ارائه یک مدل ریاضی چندهدفه برای کمینه کردن هزینه‌های زمانبندی چرخش شغلی برپایه ارگونومی

محمدجواد ارشادی*، دانشیار پژوهشکده فناوری اطلاعات، پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک)
مهرزاد فغانی، گروه مهندسی صنایع/ دانشکده فنی/ دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۱

چکیده: امروزه صاحبان صنایع و کارآفرینان برای پاسخ به نیازهای گوناگون مشتریان پیوسته به‌دنبال راهی برای افزایش انعطاف‌پذیری کارکنان خود در راستای نائل شدن به اهداف سازمان خود هستند. بهینه‌سازی شیوه خدمت‌رسانی در سیستم‌های تولیدی و ارائه الگوهای مناسب کار، می‌تواند در نهایت سبب سادگی ارائه خدمات و همچنین افزایش رضایت کارکنان شود. باوجود این‌که چرخش شغلی یک شیوه مناسب در بهبود چابکی سازمان در پاسخ‌دهی به تنوع درخواست‌ها است، بررسی این موضوع بدون نگرش درست به مسائلی از جمله هزینه‌های اجرا و نیز ارگونومی و انگیزش کارکنان به نتایج بهینه‌ای منجر نمی‌شود. از این رو در این پژوهش، یک مدل ریاضی چند هدفه زمانبندی کارکنان با در نظر گرفتن اهداف کمینه‌سازی هزینه‌های زمانبندی و تخصیص پرسنل، افزایش رضایت کارکنان و نیز ارگونومی شغلی است. برای حل این مساله بهینه‌سازی چندهدفه از روش محدودیت اپسیلون استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان داد با کمک مدل‌های چندهدفه مناسب می‌توان نتایج بهینه‌ای در مورد ارائه چرخش شغلی متناسب با شرایط کاری کارکنان ارائه کرد. همچنین برنامه زمانبندی با در نظرگرفتن چرخش شغلی می‌تواند در نهایت هزینه‌ها را کاهش و انگیزه را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: چرخش شغلی، ارگونومی، خستگی و انگیزش تولید، مدل ریاضی چند هدفه

مقدمه

مفهوم بهره‌وری نیروی انسانی برپایه زمانبندی مناسب کارها و چرخش شغلی، سال‌هاست که از دیدگاه اقتصاددانان، جامعه‌شناسان و مدیران مالی و همچنین مهندسین و مدیران صنایع مختلف مورد موشکافی فراوان قرار گرفته و هر گروه سعی کرده تا در سطوح مختلف (کلان و خرد) به تجزیه و تحلیلی دقیق در مورد آن پرداخته و راهکارهایی را برای بهبود آن ارائه دهند. از دیدگاه کلی در ساختار یک شرکت، مجموعه‌ای از فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی انجام می‌گیرد و در همه این فعالیت‌ها، مجموعه‌ای از ورودی‌ها تبدیل به مجموعه‌ای از خروجی‌ها می‌شود. با وجود گوناگونی ورودی‌ها و خروجی‌ها و کمی و کیفی بودن آنها، باید به گونه با یکدیگر ارتباط یابند که مجموعه آنها، همگی در جهت رشد و بهبود سیستم حرکت کند. تفکر بهره‌وری به ویژه از دیدگاه نیروی انسانی حرکت در جهت بهبود و ارتقاء یک سیستم است و به عنوان یک تفکر مثبت روش برخورد و همچنین هدف برخورد با یک مجموعه را موردتوجه قرار می‌دهد.

از این رو باتوجه به جایگاه انکارناپذیر نیروی انسانی در بهبود بهره‌وری، پرداختن به زمانبندی و تخصیص پرسنل عملیاتی و نیز در نظر گرفتن مسائل ارگونومی شغلی که گامی موثر در رضایت پرسنل می‌باشد، امری مهم و استراتژیک است که در این پژوهش به آن پرداخته خواهد شد. نیروی انسانی از دیدگاه توانمندی بکارگیری دیگر عوامل تولید، مهمترین عنصر از عناصر سازمان در جهت رسیدن به اهداف سازمان بشمار می‌آید. ورود این عنصر مهم با ویژگی‌های خاص رفتاری و نیازهای پیچیده خود به درون سازمان مسئولیت‌های فراوانی را برای مدیریت به ارمغان خواهد آورد، که این مسئولیت به نوبه خود، لزوم پژوهش در راستای شناخت انسان را ایجاب می‌کند که درجهت تکامل قدم برمی‌دارد. بنابراین شناخت روحیه کارکنان و کوشش صمیمانه همراه با برنامه‌ریزی مؤثر به منظور ایجاد شرایط روحی و روانی مناسب در محیط کار می‌تواند عاملی مؤثر در افزایش فکر، انرژی و عواطف کارکنان گشته و موجب تغییراتی کیفی در

* Ershadi@irandoc.ac.ir

سازمان گردد. عدم توجه به تأثیرات این عوامل در روحیه افراد و اتکاء صرف به اجرای برنامه و مقررات خشک می‌تواند موجب فشار روحی و روانی در کارکنان گردد. و از آنجا که شرایط روحی و روانی کارکنان عامل تعیین‌کننده در همه فعالیت‌های سازمان می‌باشد لازم است تا با شناخت روحیه کارکنان و کوشش صمیمانه همراه با برنامه‌ریزی مؤثر، محیط کاری متناسب با مشخصات افراد در سازمان بوجود آورد.

برخی پژوهشگران به مدلسازی عوامل انسانی در مساله زمانبندی کارکنان پرداختند برای نمونه اکبری و همکاران (۱۳۹۱) به مدلسازی مهندسی عوامل انسانی (یادگیری، فراموشی و خستگی) در مساله زمانبندی شیفت کاری کارکنان پرداخته و برای حل مدل ارائه شده از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند. مدلسازی عوامل انسانی نشان داد که پارامترهای انسانی بر کارایی کارکنان و در نتیجه کارایی سازمان تاثیر داشته و باید این تاثیر را در جدول زمانی کار مد نظر قرار داد.

اکبری (۱۳۹۶) برای بررسی کارایی مدل ریاضی و ارزیابی تاثیر عوامل انسانی بر کارایی زمانبندی کارکنان، چهار سناریوی زمانبندی با مجموعه پارامترهای انسانی مختلف ارائه داد. نتایج نشان داد که پارامترهای انسانی بر کارایی سیستم با محدودیت دوگانه تاثیر داشته و انتخاب سناریوی زمانبندی مناسب می‌تواند تا ۲۰٪ کارایی کارکنان را افزایش دهد. سایر پژوهش‌های مربوط به این حوزه به شرح زیر است. حسنی و بهنامیان (۱۳۹۶) در پژوهش خود بیان داشتند که مساله زمانبندی شیفتهای کاری پرستاری یکی از مسایل عدد صحیح می‌باشد که با توجه به شرایط مورد نظر، شیوه مدلسازی و حل ارایه شده برای آن متفاوت است. گویدو و کانفورتی (۲۰۱۷) در پژوهش خود یک مدل برنامه‌ریزی خطی چند هدفه را در حوزه مدیریت زمانبندی اتاق عمل ارائه دادند. در این پژوهش با استفاده از رویکرد مقایسه الگوریتم دقیق (CPLEX) و فراابتکاری ژنتیک، مدل بهینه سازی طراحی شده تا زمانبندی اتاق عمل برای هر تخصص جراحی انجام شود، زمانبندی اتاق عمل اختصاص داده شده به هر تیم جراحی، برنامه‌ریزی پذیرش جراحی با استفاده از رویکرد روش اپسیلون محدود و ایجاد جعبه پارتو، مجموعه‌ای از راه‌حل‌های بهینه را ارائه می‌دهند که می‌توانند از مدیران بیمارستان‌ها به منظور کارآمد کردن منابع درگیر و برنامه‌ریزی جراحان و جراحی‌ها، ارائه کند.

