



## بهینه‌سازی سیستم گردش شغلی مبتنی بر عوامل ریسک ارگونومیک مشاغل

هادی مختاری<sup>۱\*</sup>

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۵/۰۹

تاریخ ویرایش: ۹۵/۱۱/۱۳

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۱۶

### چکیده

**زمینه و هدف:** ایمنی شغلی، یکی از جنبه‌های ضروری بهره‌وری در مدیریت منابع انسانی هر سازمانی به شمار می‌رود و اگر سازمان‌ها بتوانند نرخ حوادث شغلی و استرس نامطلوب را کاهش دهند، عملکرد نیروی کار اثربخش‌تر خواهد بود. در این میان، گردش شغلی به اندازه یک استراحت خوب می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری شود. هدف از این مطالعه طراحی یک سیستم گردش شغلی مناسب در راستای کاهش مخاطرات شغلی بر اساس خطر ارگونومیک مشاغل است.

**روش بررسی:** این تحقیق با یک رویکرد مدل‌سازی ریاضی به دنبال طراحی سیستم گردش شغلی است که علاوه بر تامین نیازمندی‌های کارفرمایان، خطر ارگونومیک مشاغل را کاهش دهد. روش تحقیق در این پژوهش از حیث هدف از نوع کاربردی و از حیث روش از نوع توصیفی ریاضی شامل مراحل: (۱) استخراج مساله، (۲) مدل‌سازی، (۳) حل مدل، (۴) اعتبارسنجی مدل و (۵) پیاده‌سازی مدل، می‌باشد. هدف این است که مجموعه خطرهای  $R_{ijt}$  به نحوی به  $n$  عضو نیروی کار تخصیص داده شود که حداکثر خطر اعضای نیروی کار کمینه شود (استخراج مساله). متناظر با شرایط و محدودیت‌های سیستم شغلی، مساله در قالب یک مدل برنامه‌ریزی خطی، مدل‌سازی ریاضی شده است. اجزای این مدل‌سازی ریاضی شامل تابع هدف کمینه‌سازی حداکثر خطر شغلی نیروی کار، محدودیت‌های ساختاری مساله (هر شغل در هر بازه‌ی زمانی می‌بایست به یک نیروی کار تخصیص داده شود و همچنین هر نیروی کار در هر بازه‌ی زمانی می‌بایست مشغول انجام تنها یک شغل باشد)، پارامترها (تعداد  $n$  نیروی کار،  $n$  شغل در  $T$  بازه‌ی زمانی، خطرهای مشاغل  $R_{ijt}$ ) و متغیرها (تخصیص شغل در بازه‌های زمانی به نیروی کار) است (مدل‌سازی). از آنجاییکه مدل یک مدل برنامه‌ریزی خطی است از نرم‌افزار بهینه‌سازی Lingo و کدنویسی در آن جهت حل بهینه استفاده شد (حل مدل و اعتبارسنجی).

**یافته‌ها:** مدل گردش شغلی پیشنهادی در یک کارگاه نیمه‌صنعتی که در آن نارضایتی نیروی کار ناشی از مشکلات ارگونومیک گزارش شده است، بررسی شد و مدل‌سازی ریاضی برای کارگاه مدنظر انجام شد (پیاده‌سازی مدل). این مدل ریاضی خطی شامل ۱۴۴ متغیر تصمیم، ۵۴ محدودیت و یک تابع هدف ساخته شد. مدل توسط نرم‌افزار Lingo اجرا شد و نتایج شامل ۱۳۸ متغیر با مقدار بهینه‌ی صفر و ۶ متغیر با مقدار بهینه‌ی یک است. این نتایج، ترتیبی بهینه از تخصیص و گردش شغلی نیروی کار را در اختیار قرار می‌دهد که اگر تخصیص شغلی با این ترتیب انجام شود، نیروی کار در متعادل‌ترین حالت ریسک شغلی قرار می‌گیرد و ریسک شغلی بین همه به نسبت منطقی تقسیم می‌شود. همچنین تخصیص بهینه مشاغل به افراد حاکی از کاهش خطر شغلی همه افراد (مقدار محاسبه شده برای تابع هدف بهینه) می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** خروجی اصلی این تحقیق یک برنامه بهینه جهت تخصیص مشاغل در برنامه‌ی کاری یک سیستم تولیدی است که نه تنها ملاحظات شغلی را لحاظ می‌کند بلکه خطر ارگونومیک مشاغل را کمینه نموده و به رضایت شغلی ناشی از تعدیل ریسک شغلی هم می‌انجامد. نتایج نشان‌دهنده‌ی تاثیر برجسته‌ی گردش شغلی بر تنظیم خطر شغلی بین نیروی کار در سطح مناسب و بهبود رضایتمندی نیروی کار دارد.

