته می‌شود. تصمیم گیرنده ها، متغیرهای زبانی وزن دهی را برای تخصیص اهمیت به معیارها مورد استفاده قرار می دهند (جدول ۴). به دلیل وجود حالت فازی در مساله،

Archive of SID

www.SID.ir

وزن های اهمیت معیارها به صورت متغیرهای زبانی در نظر گرفته شده‌اند. فرض کنید متغیرهای زبانی وزن اهمیت معیارها به صورت اعداد فازی مثلثی در جدول ۳ نشان داده شود. انتخاب تعداد متغیرهای زبانی و بازه تغییرات اعداد فازی، دلخواه هستند و می توان با توجه به ماهیت مساله آنها را تغییر داد. وزن فازی محاسبه شده برای هر معیار در جدول ۵ آمده است.

جدول۳. متغیرهای زبانی وزن اهمیت معیارها

Very Low VL	Low L	Medium Low ML	Medium M	Medium high MH	High H	Very high VH
(۰.۱،۰،۰)	(۰.۳،۰.۱،۰)	(۰.۵،۰.۳،۰.۱)	(۰.۷،۰.۵،۰.۳)	(۱،۰.۷،۰.۵)	(۱،۰.۹،۰.۷)	(۱،۱،۰.۹)

جدول٤. وزن اهمیت معیارها

تصمیم گیرنده‌ها / شاخص ها	D_1	D_2	D_3
$\overline{C}$	H	M	VH
$T_{\max}$	H	H	H
هزینه راه اندازی	M	H	MH
N_T	MH	MH	MH

جدول۵. وزن فازی هر معیار

وزن / شاخص	$\overline{C}$	$T_{\max}$	هزینه راه اندازی	N_T
وزن	(۰.۸،۰.٦٤ ،۰.۹)	(۰.۹،۰.۷ ،۰.۱)	(۰.۷،۰.۵ ،۰.۹)	(۰.۷،۰.۵ ،۱)

محاسبه توالی‌های مورد نظر

در این قسمت چهار توالی مورد نظر به‌دست می آید که هر توالی به وسیله یکی از الگوریتم های Hodgson ، NBR ، EDD وSPT حاصل شده است و هرکدام یک شاخص را کمینه می کند. الگوریتم‌ها و شاخص های کمینه شده متناظر با آنها به صورت زیر هستند:

الگوریتم Hodgson شاخص N_T ، الگوریتم NBR شاخص هزینه راه اندازی،

Archive of SID

www.SID.ir

الگوریتم EDD شاخص $T_{\max}$ و الگوریتم SPT شاخص $\overline{C}$ را کمینه می کند.

به طور نمونه توالی که بر اساس بررسی قاعده زودترین زمان انجام سفارش حاصل می شود و میانگین زمان تکمیل کار($\overline{C}$) را کمینه می کند، با استفاده از اطلاعات جدول ۶ محاسبه می شود:

جدول٦. نمونه توالی قاعده SPT

شاخص / کار	t	C	dd	T_i	L_i
j_1	۱	۱	۲	۰	−۱
j_2	۲	۲	۵	۰	−٤
j_3	۲	٦	۷	۱	۰
j_4	٤	۱۰	٦	٤	۰

$SPT: \quad j_1 - j_2 - j_3 - j_4$

$\overline{C} = \frac{10+6+3+1}{4} = 5$

$T_{\max} = \max\{1,4\} = 4$

هزینه راه اندازی : 3+2+1=6

$N_T = Count\{T_i > 0\} = 2$

چهار توالی مورد نظر که با الگوریتم های نام برده به دست می آیند، محاسبه شده و نتایج شاخص‌ها به صورت زیر هستند:

$SPT: \quad j_1, j_2, j_3, j_4, \quad \overline{C} = 5, \quad T_{\max} = 4, \quad N_T = 2$ هزینه راه اندازی= ۶،

$EDD: \quad j_1, j_3, j_4, j_2, \quad \overline{C} = 5.6, \quad T_{\max} = 3, \quad N_T = 2$ هزینه راه اندازی= ۷،

$NBR: \quad j_1, j_2, j_4, j_3, \quad \overline{C} = 5.3, \quad T_{\max} = 5, \quad N_T = 2$ هزینه راه اندازی= ۳،

$Hodgson: \quad j_1, j_3, j_2, j_4, \quad \overline{C} = 5.25, \quad T_{\max} = 4, \quad N_T = 1$ هزینه راه اندازی= ۵،

مطابق جدول ۵ ماتریس تصمیم فازی زیر ایجاد شده است. (جدول۷)

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۷. ماتریس تصمیم فازی

وزن	W_1	W_2	W_3	W_4
شاخص / الگوریتم	$\overline{C}$	$T_{\max}$	هزینه راه اندازی	N_T
SPT	۵	٤	٦	۲
EDD	۵.٦	۳	۷	۲
NBR	۵.۳	۵	۳	۲
Hodgson	۵.۲۵	٤	۵	۱

سپس ماتریس تصمیم فازی (جدول ۷) نرمال شده و نتایج در جدول ۸ نشان داده شده اند.