سایر پژوهش‌هایی که به حوزه چرخش شغلی و مسائل ارگونومیک در راستای زمانبندی کاری پرسنل پرداخته‌اند را می‌توان از جنبه‌های مختلف مانند توجه به مسائل چرخش شغلی، شرایط ارگونومی، عوامل خستگی، عوامل انگیزشی دسته‌بندی کرد. دیدگاه دیگری که در این حوزه وجود دارد نوع مدل‌سازی یعنی تک‌هدفه و چندهدفه بودن و همچنین روش حل مدل (دقیق و ابتکاری) است. از این‌رو می‌توان در قالب جدول ۱ و همچنین برپایه دسته‌بندی پیش‌گفته، پیشینه پژوهش را گروهبندی کرد. همانگونه که در سطر انتهایی جدول ۱ مشخص است در پژوهش جاری سعی شده است مسائل اصلی مانند چرخش شغلی، شرایط ارگونومی، عوامل خستگی، عوامل انگیزشی را همزمان در مدل وارد و از دیدگاه چندهدفه مدل را حل کرد.

جدول (۱) معرفی اندیس‌های مدل

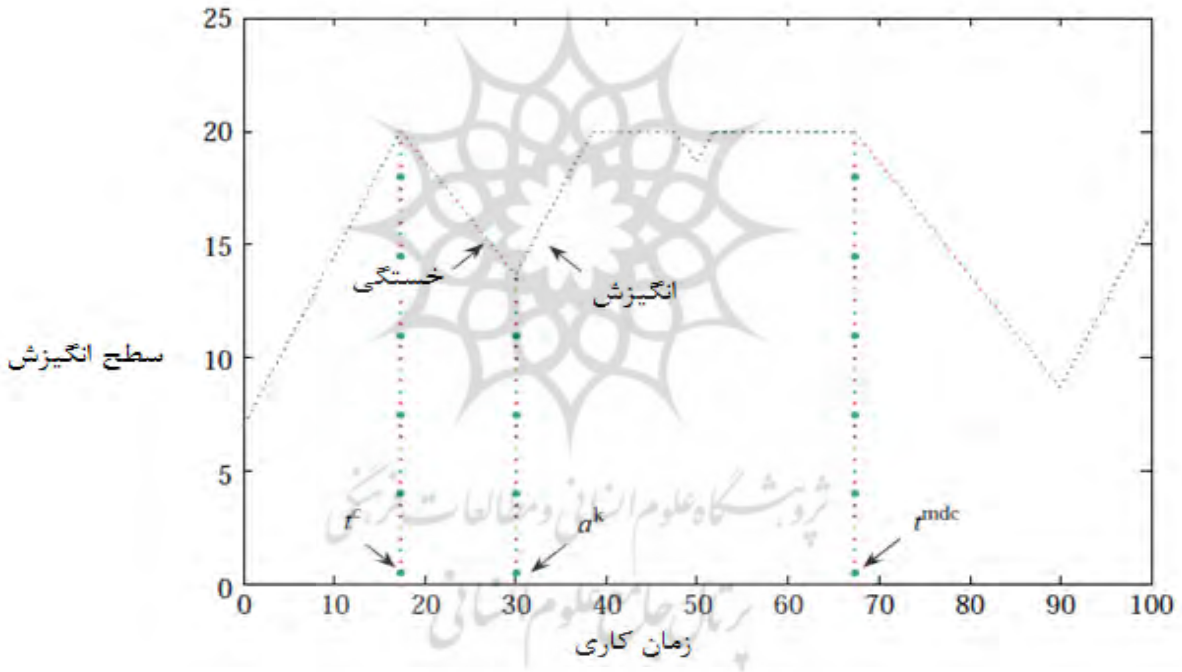
ردیف	نویسنده/سال	برنامه ریزی تک هدفه	برنامه ریزی چند هدفه	چرخش شغلی	مسائل ارگونومی	عوامل خستگی	عوامل انگیزش	حل دقیق	حل ابتکاری
۱	والمحمدی (۲۰۱۱)	*						*	
۲	واترز و همکاران (۲۰۱۳)	*					*	*	
۳	مدنهیر و موهوا (۲۰۱۶)	*					*	*	
۴	ما و همکاران (۲۰۱۵)	*				*			
۵	حسنی و بهنامیان (۱۳۹۶)	*						*	
۶	سعیدی (۱۳۹۶)	*		*				*	
۷	گویدو (۲۰۱۷)		*	*				*	
۸	حاجی‌زاده (۱۳۹۵)	*					*	*	
۹	پژوهش حاضر		*	*	*	*	*		*

در ادامه و در بخش بعد به ارائه چارچوب پژوهش جاری و همچنین ارکان مدل ارائه شده خواهیم پرداخت.

ابزار و روشها

در این پژوهش برپایه پیشینه تحقیقات مدل ریاضی مساله چرخش شغلی ارائه خواهد شد و پس از ارزیابی‌های صورت گرفته در قالب یک مساله نمونه این مدل حل شده و نتایج ارائه خواهد شد.

منحنی ارگونومی شغلی بر این اصل استوار است که مدت مورد نیاز برای اجرای یک فعالیت با تکرار آن فعالیت کاهش می‌یابد با این وجود می‌توان عوامل دیگری همچون طراحی مجدد فعالیت، ارزیابی کاروزمان، و انگیزه کارگر یا کارمند را در بهبود مدت زمان انجام کار بهبود بخشید. کارگران وقتی با اهداف فعالیت مواجه می‌شوند، ناخود آگاه دانشی را که متناسب با رسیدن به هدف است و از قبل آنرا کسب کرده‌اند، بکار می‌گیرند. همچنین به این موضوع دست یافتند که اگر دانش مربوط به دستیابی به هدف قبلا کسب نشده باشد، افراد از دانشی که قبلا در این زمینه‌ها بکار برده‌اند استفاده می‌کنند وآن را برای موقعیت فعلی خود بکار می‌گیرند و اگر فعالیتی که برای رسیدن به هدف به افراد تخصیص یافته باشد یک فعالیت جدید باشد، آنها استراتژی‌های خود را گسترش داده تا بتوانند آنها را به اهدافشان برسانند. با توجه به موارد فوق، عبارات بالا معادل اند با موقعیتی که اثر انگیزه سریعا به بالاترین مکان خود میرسد و بعد از اینکه شغل تغییر می‌یابند افزایش تدریجی در کارایی را نشان می‌دهند نمودار زیر بیان گر این مطلب است و روند افزایش انگیزه کارگر تا زمان رسیدن به یک کران مشخص سپس کاهش انگیزه بر اساس مسائل ارگونومی را نشان میدهد. هنگامی که در a^k گردش کار صورت می‌گیرد سطح انگیزه دوباره افزایش پیدا می‌کند (شکل ۱).



شکل(۱) خستگی و انگیزش پرسنل بدلیل مشکلات ارگونومی شغلی(عزیزی و همکاران، ۲۰۱۳)

۲-۱ مدل ریاضی

بمنظور ارائه یک برنامه چرخش شغلی مناسب برای پرسنل و با هدف کاهش خستگی و مشکلات ارگونومیک و برپایه پیشینه پژوهش یک مدل ریاضی ارائه شده است. نمادها و پارامترهای استفاده شده در این مدل در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است.