**کلیدواژه‌ها:** مدیریت منابع انسانی، گردش شغلی، عوامل خطر ارگونومیک، بهره‌وری، رضایتمندی نیروی کار.

### مقدمه

اثربخش‌تر خواهند بود. درحالی‌که، صدمات و بیماری‌های مرتبط با کار باعث ضایع شدن نیروی کار می‌شود و افزایش تصادفات در کار باعث ایجاد اختلال می‌شود. این عوامل علاوه بر زیان مالی ناشی از بهره‌وری، موجب عدم توانایی سازمان در نگهداری کارکنان توانمند نیز می‌شود. در این میان، ارگونومی یکی از راهکارهای ایمن‌سازی محیط کار است. ارگونومی به مطالعاتی اطلاق می‌شود که در آن ساخت، ترکیب و سازمان کار طراحی تجهیزات شغل و محل کار در رابطه با عامل انسانی مورد بررسی قرار می‌گیرد و در آنها به مس ایل فیزیولوژیکی،

یکی از اهداف مدیریت منابع انسانی، نگهداری نیروی کار توانمند می‌باشد. حتی اگر عملیات کارمندیابی، انتصاب و سایر اقدامات مدیریتی به نحوی مناسب انجام شود، بدون توجه به نگهداری کارکنان، نتایج حاصل اثربخش نخواهد بود. نتایج حاصل از مطالعات مربوط به نیروهای انسانی نشان می‌دهد که نیروی انسانی یکی از جنبه‌های ضروری و اساسی بهره‌وری در هر سازمان به شمار می‌رود و اگر سازمان‌ها بتوانند نرخ حوادث حرفه‌ای و استرس نامطلوب را کاهش دهند، عملکرد افراد

ممکن است با تغییر در انجام شغل در ارتباط باشد.  
۳- مشاغل کمیاب و نادر: وقتی که کارگران عهده‌دار مشاغل غیرعادی می‌شوند ممکن است در مواجهه با مخاطراتی وسیع‌تر باشند.

### گردش شغلی راهکاری برای ایمنی مشاغل:

امروزه داشتن نیروی کار انعطاف‌پذیر منجر به تسهیل در امور و صرفه‌جویی در زمان و منابع خواهد شد [۴]. گردش شغلی یکی از راهکارهایی است که می‌تواند به تحقق چنین امری کمک نماید [۵]. گردش صحیح نیروی کار در مشاغل مختلف باعث می‌شود که تناسب مشاغل با شاغلین آنها حفظ شود و همچنین انگیزه کار آنان تقویت گردد [۶]. با توجه به اینکه انسان در جهت تعالی و تکامل حرکت می‌کند، ثابت نگهداشتن پرسنل در مشاغل نه به نفع سازمان و نه به نفع کارکنان می‌باشد. گردش شغلی عبارت است از جابجایی نیروی کار در طیفی از مشاغل به منظور افزایش انگیزه در آنان و همچنین افزایش بهره‌وری شغلی. گردش‌های شغلی اگر به طور صحیح انجام شود، اثربخشی کارکنان را بالا برده و باعث رضایت کارکنان و در نتیجه افزایش کارایی می‌گردد [۷، ۸]. مزایای گردش شغلی را بصورت زیر می‌توان طبقه‌بندی کرد [۹]: چندمهارتی‌شدن نیروی کار، شناخت بیشتر نیروی کار از سازمان، بهبود خدمت‌دهی، افزایش قدرت انعطاف برای مدیریت. اما علاوه بر مزایای زیاد گردش شغلی که در بالا اشاره شد، یکی از مزایای اساسی و تأثیرگذار گردش شغلی ایجاد ایمنی شغلی برای نیروی کار است. صاحب‌نظران مطرح می‌کنند که تغییر شغلی به اندازه یک استراحت خوب می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری شود [۱۰]. چه بسا تغییر در شغل یک نیروی کار به علت ویژگی‌های فرد، منجر به حضور وی در شغلی کم‌مخاطره شود. بنابراین توجه به ویژگی‌های فردی به همراه توجه به نیازها و الزامات موفقیت در یک شغل، می‌تواند منجر به این شود که نیروی کار را به شغل متناسب بگمارد و همچنین از مخاطرات احتمالی جلوگیری نماید.