جدول۸. ماتریس تصمیم فازی نرمال شده

وزن	W_1	W_2	W_3	W_4
	(۰.۸،۰.٦٤ ،۰.۹)	(۰.۹،۰.۷ ،۰.۱)	(۰.۷،۰.۵ ،۰.۹)	(۰.۷،۰.۵ ،۱)
شاخص / الگوریتم	$\overline{C}$	$T_{\max}$	هزینه راه اندازی	N_T
SPT	۱	۰.۷۵	۰.۵	۰.۵
EDD	۰.۸۹۲	۱	۰.٤۲۸	۰.۵
NBR	۰.۹٤۳	۰.٦	۱	۰.۵
Hodgson	۰.۹۵۲	۰.۷۵	۰.٦	۱

با استفاده از جداول ۵ و ۸ ارزش نهایی فازی هر چهار آلترناتیو را به صورت زیر می‌توان محاسبه نمود:

$$\widetilde{P}_1 = W_1 * 1 + W_2 * 0.75 + W_3 * 0.5 + W_4 * 0.5$$

$\widetilde{P}_1 = (1.66, 2.17, 2.6)$

$\widetilde{P}_2 = (1.72, 2.25, 2.67)$

$\widetilde{P}_3 = (1.77, 2.34, 2.84)$

$\widetilde{P}_4 = (1.93, 2.55, 3.14)$

Archive of SID

www.SID.ir

همان طور که در قسمت ۴ توضیح داده شد، اختلاف میان هر دو ارزش نهایی به صورت زیر محاسبه شده است :

$\widetilde{P}_1(-)\widetilde{P}_2 = (-1.01,-0.08,0.88)$ $\widetilde{P}_2(-)\widetilde{P}_3 = (-1.12,-0.09,0.9)$

$\widetilde{P}_2(-)\widetilde{P}_4 = (-1.42,-0.21,0.074)$ $\widetilde{P}_3(-)\widetilde{P}_4 = (-1.37,-0.21,0.91)$

و به همین ترتیب :

$$\begin{cases} \widetilde{P}_2(-)\widetilde{P}_3 \Rightarrow \widetilde{P}_2 < \widetilde{P}_3 \\ \widetilde{P}_1(-)\widetilde{P}_2 \Rightarrow \widetilde{P}_1 < \widetilde{P}_2 \\ \widetilde{P}_3(-)\widetilde{P}_4 \Rightarrow \widetilde{P}_3 > \widetilde{P}_4 \\ \widetilde{P}_2(-)\widetilde{P}_4 \Rightarrow \widetilde{P}_2 < \widetilde{P}_4 \end{cases}$$

۵ . آلترناتیوها را براساس صعودی مرتب کرده، بزرگترین آلترناتیو بر اساس مقایسات فازی، انتخاب اول برای توالی است.

$\widetilde{P}_3 > \widetilde{P}_4 > \widetilde{P}_2 > \widetilde{P}_1$

بدین ترتیب رتبه های چهار آلترناتیو عبارتند از $\widetilde{P}_3 > \widetilde{P}_4 > \widetilde{P}_2 > \widetilde{P}_1$ و چون رتبه $\widetilde{P}_3$ از همه بیشتر است، توالی ای که براساس قاعده بهترین طریق بعدی (NBR) به دست آمده به عنوان بهترین توالی انتخاب می‌شود.

نتیجه گیری و پیشنهاد

همان طور که ملاحظه شد، در این مقاله برای حل مساله انتخاب بهترین توالی از بین چندین توالی در محیط کارگاه تک ماشین از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده گردید. در انتخاب توالی، رتبه هر آلترناتیو با توجه به هر معیار و برآورد وزن های اهمیت هر معیار با استفاده از متغیرهای زبانی انجام شد. هفت سطحی که برای مقادیر زبانی در رتبه بندی در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است و انتخاب تعداد متغیرهای زبانی و بازه تغییرات اعداد فازی دلخواه بوده و می‌توان با توجه به ماهیت مسئله آنها را تغییر داد. به دلیل وجود حالت فازی در مسئله، وزن های اهمیت معیارها به صورت متغیرهای زبانی در نظر گرفته شده اند.