جدول (۲) معرفی اندیس‌های مدل

I	اندیس پرسنل
J	اندیس کار ایستگاه کاری
T	اندیس دوره زمانی (سیکل کار) مطابق با شکل ۱

جدول (۳) معرفی پارامترها

m^{max}	بالاترین سطح انگیزش ارگونومی
a_{ij}^{k}	زمانی که در آن کارگر i از ایستگاه کاری $j-1$ به ایستگاه کاری j انتقال می‌یابد
π_i	شیب انگیزش کارگر بر اساس ارگونومی شغلی
$m_{i,j-1,a_{ij}^{k}}$	سطح انگیزش کارگر i در ایستگاه کاری قبل (j-1) در زمان انتقال به کار دیگر
m^{ub}	حد بالایی انگیزش در برطرف شدن موانع ارگونومی
t_{ij}^{c}	زمانی که انگیزه کارگر i به حد بالایی خود در اجرای کار j می‌رسد
t_{ij}^{mdc}	زمانی که انگیزه کارگر i در اجرای کار j شروع به کاهش می‌کند
α	ضریب خستگی موثر در تیراژ تولید
$D_i^{m^{ub}}$	مدت زمانی که طول می‌کشد تا خستگی کارکر ار بین برود
$m^{initial}$	انگیزه اولیه پرسنل برای شروع کار با توسط به مسائل ارگونومی
$\mathrm{t}_{ij}^{c'}$	زمانی که انگیزه کارگر i به حد پایینی خود در اجرای کار j می‌رسد (حداکثر خستگی کارگر برای انجام کار بر اثر ارگونومی نامناسب)
c_{ijt}	هزینه انجام کار توسط کارگر i برای اجرای کار j در دوره t
t_j	حد فاصل تخصیص کار j
$FG_{j,t}$	میزان خستگی ناشی از ارگونومی بد محیط کاری کارگر i برای اجرای کار j در دوره t
$p_{i,j,t}$	نرخ تولید کارگر i در کار j در دوره t
$B_{j,t}$	تعداد تولید مورد نیاز در کار j در دوره t

با توجه به مدل عزیزی و همکاران (۲۰۱۳) و مباحث مطرح شده انگیزه کارگر بر اساس رویکرد ارگونومی را در بازه‌ای که افزایش پیدا می‌کند، یعنی از زمانی که کار جدیدی به وی تخصیص می‌یابد یا به ایستگاه جدیدی انتقال می‌یابد را می‌توان بدین سان تعریف کرد:

$$\boldsymbol{m_{i,j,t} = m^{max} - \left(m^{max} - m_{i,j-1,a_{ij}^{k}}\right) * e^{-\pi_i(t-a_{ij}^{k})}} \quad (۱)$$

که m^{max} بالاترین سطح رضایت ارگونومی، $m_{i,j-1,a_{ij}^{k}}$ سطح رضایت ارگونومی کارگر در ایستگاه کاری قبل در زمان انتقال، π_i شیب انگیزش کارگر و a_{ij}^{k} زمانی است که در آن کارگر i از ایستگاه کاری $j-1$ به ایستگاه کاری j انتقال می‌یابد.

سطح قابل دسترس رضایت ارگونومی یا حد بالایی انگیزش را توسط m^{ub} نشان می‌دهیم. رابطه زیر ارتباط بین m^{max} و m^{ub} را نشان می‌دهد:

$$M^{UB} = M^{max} \square \delta_1$$

که مقدار δ_1 حد بالایی رضایت ارگونومی است. زمانی که انگیزه کارگر به حد بالایی خود می‌رسد را با نمایش t_{ij}^{c} می‌دهیم. این زمان اصولا به انگیزه اولیه و مقدار شیب انگیزه وی بستگی دارد. زمانی که انگیزه کارگر شروع به کاهش می‌کند، t_{ij}^{mdc} بستگی به مدت زمانی دارد که او برای انجام عملیات مشخصی در ایستگاه کاری صرف می‌کند. زمانی که انگیزه کارگر شروع به کاهش می‌کند همچنین بستگی به حد بالایی انگیزه در زمان انتقال کارگر دارد. بنابراین این زمان را می‌توان چنین بیان کرد:

(۳)

$$t_{ij}^{mdc} = MAX\left\{\mathrm{t}_{ij}^{c}, D_i^{\mathrm{M^{UB}}} + a_{ij}^{k}\right\}$$

که $D_i^{\mathrm{M^{UB}}}$ مدت زمانی است برای اینکه انگیزه کارگر I که در حال انجام یک عملیات خاص است و از انگیزه اولیه شروع شده ($m^{initial}$) به حد بالایی خود برسد. بمحض این که به نقطه t_{ij}^{mdc} برسیم اگر هیچ انتقالی صورت نگیرد، انگیزه کارگر بدلیل مسائل

ارگونومی شروع به کاهش می‌کند و به حد پایینی خود یعنی $t_{ij}^{c\prime}$ خواهد رسید. کاهش انگیزه کارگر بدلیل مشکلات عضلانی را می‌توان با عبارت زیر نشان داد:

(٤)

$$m_{i,j,t} = \mathrm{M}^{min} + \left(m_{i,j,t^c} - \mathrm{M}^{min}\right) * e^{-\Theta_i(t - t_{ij}^{mdc})}$$

می‌توان ارتباط بین M^{min} وM^{lb} را بصورت زیر نشان داد:

$$M^{LB} = M^{min} + \delta_2 \qquad (٥)$$

که δ_2 مقدار آستانه حد پایینی رضایت ارگونومی می‌باشد.

از این رو تابع هدف اول مدل ریاضی شامل کاهش تاخیراتی است که در اثر کمبود انگیزش و مشکلات ارگونومی بوجود می‌آید و باعث خستگی می‌گردد و تابع هدف دوم جمع هزینه انجام کار در اثر تخصیص نیروی انسانی برای تولید و تابع هدف سوم کمینه سازی میزان خستگی که بر روی تیراژ تولید اثر دارد (انحراف تولید بر اساس خستگی پرسنل)می باشد.

تابع اهداف مدل ریاضی عبارت اند از:

تابع هدف اول:

(٦)

$$\min c1 = \sum_i \sum_j \sum_t \left(\frac{\mathrm{M}^{\mathrm{UB}} - m_{i,j,t}}{\mathrm{M}^{\mathrm{UB}}}\right) * t_j * x_{i,j,t}$$

تابع هدف اول: کمینه سازی تاخیراتی است که در اثر کمبود انگیزش و مشکلات ارگونومی بوجود می‌آید و باعث خستگی می‌گردد.

(٧)

$$\min c2 = \sum_i \sum_j \sum_t c_{ijt} * x_{i,j,t}$$

تابع هدف دوم: کمینه سازی هزینه‌های تولید در اثر تخصیص نیروی انسانی برای تولید

(٨)

$$\min c3 = \sum_i \sum_j \sum_t \frac{FG_{i,j,t} * p_{i,j,t}}{x_{i,j,t}}$$

تابع هدف سوم: کمینه سازی میزان خستگی که بر روی تیراژ تولید اثر دارد (انحراف تولید بر اساس خستگی پرسنل)

برای حل این مدل در این پژوهش از روش محدودیت اپسیلون استفاده می‌شود. این روش یکی از بهترین روشها در تعیین پاسخ‌های پارتوی بهینه است. برای حل این مدل در صورتیکه ابعاد مساله کوچک باشد از روش‌های دقیق می‌توان استفاده کرد. با افزایش ابعاد مساله، پیچیدگی‌های مدل به‌شدت افزایش خواهد یافت و به بیان دیگر، مساله NP-hard خواهد بود که نیاز است از روش‌های فراابتکاری حل شود. از این‌رو، در ادامه این بخش ابتدا روش محدودیت ابسیلون توضیح داده خواهد شد و سپس روش الگوریتم ژنتیک (قابل کاربرد در حل مساله با ابعاد بزرگ) معرفی خواهد شد.