مدلسازی ریاضی گردش شغلی با رویکردهای مختلفی بررسی شده است. یون و همکاران [۱۱] به بررسی یک

ادراکی و حتی رفتاری توجه می‌گردد. عدم توجه به تناسب کار و انسان، رعایت نکردن اصول ارگونومی در حمل بار، حرکات تکراری، وضعیت‌های بدنی نامناسب و استرس‌ها زمینه‌ساز بروز اختلالات اسکلتی و عضلانی در افراد بخصوص نیروی کار هستند. این مشکلات را می‌توان با آنالیز ایمنی مشاغل از طریق اصول ارگونومیکی در محیط کار کاهش داد یا پیشگیری نمود. لذا توجه به اصول آنالیز مشاغل و ارگونومی در طراحی سیستم‌های شغلی و جریان کار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از روش‌های مهم شناسایی خطرات محیط کار، آنالیز ایمنی مشاغل می‌باشد که هدف آن توضیح دادن چگونگی اجرای تجزیه و تحلیل ایمنی شغلی و چگونگی استفاده از آن به عنوان ابزاری موثر برای ایمنی کارکنان است. این آنالیز با یک خلاصه کلی از فرآیند کار شروع می‌شود. خطرات مربوط به هر فرآیند شناسایی می‌شوند، سپس اقدامات لازم در جهت کنترل و یا کاهش هر خطر انجام می‌پذیرد. خطرات ممکن است در مراحل زیر مشاهده گردد [۱]:

- ۱- خطراتی که در مرحله طراحی کارگاه، ماشین‌آلات و ایستگاه‌های کاری نادیده گرفته شده‌اند.
- ۲- خطراتی که بعد از شروع تولید بوجود می‌آیند.
- ۳- خطراتی که ناشی از تغییر روش‌های کاری می‌باشند.

در این مرحله با شناسایی خطرات، می‌توان با بهره‌گیری از راه‌حل‌های مناسب آنها را کنترل نمود. مزایای یک آنالیز ایمنی شغلی موثر بصورت زیر است [۲]:

- ۱- آموزش افراد با استفاده از روش‌های ایمن و مؤثر.
  - ۲- مرور روش‌های شغلی بعد از بوجود آمدن حادثه.
  - ۳- راهنمایی افراد تازه‌کار نسبت به شغل.
  - ۴- راهنمایی‌های لازم قبل از انجام کارهای پیچیده.
- عواملی که در تعیین تقدم تجزیه و تحلیل مشاغل مطرح می‌گردند، عبارتند از [۳]:

- ۱- مشاغل تازه تاسیس‌شده: به سبب فقدان تجربه در اینگونه مشاغل، خطرات ممکن است پیش‌بینی نگردد.
- ۲- مشاغل تعدیل و یا اصلاح شده: مخاطرات جدید