در مثال عددی ذکر شده، زمان انجام هر کار بر روی ماشین، موعد تحویل،

Archive of SID

www.SID.ir

هزینه راه‌اندازی و تنظیم ماشین آلات موجود بوده و سه تصمیم گیرنده وجود دارند. همچنین برای انتخاب مناسب‌ترین توالی چهار معیار میانگین زمان تکمیل ($\overline{C}$) ، بیشترین زمان دیرکرد ($T_{\max}$)، هزینه راه اندازی و تنظیم ماشین آلات و تعداد کار با دیرکرد (N_T) در نظر گرفته شد که توسط الگوریتم های Hodgson، NBR، EDD و SPT کمینه شدند. در نهایت روش ارزیابی چند معیاره فازی[1] برای انتخاب بهترین توالی، کلیه شاخص‌های کارایی موردنظر را هم زمان درنظر گرفته و درنهایت توالی به دست آمده از روش NBR که شاخص هزینه راه اندازی و تنظیم ماشین آلات را کمینه می‌کند، انتخاب گردید.

در تحقیقات آینده می توان از روش ارزیابی چند معیاره فازی در انتخاب بهترین توالی در محیط های مختلف مانند محیط کارگاهی، محیط هایی که شامل چندین نوع ماشین با قابلیت تولید چندین نوع محصول و انجام چندین سفارش هستند، استفاده نمود. همچنین می توان شاخص زمان حل را نیز به شاخص‌ها اضافه کرد. همچنین برای مسائل سخت مانند مسائلی که زمان آماده سازی وابسته به توالی است نیز می توان از روش ارزیابی چند معیاره فازی استفاده کرد.

1- Fuzzy AHP

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1. Baker, K.R., **"Introduction to Sequencing and Scheduling"**, *John Wiley and sons Inc,* New York, 2nd edition, ISBN: 978-0471045557, pp 1-318 (1995).
2. Chen, S.J., Hwang, C.L., Hwang, F.P., **"Fuzzy multiple attribute decision making methods and applications",** *Springer-Verlag,* New York, 1st edition, ISBN: 978-0387549989, pp 1-536 (1992).
3. Hwang C.L., Yoon K., **"Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications"**, *Springer-Verlag*, Berlin, 1st edition, ISBN: 978-3540105589, pp 1-259 (1981).
4. Saaty T.L., **"The analytic hierarchy process: planning setting priorities and resources allocation"**, McGraw-Hill, New York, 1st edition, ISBN: 978-0070543713, pp 1-287 (1980).
5. Shi, Y., **"Advances in Multiple Criteria Decision Making and Human Systems Management: Knowledge and Wisdom"**, IOS Press, 1st edition, ISBN 978-1-58603-748-2, pp 1-407 (2007).
6. Buckley, J. J., **"Ranking alternatives: Using fuzzy numbers"**, *Fuzzy Sets and Systems*, 15(1), pp 21–31 (1985).
7. Byun, D., **"The AHP approach for selecting an automobile purchase model"**, *Information & Management Journal*, 38(5), pp 289-297 (2001).
8. Carlsson, C., Fuller, R., **"Interdependence in fuzzy multiple objective programming"**, *Fuzzy Sets and Systems*, 65(1), pp 19-29 (1994).
9. Carlsson, C., Fuller, R., **"Multiple criteria decision making: The case for interdependence"**, *Computers Operations Research*, 22(3), pp 251-260 (1995).
10. Hallikainen, P., Kivijärvi, H.,Tuominen, M., **"supporting the module sequencing decision in the ERP implementation process- An application of the ANP method",** *International Journal of Production Economics*, 119(2), pp 259-270 (2009).
11. Huang, C.C., Chu, P.Y., Chiang, Y.H., **"A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection"**, *Omega*, 36(6), pp 1038-1052 (2008).
12. Kuoa, Y.,Yangb, T., Choc, C., Tsengb, Y.C., **"Using simulation and multi-criteria methods to provide robust solutions to dispatching problems in a flow shop with multiple processors",** *Mathematics and Computers in Simulation*, 78(1), pp 40-56 (2008).
13. Stecke, K.E., **"Design, planning, scheduling, and control problems of flexible manufacturing systems"**, *Annals of Operations Research*, springer Netherlands, 3(1), pp 1-12 (1985).
14. Wang, Y.M., Luo, Y., Hua, Z., **"On the extent analysis method for fuzzy AHP and its applications"**, *European Journal of Operational Research*, 186(2), pp 735-747 (2008).
15. Zahedi, F., **"The analytic hierarchy process: a survey of the method and its application"**, *Interfaces*, 16(4), pp 96–108 (1986).

Archive of SID

www.SID.ir