۲-۲ روش محدودیت اپسیلون[1]

یکی از روشهای دقیق بدست آوردن حل های پارتوی بهینه استفاده از روش محدودیت اپسیلون است که اولین بار توسط آلجدان ارائه شده است. مزیت اصلی این روش نسبت به سایر روشها بهینه سازی چند هدفه کاربرد آن برای فضاهای حل غیر محدب است زیرا روشهایی از قبیل ترکیب وزنی اهداف در فضای نامحدب کارایی خود را از دست می‌دهند (چن، ۲۰۱۸). در این روش همواره به

1. method constraintε

بهینه‌سازی یکی از اهداف می پردازیم به شرطی که بالاترین حد قابل قبول را برای سایر اهداف در غالب محدودیتها تعریف کنیم که برای یک مساله دو هدفه نمایش ریاضی زیر را خواهیم داشت:

$$\text{Min } f_1(x)$$
$$\text{Subject to } f_2(x) \le \varepsilon_2, f_3(x) \le \varepsilon_3, ..., f_p(x) \le \varepsilon_p,\ x \in S$$

با تغییر مقادیر سمت راست محدودیت‌های جدید εها، لبه پارتوی مسئله بدست خواهد آمد. یکی از مشکلات عمده روش اپسیلون- محدودیت حجم بالای محاسبات است، چرا که برای هرکدام از توابع هدف تبدیل شده به محدودیت (به تعداد $p-1$) باید چندین مقدار مختلف از مقادیر ε_i امتحان شود. یکی از مرسوم‌ترین رویکردهای اجرای روش اپسیلون- محدودیت این است که ابتدا ماکزیمم و می‌نیمم تک تک توابع هدف را بدون در نظر گرفتن سایر توابع هدف و در فضای $x \in S$ بدست می‌آورند. سپس به کمک مقادیر بدست آمده از مرحله قبل بازه[1] مرتبط با هریک از توابع هدف را محاسبه می‌کنند. اگر مقادیر ماکزیمم و می‌نیمم توابع هدف را به ترتیب با $f_i^{\max}$ و $f_i^{\min}$ بنامیم، آنگاه بازه هریک از آنها به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$r_i = f_i^{\max} - f_i^{\min}$$

بازه r_i به q_i بازه تقسیم می‌شود. سپس برای ε_i در رابطه زیر می‌توان به تعداد $q_i + 1$ مقدار مختلف که از فرمول زیر محاسبه می‌شوند، بدست آورد (چن، ۲۰۱۸).

$$k = 0,1,...,q_i \quad \varepsilon_i^k = f_i^{\max} - \frac{r_i}{q_i} \times k$$

در رابطه فوق k شماره نقطه جدید مربوط به ε_i را نشان می‌دهد. به کمک روش اپسیلون- محدودیت مسئله بهینه‌سازی چند هدفه فوق را می‌توان به $\prod_{i=2}^{p}(q_i + 1)$ تعداد زیر- مسئله[2] بهینه‌سازی تک هدفه تبدیل کرد. هر زیر- مسئله دارای فضای جواب S است با توجه به اینکه توسط نامساوی‌های مرتبط با توابع هدف $f_2, ..., f_p$ محدودتر نیز خواهد شد. هر زیر- مسئله منجر به یک جواب کاندیدا برای مسئله بهینه‌سازی چند هدفه مورد نظر یا اصطلاحاً جبهه پارتوی بهینه می‌شود. گاهی اوقات برخی از زیر- مسائل فضای غیر موجه[3] ایجاد می‌کنند.

با توجه به اینکه مدل ریاضی ارائه شده بصورت سه هدفه می‌باشد و نیاز به ارزیابی جعبه پارتوی جواب‌های بهینه است لذا ارزیابی حدود بهینه جهانی در روند ارزیابی گامی موثر در تحلیل دقیق اهداف مساله می‌باشد که در این پژوهش از آن بهره‌گیری شده است. نهایتا پس از بدست آمدن جبهه پارتوی بهینه تصمیم‌گیرنده[4] می‌تواند مناسب‌ترین جواب از نظر خود را انتخاب و مورد استفاده قرار دهد.

۲-۳ روش الگوریتم ژنتیک

همانگونه که پیش از این نیز عنوان شد، مدل بهینه ارائه شده در صورت افزایش ابعاد NP-hard خواهد شد و نیاز است با یکی از روشهای فراابتکاری مانند روش الگوریتم ژنتیک حل شود. در ادامه این بخش گامهای اجرای این الگوریتم بیان خواهد شد.

۱. تعیین پارامترهای اولیه: تعداد نسل($iter_{max}$)، نرخ تقاطع(p_c)، نرخ جهش(p_m)، اندازه جمعیت(p_s).

۲. ارزشیابی جامعه اولیه‌ی تصادفی ایجاد شده توسط تابع برازش.

1. Range
2. Sub-problem
3. No feasible
4. Decision maker

۳. t=1.

٤. تکرار مراحل زیر تا بر قراری شرط (t > iter_max)

٤.۱. عملیات تقاطع برای تولید p_c*pop_{size} فرزند.

٤.۱.۱. عملیات انتخاب توسط روش انتخاب چرخه رولت.

٤.۱.۲. عملگر تقاطع برای تولید فرزند.

٤.۲. عملیات جهش برای تولید p_m*pop_{size} فرزند.

٤.۲.۱. عملیات انتخاب، به روش انتخاب تصادفی.

٤.۲.۲. عملیات جهش جابه‌جایی بر روی والد انتخاب شده و تولید فرزند.

٤.۳. رتبه‌بندی جمعیت و انتخاب $pop_{size}*(1-p_m-p_c)$ کار اول به عنوان نخبه.

٤.٤. جایگزینی فرزندان تولید شده به عنوان جمعیت جدید.

٤.٥. ارزشیابی جامعه‌ی جدید تولید شده.

٥. t=t+1.

در این شبه برنامه، پس از تولید پارامترهای کنترل کننده الگوریتم ژنتیک، کروموزوم‌های جامعه تصادفی ایجاد شده توسط تابع برازش ارزشیابی می‌شود و در هر تکرار از الگوریتم با استفاده از عملیات انتخاب چرخه رولت، والدین انتخاب شده و عملیات تقاطع انجام می‌شود. و با استفاده از روش انتخاب تصادفی یک کروموزوم انتخاب شده و عملیات جهش بر روی آن انجام می‌شود. علاوه بر دو مورد گفته شده تعدادی از کروموزوم‌ها که از نظر تابع هدف از کروموزوم‌های دیگر مناسبتر می‌باشند به عنوان بخشی از جمعیت نسل جدید معرفی می‌شوند. سپس جامعه‌ی جدید ارزشیابی می‌شوند.