مدل برنامه‌ریزی ریاضی جهت بهینه‌سازی گردش شغلی در راستای کاهش بارکاری تجمعی ناشی از استفاده مداوم از یک عضو بدن پرداختند. مدل پیشنهادی آنها در صنعت خودروسازی مورد بررسی قرار گرفت و ادعا شده است که کاهش در ضایعات کاری ناشی از بهبود حاصل شده است و این بهبود تنها با تغییر در روش کار بوده و هزینه‌ای ایجاد نکرده است. سانگ و همکاران [۱۲] به بررسی تخصیص شغل به کارکنان با هدف توزیع بار کاری و خطر ارگونومیک بین اعضای مختلف بدن در یک سیستم تولید صنعتی پرداختند. لیدر و همکاران [۱۳] مروری بر مقالات گردش شغلی با در نظر گرفتن فاکتورهای مختلفی همچون مشکلات اسکلتی-عضلانی و پارامترهای شرایط کاری پایدار پرداختند. هوانگ و پن [۱۴] استراتژی گردش شغلی را به عنوان یک راهکار موثر جهت کاهش خطرها و سطح نارضایتی شغلی در سیستم تولیدی-مونتاژی پیشنهاد کردند. آسنسیو کوستا [۱۵] یک رویکرد برنامه-ریزی ریاضی چندهدفه در راستای طراحی سیستم گردش شغلی ایمن طراحی کردند و نهایتاً با استفاده از الگوریتم ژنتیک مدل پیشنهاد خود را حل کردند. علاوه بر این مقالات، گردش کارکنان چند وظیفه‌ای در مرکز خدمات توسط کورمیناس و همکاران [۱۶]، گردش شغلی و بکارگیری نیروی کار به ایستگاه‌های مهارتی و غیرمهارتی توسط تیه‌اوویونوانگ [۱۷]، و تقاضای کارکنان، نیازمندی‌های مهارتی برای گردش شغلی با هدف کمینه‌سازی هزینه خالص فعلی توسط دونالد و همکاران [۱۸] مطالعه شده است. لذا رویکردی که با استفاده از مدلسازی ریاضی به دنبال تقسیم یکنواخت ریسک بین کارکنان باشد، رویکرد نوینی است که در این تحقیق به آن پرداخته می‌شود.

### نمادها و پارامترها

$i$	اندیس نیروی کار
$j$	اندیس شغل
$t$	اندیس بازه زمانی
$n$	تعداد نیروی کار
$n$	تعداد مشاغل
$T$	تعداد بازه زمانی

$R_{ijt}$  خطر ارگونومیک شغل  $j$  در بازه‌ی زمان  $t$  برای نیروی کار  $i$

$X_{ijt}$  متغیر تصمیم ۰ و ۱ که تعیین می‌نماید آیا شغل  $j$  در بازه‌ی زمان  $t$  به نیروی کار  $i$  تخصیص داده شده است یا خیر.

### روش بررسی

این بخش با یک رویکرد مدلسازی ریاضی به دنبال طراحی یک سیستم گردش شغلی است که علاوه بر تامین نیازمندی‌های کارفرمایان در محیط کار، خطر ارگونومیک مشاغل را کاهش داده و برای هر نیروی کار در کمترین مقدار ممکن تنظیم نماید. در این تحقیق

اساساً در بهینه‌سازی و طراحی مبتنی بر مدلسازی ریاضی یک یا چندین معیار بهینه‌سازی داریم که در قالب تابع/توابع هدف در مدل ظاهر می‌شود و یک سری قیود که در قالب محدودیت‌ها در مدل نمایش داده می‌شوند. هم توابع هدف و هم قیود در قالب عبارات ریاضی که از ترکیب منطقی متغیرها و پارامترها شکل می‌گیرد، بیان می‌شوند. یعنی اجزای هدفها و محدودیتها همان پارامترها و متغیرها هستند. همانطوریکه حضرتعالی به درستی اشاره فرمودید، پارامترها، به عنوان ورودیهای مدل بهینه‌سازی هستند و متغیرها، خروجی مدل هستند. ورودیها ساختار مساله را برای مورد خاص مد نظر سازگار می‌کنند و نهایتاً مدل متغیرهای طراحی بهینه را در خروجی معرفی می‌نماید. لذا ساختار مدل پیشنهادی در مقاله بصورت زیر قابل تبیین است:

۱- متغیرهای طراحی: متغیر تخصیص یا عدم تخصیص یک شغل در یک بازه ی زمانی به یک نیروی کار خاص که با نماد  $X_{ijt}$  نمایش داده می‌شود. مثلاً اگر خروجی مدل طراحی شده مقدار بهینه را برای  $X_{1,3,2}$  برابر  $X_{1,3,2} = 1$  محاسبه کند به این معنا است که شغل شماره ی سوم در بازه ی زمانی دوم به نیروی کار اول تخصیص داده شده است. این تخصیص بهترین سطح از همواری خطر (تقسیم خطر مشاغل بین تمام افراد بطور متعادل) را ایجاد می‌کند و به همین دلیل بهینه است.