۳- یافته‌ها

در این بخش مساله چندهدفه طراحی شده در بخش قبلی را با یک مثال حل خواهیم کرد. هدف از ارائه این مثال علاوه بر ارزیابی روشهای حل ارائه شده بررسی روایی مدل توسعه داده شده نیز خواهد بود. کارگاهی را در نظر بگیرید که دارای دو ایستگاه کاری است که هر کدام از این ایستگاه‌ها توسط یک کارگر چند مهارته انجام می‌شود. اطلاعات مربوط به این مساله در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول (٤) معرفی پارامترهای مثال عددی

	ضریب انگیزش	ضریب خستگی	حداقل سطح انگیزش	حداکثر سطح انگیزش	سطح اولیه انگیزش	حد استانه انگیزش	حدفاصل بین دو تخصیص	هزینه انجام کار
کارگر ۱	۰.۲	۰.۰۴	۰	۲۰	۵	۰.۲	۵	۵۰
کارگر ۲	۰.۱۷	۰.۰۳	۰	۲۰	۵	۰.۲	۵	۶۰

این مساله برای ۱۲۰ واحد زمانی مدل‌سازی شده و حالات مختلف زمانبندی تولید ارزیابی می‌شود.

حالت اول: عدم وجود چرخش شغلی

با توجه به عدم وجود چرخش شغلی، حد بالای انگیزه کارگر اول به شرح ذیل است:

$$m^{ub} = m^{max} - \delta_1 = 20 - 0.2 = 19.8$$

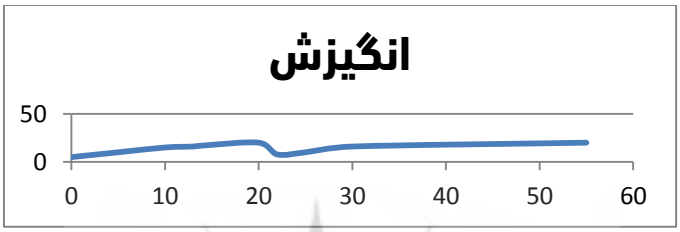
همچنین زمانی که انگیزه کارگر i به حد بالایی خود در اجرای کار j می‌رسد به شرح ذیل است:

$$t_{ij}^{c} = \frac{-\ln(\frac{\delta_1}{m^{max} - m_{i,j-1,a_{ij}^{k}}})}{\pi_i} + a_{ij}^{k} = \frac{-\ln(\frac{0.2}{20-5})}{0.2} + 0 = 22$$

بدین معناست که کارگر۱ در زمان ۲۲ به حد بالایی انگیزه خود می‌رسد به همین ترتیب برای کارگر ۲ این زمان محاسبه می‌گردد که برابر ۲۶ می‌باشد. زمانی که کارگر به حد بالایی انگیزه خود می‌رسد بعد از این زمان انگیزه کارگران به دلیل انجام کار تکراری به تدریج کاهش می‌یابد.

زمان رسیدن به پایین‌ترین حد انگیزش نیز بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$t_{ij}^{c\prime} = \frac{-\ln(\frac{\delta_2}{m_{i,j,t^c}})}{\Theta_i} + t_{ij}^{mdc} = \frac{-\ln(\frac{0.2}{19.8})}{0.04} + 22 = 137$$



شکل(۲) منحنی انگیزش پرسنل

همانطور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، در ساعت ۲۰ ام کارگر اول به سقف انگیزش رسیده و پس از آن سیر نزولی انگیزش ایجاد می‌شود تا در لحظه ۱۳۸ به کف انگیزش خود می‌رسد.

با توجه به این حالت که چرخش شغلی انجام نشده است، هزینه‌ها و مقادیر تولید به شرح ذیل می‌باشد:

کل هزینه حالت اول = هزینه خستگی + هزینه تخصیص کار =۵۰(۱۲۰)+۷۶.۹۰ = ۶۰۷۶.۹۰

و مطابق با حل مدل در نرم افزار GAMS تعداد تولید ۶۱ قطعه تولید شده است.

حالت دوم ارزیابی: وقتی که هر کدام از کارگرهای ۱و۲ به ترتیب کارهای ۱و ۲ را به مدت ۴۵واحد زمانی(t=45) انجام می‌دهند و پس از آن جای خود را با یکدیگر عوض می‌کنند یعنی کارگر ۱کار۲ و کارگر۲ کار ۱ را انجام می‌دهند مشابه عملیات حالت اول

از این رو مطابق با معادله ذیل کاهش انگیزه کارگر داریم:

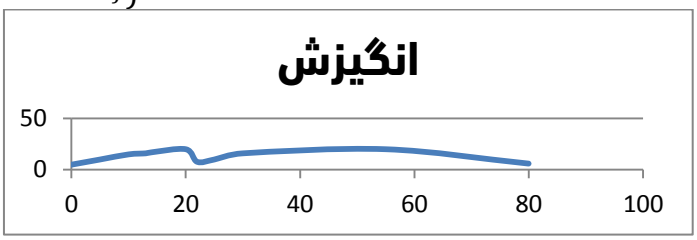
$$m_{i,j,t} = \mathrm{M}^{min} + \left(m_{i,j,t^c} - \mathrm{M}^{min}\right) * e^{-\Theta_i\left(t - t_{ij}^{mdc}\right)} = 0 + (19.8 - 0) * e^{-0.04(45-22)} = 7.72$$

پس از چرخش، انگیزه کارگر۱ در ایستگاه ۲ در زمان t=66 به حد بالایی خود می‌رسد.

$$t_{ij}^{c} = \frac{-\ln(\frac{\delta_1}{m^{max} - m_{i,j-1,a_{ij}^{k}}})}{\pi_i} + a_{ij}^{k} = \frac{-\ln(\frac{0.2}{20-7.72})}{0.2} + 45 = 66$$

زمانی که انگیزه کارگر۱ در ایستگاه کاری ۲ شروع به کاهش می‌کند برابر t=67 می‌باشد:

$$t_{ij}^{mdc} = MAX\left\{t_{ij}^{c}, D_i^{\mathrm{M^{UB}}} + a_{ij}^{k}\right\} = \max(66, 22 + 45) = 67$$



شکل(۳) ارزیابی منحنی انگیزش بر اساس ارگونومی شغلی

در این حالت هزینه کل برابر است:

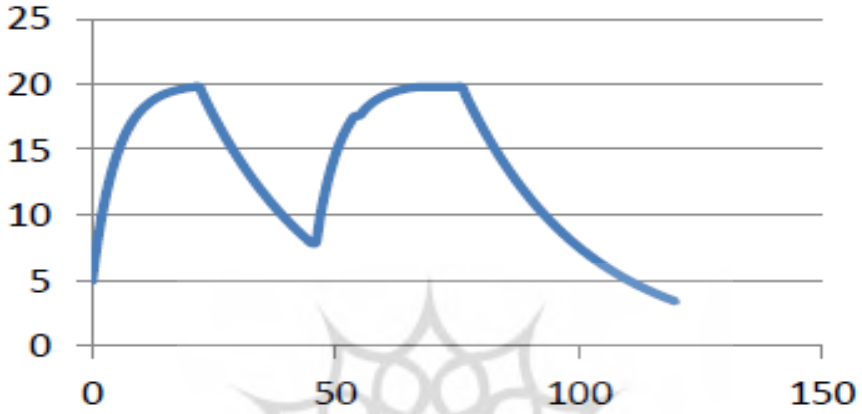
هزینه کل = هزینه خستگی + هزینه تخصیص کار

۶۰۴۷.۷۴=۶۶٭(۵۰)+(۵۰)٭۵۴+۴۶.۷۴

با توجه به خروجی گمز تیراژ تولید افزایش یافته و به تعداد ۷۵ عدد رسیده است.

حالت سوم: اعمال دوبار چرخش کارگر ۱ جهت انجام کارها

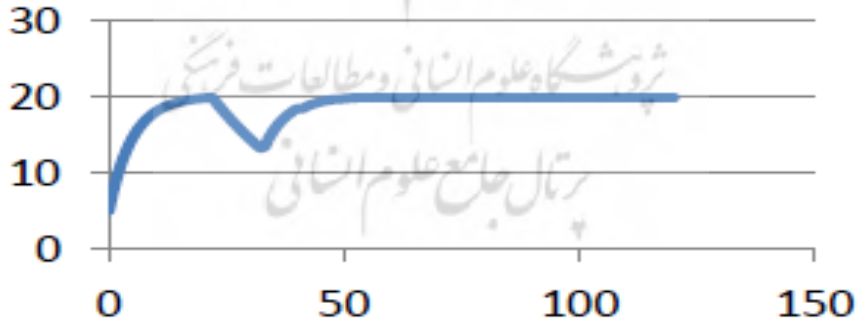
در این حالت تا زمان t=45 کار۱ را به کارگر ۱ تخصیص می‌دهیم و از زمان t=45 تا t=55 کار ۲ را به وی تخصیص می‌دهیم، بار دیگر در زمان t=56 بازهم کار ۱ را به وی تخصیص می‌دهیم و تا پایان او را به کار ۱ می‌گماریم. نمودار بهبود و تنزل انگیزه وی بصورت زیر بدست می‌آید:



شکل (٤) منحنی انگیزه کارگر در وضعیت سوم

حالت چهارم: افزایش تعداد چرخش‌ها

در این حالت از زمان t=33 هر ۸ واحد زمانی یک بار چرخش انجام می‌شود تا سطح انگیزه کارگر در بالاترین جای خود قرار داشته باشد. نمودار زیر با انجام این کار بدست می‌آید. با توجه به شکل و محاسبه هزینه‌های این حالت مشاهده می‌شود که بطور چشمگیری کاهش پیدا می‌کند.



شکل(۵) منحنی افزایش انگیزه کارگر

نتایج این مثال بصورت خلاصه در جدول ۵ آمده است.

جدول (۵) نتایج بهینه‌سازی مدل در حالت‌های مختلف

حالات مساله	حالت اول	حالت دوم	حالت سوم	حالت چهارم
کل هزینه	۶۰۷۶.۹۰	۶۰۴۶.۷۴	۶۰۳۹.۱۱	۶۰۲۱.۱۳
تیراژ تولید	۶۱	۷۵	۹۰	۱۱۰

از جدول فوق می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به مدل ارائه شده استفاده از برنامه‌ریزی چرخش کاری می‌تواند عاملی در کاهش هزینه‌ها و بهبود وضعیت تیراژ تولید باشد.

۳-۱ پیاده‌سازی روش محدودیت اپسیلون

حال پس از اطمینان از روایی مدل، به ارائه روش حل بر پایه روش محدودیت اپسیلون خواهیم پرداخت. مدل محدودیت اپسیلون تقویت شده را می‌توان مطابق رابطه زیر نمایش داد:

$$Min/Max(f_1(x) + \vartheta * \left(\frac{s_2}{r_2} + \frac{s_3}{r_3} + \cdots + \frac{s_i}{r_i} \ldots + \frac{s_n}{r_n}\right))$$

St :

$f_2(x) - s_2 = \varepsilon_2$

$f_3(x) - s_3 = \varepsilon_3$

....

$i \in [2, n]$

$s_i \in R^+$

طبق رابطه فوق راه حل های بهینه پارتو بدست می‌آیند.که در آن ri دامنه تابع هدف i ام ، □ یک عدد کوچک بین ۰۰۱. تا ۰۰۰۰۰۱. و Si یک متغیر اضافی غیر منفی هستند. ابتدا مقدار NIS_{fi} (بدترین مقدار) و PIS_{fi} (بهترین مقدار) برای هر تابع هدف بدست آورده می‌شوند،سپس مقدار دامنه تابع هدف iام طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$r_i = PIS_{fi} - NIS_{fi}$$

بعد از آن r_i به بازه های برابر l_i تقسیم می‌شود.سپس l_i+1 نقطه بدست آورده می‌شوند که طبق رابطه زیر مقدار اپسیلون‌ها بر اساس این نقاط (Grid point) بدست آورده می‌شود. در این روش به ازای تمام اپسیلون های بدست آمده مدل باید حل شود که طبق رابطه، □ شماره نقاط (Grid point) بدست آمده است.

$$\varepsilon_i^{\eta} = NIS_{fi} + \frac{r_i}{l_i} * \eta$$

حال پس از کدنویسی در گمزابتدانتایج بدست‌آمده به صورت زیر ارائه می‌شود:درنهایت مقادیرزیر برای‌هریک از متغیرها بدست آمده است:

جدول (٦) مقداردهی متغیرها در روش اپسیلون

r2	473871	R3	۴۰۶۳۲۰
Li	5	Li	5
NIS2	۵۵۴۹	NIS3	۸۸۰
PISF2	۴۷۹۴۲۰	PISF3	۴۰۷۲۰۰
ϑ	0.0001	ϑ	0.0001

سپس با استفاده از رابطه زیر مقدار اپسیلون‌ها را بدست آوردیم.

$$\varepsilon_i^{\eta} = \mathrm{PIS}_{fi} + \frac{r_i}{l_i} * \eta$$

جدول (۷) مقادیر گوناگون اپسیلون‌ها پس از پیاده‌سازی روش

ردیف	ε	ردیف	ε
۱	۵۵۴۹	۱	۸۸۰
۲	۱۰۰۳۲۳	۲	۸۲۱۴۴
۳	۱۹۵۰۹۷	۳	۱۶۳۴۰۸
۴	۲۸۹۸۷۱	۴	۲۴۴۶۷۲
۵	۳۸۴۶۴۵	۵	۳۲۵۹۳۶
۶	۴۷۹۴۲۰	۶	۴۰۷۲۰۰

در نهایت مدل اپسیلون تقویت شده را با استفاده از نرم افزار گمز برای هر یک از اپسیلون‌ها بدست آمده حل کردیم. مجموعه جواب‌های بهینه پارتو بدست آمده مطابق جدول زیر است.

جدول (۸) مقادیر تابع هدف و زمان حل بااستفاده از روش اپسیلون محدودیت

زمان حل (ثانیه)	هدف سوم	هدف دوم	هدف اول	ε
۱	۱۱۰	۶۰۲۱.۱۳	۱۷۵	۱
۲	۹۸	۶۰۳۱.۱۳	۱۷۴	۲
۲	۹۹	۶۰۴۱.۱۳	۱۶۹	۳
۲	۹۷	۶۰۴۳.۱۳	۱۶۶	۴
۲	۹۶	۶۰۵۱.۱۳	۱۶۷	۵
۳	۹۶	۶۰۷۵.۱۳	۱۶۴	۶

۳-۲ پیاده‌سازی روش الگوریتم ژنتیک

در این بخش پیش از پیاده‌سازی روش الگوریتم ژنتیک، (برپایه مراحلی که در بخش دوم توضیح داده شد) لازم است پارامترهای اصلی مقداردهی (Tune) شوند. برای تنظیم پارامترهای الگوریتم GA در هر یک از ابعاد (کوچک، متوسط و بزرگ) سه سطح برای هر یک از پارامترها در نظر گرفته شد و طرح آزمایشی به صورت جدول زیر به دست آمد.