۲- پارامترها: همانطوریکه در متن مقاله نیز مشخص شده است، پارامترهای مدل پیشنهادی شامل موارد  $i, j, t$ ،  $n$ ،  $T$  و  $R_{ijt}$  است. این پارامترها بایستی به عنوان ورودی قبل از بهینه‌سازی مشخص شوند تا مساله شکل بگیرد. در مورد اندیس نیروی کار، شغل و و بازه‌ی زمانی مقادیر بر اساس اینکه تعداد نیروی کار  $n$ ، شغل  $n$  و بازه‌ی زمانی  $t$  در مساله ی مورد بررسی چند باشد تعیین می‌شوند  $i = 1, 2, \dots, n$ ،  $j = 1, 2, \dots, n$ ،  $t = 1, 2, \dots, T$ . اما خود تعداد نیروی کار  $n$ ، شغل  $n$  و بازه‌ی زمانی  $t$  در مساله ی مورد بررسی مربوط به کارگاه نیمه‌صنعتی مورد مطالعه برابر  $n = 6$  بوده که در چهار دوره ی زمانی  $t = 4$  مورد مطالعه و تحلیل قرار گرفتند تا طراحی بهینه تخصیص شغلها به نیروی کار

$R_{\max}$  حداکثر خطر شغلی بین همه‌ی افراد نیروی کار

**مدلسازی سیستم:** سیستم گردش شغلی در نظر گرفته شده به این صورت است که در آن به تعداد  $n$  نیروی کار و  $n$  شغل در  $T$  بازه‌ی زمانی وجود دارند. هر شغل می‌بایست به یک نیروی کار تخصیص داده شود و همچنین هر نیروی کار تنها می‌بایست مشغول انجام تنها یک شغل باشد. خطری که متوجه یک نیروی کار در صورت گماشته شدن به یک شغل در یک بازه‌ی زمانی می‌شود با  $R_{ijt}$  نمایش داده می‌شود. هدف از طراحی سیستم گردش شغلی این است که مجموعه خطرهای  $R_{ijt}$  به نحوی به  $n$  عضو نیروی کار تخصیص داده شود که حداکثر خطر همه‌ی اعضای نیروی کار کمینه شود. در ادامه مدل ریاضی طراحی چنین سیستمی تعریف می‌شود.

Minimise  $R_{\max}$

s.t:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T R_{ijt} X_{ijt} \leq R_{\max} \quad \forall i$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ijt} = 1 \quad \forall j, t$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ijt} = 1 \quad \forall i, t$$

$$X_{ijt} = 0, 1 \quad \forall i, j, t$$

در این مدل، هدف کمینه‌سازی حداکثر خطری است که هر نیروی کار بایستی تحمل نماید. محدودیت اول مدل حداکثر خطر مشاغل را تعیین می‌نماید. محدودیت بعدی تضمین می‌کند که هر شغل تنها به یک نیروی کار تخصیص یابد، و محدودیت سوم تضمین می‌کند که به هر نیروی کار نیز تنها یک شغل تخصیص داده شود. در نهایت رابطه آخر بیان می‌کند که تخصیص شغل  $j$  به نیروی کار  $i$  در دوره  $t$  با متغیر «بله» یا «خیر»  $X_{ijt}$  انجام می‌شود.

صورت گیرد.

کند و این هدف مدل بهینه‌سازی پیشنهادی است.  
۳- محدودیت‌ها: محدودیت اول که محدودیت کلیدی در مدل است به دلیل ارتباط آن با تابع هدف در بخش قبل بحث شد. اما محدودیت‌های بعدی شامل دو محدودیت اول است که تعیین می‌نمایند هر شغل تنها می‌تواند به یک نیروی کار (در هر بازه زمانی) تخصیص یابد و همچنین هر نیروی کار تنها می‌تواند مشغول یک شغل (در هر بازه زمانی) باشد. محدودیت آخر هم ماهیت باینری متغیر مساله را تعیین می‌کند چرا که تخصیص یا عدم تخصیص دو حالت را بیان می‌کند که با صفر و یک کم می‌شوند.