جدول (۹) طرح آزمایشات برای تنظیم پارامترهای الگوریتم GA

طرح آزمایش	سطح پارامتر			
	MaxIt	Npop	Pc	Pm
۱	۱	۱	۱	۱
۲	۱	۲	۲	۲
۳	۱	۳	۳	۳
۴	۲	۱	۲	۳
۵	۲	۲	۳	۱
۶	۲	۳	۱	۲
۷	۳	۱	۳	۲
۸	۳	۲	۱	۳
۹	۳	۳	۲	۱

سطوح مختلف در نظر گرفته شده برای هر پارامتر برای مسائل با ابعاد کوچک، متوسط و بزرگ درجداول زیر قابل مشاهده است.

جدول (۱۰) سطوح مختلف پارامترهای الگوریتم GA برای مسائل با ابعاد مختلف.

پارامتر	تعریف پارامتر	سطح پارامتر در مسائل با ابعاد کوچک			سطح پارامتر در مسائل با ابعاد متوسط			سطح پارامتر در مسائل با ابعاد بزرگ		
		۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
MaxIt	ماکزیمم تعداد تکرار	۹۰۰	۱۰۰۰	۱۱۰۰	۲۱۰۰	۲۲۰۰	۲۳۰۰	۲۴۰۰	۲۵۰۰	۲۷۰۰
Npop	تعداد جمعیت	۵۰	۶۰	۷۰	۵۰	۶۰	۷۰	۵۰	۶۰	۷۰
Pc	احتمال تقاطع	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۶	۰/۷	۰/۸
Pm	احتمال جهش	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳

در ادامه، به کمک روش ارائه شده در پژوهش تسای و همکاران[1] (۲۰۰۶) و کاربرد روش تاگوچی مقادیر پارامترهای روش الگوریتم ژنتیک مطابق جدول زیر تنظیم شد. به بیتن دیگر، در هریک از سه سطح اندازه مساله میزان پارامتری انتخاب شد که خطای تجمعی آن از آستانه تعیین شده در پژوهش پیش‌گفته کمتر باشد.

1. Tsai et al.

جدول (۱۱) مقادیر انتخاب شده برای پارامترهای الگوریتم GA برای مسائل با ابعاد مختلف.

اندازه مسئله	MaxIt	Npop	Pc	Pm
کوچک	۹۰۰	۷۰	۰/۷	۰/۳
متوسط	۲۳۰۰	۶۰	۰/۷	۰/۲۵
بزرگ	۲۷۰۰	۷۰	۰/۸	۰/۳

پس از کاربرد روش GA با استفاده از پارامترهایی که در جدول ۱۱ مقداردهی شده‌اند، نتایج این الگوریتم با نتایج به‌دست آمده از نرم‌افزار GAMS مقایسه شد. نتایج آن در جدول ۱۲ ارائه شده است.

جدول (۱۲) مقایسه نتایج روش GA با نتایج حاصل از نرم‌افزار GAMS

زمان حل GA(ثانیه)	تابع هدف GA	زمان حل GAMS(ثانیه)	تابع هدف GAMS	دوره	تعداد ایستگاه کاری	تعداد پرسنل	مسایل
1	345000	1	345000	۲	۲	۳	۱
1	393300	1	393300	۴	۴	۷	۲
1	496541	1	491625	۴	۴	۱۲	۳
1	707203	2	673526	۴	۴	۲۰	۴
2	958495	3	895790	۴	۴	۲۵	۵
2	1123321	3	1021201	۴	۴	۳۰	۶
2	1461338	4	1378621	۴	۴	۳۵	۷
2	2138930	6	1999000	۴	۴	۴۰	۸
3	3799699	10	3518240	۴	۴	۴۰	۹
8	6698729			۴	۴	۴۰	۱۰
11	10729928			۴	۴	۴۵	۱۱
15	16170468			۴	۴	۴۵	۱۲
16	29721024			۵	۵	۴۵	۱۳
51	54002540			۵	۵	۵۰	۱۴
63	86605943			۵	۵	۵۰	۱۵
181	152143325			۶	۶	۵۰	۱۶
176	254789354			۶	۶	۵۰	۱۷
641	493472382			۶	۶	۶۰	۱۸
766	736635152			۷	۷	۶۰	۱۹

همانگونه که از نتایج ارائه شده در جدول 12 مشاهده می‌شود الگوریتم GA نتایج قابل قبولی داشته و از طرفی در مسائل با ابعاد بزرگ می‌توان از این روش به‌خوبی بهره برد.

بحث و نتیجه گیری

زمانبندی نیروی کار به معنای تخصیص یک الگوی کار با توجه به خواسته‌ها و نیازهای سیستم و نیروی کار با هدف حداقل هزینه، حداکثر سازی رضایت نیروی کار و یا حداکثر سازی تامین نیازهای سیستم است. از این‌رو برای بیشتر سازمان‌ها داشتن کارمندان مناسب در زمان مناسب یک عامل کلیدی جهت برآورده شدن نیازهای مشتریان است (اوزدر[1]، ۲۰۱۹). با استفاده از زمانبندی کارکنان می‌توان جداول زمانی کار بهینه و امکان‌پذیر برای کارکنان با در نظر گرفتن شرایط سازمان، کارکنان و قوانین کاری، به منظور برآورده نمودن تقاضای کاری سازمان را تهیه نمود (حسنی و بهنامیان، ۱۳۹۶). از طرفی دیگر زمانبندی پرسنل سبب استفاده از حداقل نیروی کار مورد نیاز در هر شیفت به منظور کامل کردن اهداف تولیدی از پیش تعیین شده است. عواملی همچون «ایام تعطیل»، «نوع تخصص»، «درجه مهارت»، «سطح تجربه‌ی کارکنان» یا تمایل آن‌ها برای خدمت در یک شیفت خاص نقش موثری در زمانبندی نیروی انسانی ایفا

1. Özder

می‌کنند (نصیری‌پور و امیری، ۱۳۹۴). لذا به طور کلی طیف وسیعی از مسائل مربوط به برنامه‌ریزی کارمندان و کارگران کارخانجات و شرکت‌های خدماتی به برنامه ریزی نیروی انسانی اختصاص دارد. حل این مساله برای سازمان‌های خدماتی از اهمیت بالایی برخوردار است (تسکیران[1]، ۲۰۱۷).

در این پژوهش جهت مدلسازی ریاضی زمانبندی ابتدا با توجه به محدویت‌ها و شرایط بنگاه اقتصادی و نیز شرایط کارکنان، محدودیت‌های ساعات کاری از قبیل حداقل ساعات کاری در هر استیشن کاری، حداکثر ساعات کاری در هر شیفت، تعداد جابجایی‌های بین استیشن و برآورده شدن تعداد ساعات کاری مورد نیاز شناسایی گردید. یک مدل ریاضی چند هدفه با در نظر گرفتن اهداف کمینه‌سازی هزینه‌های زمانبندی و تحصیص پرسنل، افزایش انگیزش و کاهش خستگی بر اساس شرایط و محیط ارگونومی شغلی و افزایش تیراژ تولید ارائه شد. نتایج نشان داد با کمک مدل‌های چندهدفه مناسب می‌توان نتایج بهینه‌ای در مورد ارائه چرخش شغلی متناسب با شرایط کاری کارکنان ارائه کرد.