**برآورد خطر دخیل در بروز اختلالات کاری:** در حال حاضر برای برآورد و ارزیابی خطر دخیل در بروز اختلالات ناشی از کار، روش‌های متنوعی وجود دارد. این روش‌ها شامل روش Posturegram، روش OWAS (System Ovako Working Posture Analysing)، روش Gill & Tunes، روش PLIBEL (Plan för Belastningsfaktor Identifiering av Strain Index)، روش Strain Index، روش گزارش‌گیری فردی و غیره هستند. در روش Posturegram لازم است آنالیزکننده پس از مشاهده وضعیت بدن نیروی کار، کارتی را انتخاب کند و وضعیت‌های مهم درون آن شغل را توصیف کند [۱۹]. روش OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) یک روش ساده‌تر برای ثبت وضعیت بدنی می‌باشد [۲۰]. در این روش حرکات اجزاء بدن مشاهده می‌شود و برای برای وضعیت بدن و نیروی اعمالی خطر شغل به ۴ گروه طبقه‌بندی می‌شود. همچنین روش Gill & Tunes برای ثبت وضعیت‌های بدنی است و در آن وضعیت بدنی روی کارت‌هایی ثبت شده و در هر کارت ترکیبی از چهار زاویه قسمت‌های مختلف بدن ترسیم می‌شود [۲۱]. روش HAMA (Hand-Arm-Movement Analysis) یا روش آنالیز حرکات دست-بازو، برای آنالیز استرس وارد بر دست و بازو ارائه شد [۲۲]. روش Plan för Belastningsfaktor Identifiering av Belastningsfaktor روش شناسایی عوامل استرس اسکلتی-عضلانی است

۳- تابع هدف: اما در مورد  $R_{ijt}$  و تابع هدف  $R_{max}$  باید گفت که ارتباط بین این دو پارامتر بسیار مهم و تعیین کننده است. پارامتر  $R_{ijt}$  همانطوریکه در متن قاله معرفی شده است نشان دهنده خطر ارگونومیک تخصیص شغل  $j$  ام به نیروی کار  $i$  ام در بازه  $t$  ام است. در واقع اطلاعات جمع آوری شده همان مقادیر مربوط به  $R_{ijt}$  که پارامتر مساله است، می‌باشد. بر اساس محدودیت اول که محدودیت کلیدی در مدل پیشنهادی است. به ازای همه  $i$  نیروی کار  $(i \in V)$ ، حداکثر خطر تخصیص داده شده بین افراد مشخص می‌شود. برای توصیف بیشتر، مثالی ساده را در نظر می‌گیریم. اگر به ازای نیروی کار اول  $\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T R_{ijt} X_{ijt} = 0.8$  به ازای نیروی کار دوم برابر  $\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T R_{ijt} X_{ijt} = 1.3$  و برای نیروی کار سوم برابر  $\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T R_{ijt} X_{ijt} = 1.1$  محاسبه شده باشد، این بدین معناست که شاخص خطر شغل تخصیص داده شده به نیروی کار اول برابر  $0.8$  برای نیروی کار دوم برابر  $1.3$  و برابر نیروی کار سوم برابر  $1.1$  است. یعنی این تخصیص شغلی چنین خطری را برای نیروی کار ایجاد کرده است. حال مدل ما به دنبال این است که اختلاف این اعداد نسبت به هم در کمترین مقدار قرار گرفته و خطر شغلی بین تمام افراد نیروی کار بصورت مساوی تقسیم شود. مکانیزم این امر هم گردش شغلی است. یعنی ممکن است یک نیروی کار در بازه  $t$  ی زمانی به شغل ۱ تخصیص داده شود و در بازه  $t+1$  ی زمانی بعدی به شغل ۳ و ... برای این تخصیص خطر مساوی، تابع هدف را ماکزیموم اعداد  $0.8$ ،  $1.3$  و  $1.1$  قرار دادیم. یعنی همان  $R_{max}$ . به عبارت دقیقتر اگر  $R_{max}$  به عنوان تابع هدف کمینه شود، مثل این است که اضافه‌ی  $1.3$  نسبت به  $0.8$  و  $1.1$  سرشکن شده و به افراد دیگر تخصیص داده شود و در نهایت اختلاف خطرها به حداقل برسد. بنابراین  $R_{max}$  به عنوان تعدیل‌کننده‌ی مقدار خطر شغلی همه  $i$  افراد نیروی کار عمل می‌کند و اجازه نمی‌دهد خطر شغل یک فرد خیلی بیشتر از فرد دیگر در کارگاه شود. بلکه همه را در سطح یکنواخت طراحی می‌