منابع:

- اکبری، محمد. (۱۳۹۶). مدلسازی ریاضی عوامل انسانی در سیستم با محدودیت دوگانه .*پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری. ۲(۲)، ۲۳-۴۹.*
- حسنی، محمدرضا و بهنامیان، جواد.(۱۳۹۶). استفاده از روش تجزیه دانتزینگ ولف برای حل مساله زمانبندی شیفت‌های کاری با در نظر گرفتن محدودیت در توال شیفت‌ها، اولین کنفرانس بین‌المللی بهینه سازی سیستم‌ها و مدیریت کسب و کار، بابل
- نصیری پور، امیر و امیری، مهرداد.(۱۳۹۴) ارائه مدل زمانبندی چرخش کاری به منظور حداقل سازی هزینه‌های خستگی و تخصیص کار با در نظرگیری منحنی یادگیری، همایش ملی پژوهش های علوم مدیریت، تهران
- سعیدی مسینه، فاطمه. (۱۳۹۶). بررسی عوارض حاصل از نوبت کاری در پرسنل انتظامات (مطالعه موردی شبکه بهداشت و درمان شهرستان‌های شهر رضا، مبارکه، سمیرم و دهاقان)، هشتمین کنفرانس بین المللی حسابداری و مدیریت، تهران
- Akbari, Mohammad, Dorri Nokrani, Zandieh, Mostafa. (2012). Scheduling shifts of multi-skilled staff with a genetic algorithm approach. Industrial Management Perspective, 2 (3), 87-102.
- Azizi, N., Liang, M., Zolfaghari, S. (2013),"Modeling human boredom at work: mathematicalformulations and a probabilistic framework", Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 24 Iss5 pp. 711 – 746
- Guido, R., & Conforti, D. (2017). A hybrid genetic approach for solving an integrated multi-objective operating room planning and scheduling problem. Computers & Operations Research, 87, 270-282.
- Ma, C. C., Andrew, M. E., Fekedulegn, D., Gu, J. K., Hartley, T. A., Charles, L. E., ... & Burchfiel, C. M. (2015). Shift work and occupational stress in police officers. Safety and health at work, 6(1), 25-29.
- Madanhire, I., & Mbohwa, C. (2016). Enterprise resource planning (ERP) in improving operational efficiency: Case study. Procedia CIRP, 40, 225-229.
- Özder, E. H., Özcan, E., & Eren, T. (2019). Staff Task-Based Shift Scheduling Solution with an ANP and Goal Programming Method in a Natural Gas Combined Cycle Power Plant. Mathematics, 7(2), 192.
- Taskiran, G. K., & Zhang, X. (2017). Mathematical models and solution approach for cross-training staff scheduling at call centers. Computers & Operations Research, 87, 258-269.
- Tsai, J. T., Chou, J. H., & Liu, T. K. (2006). Tuning the structure and parameters of a neural network by using hybrid Taguchi-genetic algorithm. IEEE Transactions on Neural Networks, 17(1), 69-80.
- Valmohammadi, C. (2011). An Empirical Study on Enterprise Resource Planning Implementation in Iranian Organizations. American Journal of Scientific Research, 49(6), 137-143.
- Walters, K. P., Zuber, A., Willy, R. M., Kiriinya, R. N., Waudo, A. N., Oluoch, T., ... & Riley, P. L. (2013). Kenya's health workforce information system: a model of impact on strategic human resources policy, planning and management. International journal of medical informatics, 82(9), 895-902.
- Chrisman, J. J., Devaraj, S., & Patel, P. C. (2017). The impact of incentive compensation on labor productivity in family and nonfamily firms. Family Business Review, 30(2), 119-136.

1. Taskiran

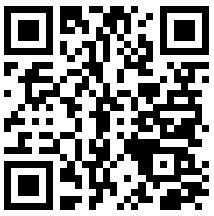
- McCullough, E. B. (2017). Labor productivity and employment gaps in Sub-Saharan Africa. Food Policy, 67, 133-152.
- Ritonja, J., Aronson, K. J., Day, A. G., Korsiak, J., & Tranmer, J. (2018). Investigating cortisol production and pattern as mediators in the relationship between shift work and cardiometabolic risk. Canadian Journal of Cardiology, 34(5), 683-689.
- Kervezee, L., Cuesta, M., Cermakian, N., & Boivin, D. B. (2018). Simulated night shift work induces circadian misalignment of the human peripheral blood mononuclear cell transcriptome. Proceedings of the National Academy of Sciences, 201720719.
- Sun, M., Feng, W., Wang, F., Zhang, L., Wu, Z., Li, Z., ... & Fok, J. P. (2018). Night shift work exposure profile and obesity: Baseline results from a Chinese night shift worker cohort. PloS one, 13(5), e0196989.
- Schwarz, C., Pedraza-Flechas, A. M., Lope, V., Pastor-Barriuso, R., Pollan, M., & Perez-Gomez, B. (2018). Gynaecological cancer and night shift work: A systematic review. Maturitas, 110, 21-28.
- Hung, E., Aronson, K. J., Corbin, R., & Tranmer, J. (2015). The Effect Of Shift Work On Cortisol Production In Female Hospital Employees: Study In Progress.
- Nea, F. M., Pourshahidi, L. K., Kearney, J. M., Livingstone, M. B. E., Bassul, C., & Corish, C. A. (2018). A qualitative exploration of the shift work experience: the perceived effect on eating habits, lifestyle behaviours and psychosocial wellbeing. Journal of Public Health.
- Kim, J. W. (2016). Effect of shift work on nocturia. Urology, 87, 153-160.
- Jensen, H. I., Markvart, J., Holst, R., Thomsen, T. D., Larsen, J. W., Eg, D. M., & Nielsen, L. S. (2016). Shift work and quality of sleep: effect of working in designed dynamic light. International archives of occupational and environmental health, 89(1), 49-61.
- Kecklund, G., & Axelsson, J. (2016). Health consequences of shift work and insufficient sleep. BMJ: British Medical Journal (Online), 355.
- Ryu, J., Jung-Choi, K., Choi, K. H., Kwon, H. J., Kang, C., & Kim, H. (2017). Associations of shift work and its duration with work-related injury among electronics factory workers in South Korea. International journal of environmental research and public health, 14(11), 1429.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Provide a Multi-objective Mathematical Model to Minimize Ergonomically Based Job Rotation Scheduling Costs

Mohammad Javad Ershadi[*], Associate Professor at Iranian Research Institute for Information Science& amp;amp; Technology (IRANDOC), Tehran, Iran
Mehrzad Faghani, Department of Industrial Engineering / Faculty of Engineering / Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran

Date: 2022/04/11
Date: 2022/05/17
Date:2022/06/11



Keywords: job rotation, ergonomics, fatigue and production motivation, multi-objective mathematical model

Abstract

Nowadays, business owners and entrepreneurs are constantly looking for ways to increase the flexibility of their employees to meet the goals of their organization to respond the diverse needs of their customers. Optimizing service delivery in production systems and providing appropriate work patterns can ultimately simplify service delivery and increase employee satisfaction. While job rotation is a good way to improve an organization's agility in responding to a variety of demands, addressing this issue without the right attitude will lead to issues such as running costs as well as ergonomics and employee motivation. Hence, in this study, a multi-objective mathematical model of employee scheduling with the goal of minimizing scheduling costs and personnel allocation, enhancing employee satisfaction, and job ergonomics. The Epsilon constraint method is used to solve this multi-objective optimization problem. The results of this study showed that using appropriate multi-objective models can provide optimal results in terms of job rotation tailored to employees' working conditions. Scheduling can also ultimately reduce costs and increase motivation, considering job rotation.

* Ershadi@irandoc.ac.ir