جدول ۱- برنامه فعلی تخصیص شغل به نیروی کار در کارگاه نیمه‌صنعتی

نیروی کار	فصل کاری	جایگاه شغلی
۱	۱-۴	۳
۲	۱-۴	۴
۳	۱-۴	۶
۴	۱-۴	۲
۵	۱-۴	۱
۶	۱-۴	۵

شده است و تمامی افراد در طول سال شغل ثابتی را بر عهده داشته‌اند. در ادامه به منظور مدیریت خطر ارگونومیک، رویکرد پیشنهادی در این تحقیق پیاده‌سازی می‌شود. در این راستا، بازه‌ی زمانی گردش شغلی فصلی در نظر گرفته شده است. یعنی در هر فصل برنامه‌ی کاری کارکنان تعیین و در تمام فصل برنامه ثابت است و در انتهای فصل گردش شغلی صورت می‌گیرد.

در این بخش به بررسی نتایج حاصل از سیستم تخصیص شغلی پیشنهادی پرداخته می‌شود. بدین منظور نیاز به تشکیل مدل تخصیص ارایه شده در بخش‌های قبل، برای کارگاه نیمه‌صنعتی ارایه شده در این تحقیق است. ابتدا نیاز به تعیین شاخص خطر ارگونومیک در این کارگاه است. در راستای تعیین این شاخص برای کارکنان کارگاه، به این نکته مهم است که میزان خطر در مدل پیشنهادی  $R_{ijt}$ ، یک مقدار کمی است. لذا در راستای تعیین خطر جایگاه‌های شغلی کارگاه، ابتدا مستندات و گزارشات حوادث و نارضایتی‌های یکسال گذشته کارگاه مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس یک گزارش‌گیری از نیروی کار در قالب میزان و عوامل موثر بر آمادگی افراد برای پذیرفتن هر جایگاه شغلی، عوامل مخاطره آمیز هر جایگاه شغلی استخراج و تبیین شد. بر این اساس برای هر یک از افراد و متناسب با ویژگی‌های فصلی مشاغل و مخاطرات تعیین شده، عددی به عنوان خطر شغل تعیین گردید. این اعداد در قالب ۴ حالت، ۰/۱۰۰، ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵ و ۱/۰۰ تعیین شدند که در جداول ۲ تا ۵ قابل مشاهده است.

بنابراین، برنامه‌ریزی بهینه برای گردش شغلی مناسب

[۲۳]. این روش برای شناسایی خطرات ارگونومیک در ایستگاه کار طراحی شده است. روش Strain Index روشی است که هدف آن شناسایی مشاغلی است که در آنها کارگران در معرض خطر ایجاد ناراحتی در قسمت‌های اندام‌های فوقانی قرار دارند [۲۴]. نهایتاً یکی از روش‌های دیگر برای ارزیابی ناراحتی بدن یا استرس کار، گزارش‌هایی است که افراد راجع به کار خود می‌دهند.

### گردش شغلی بهینه: پس از مدلسازی ریاضی

سیستم گردش شغلی در بخش قبل، در این بخش بهینه‌سازی یافتن بهترین نتایج بحث می‌شود. در طراحی، ساخت و نگهداری هر سیستم مدیریتی، طراحان باید در مراحل مختلف تصمیمات مختلفی اتخاذ کنند. می‌توان بهینه‌سازی را به عنوان فرآیند یافتن شرایطی که مقادیر کمینه یا بیشینه‌ی یک تابع را ایجاد می‌کند تعریف نمود. از آنجاییکه مدل طراحی سیستم گردش شغلی در بخش قبل یک مدل برنامه‌ریزی خطی با متغیرهای باینری ۰ و ۱ است، لذا با استفاده از برنامه‌های بهینه‌سازی کلاسیک همچون LINGO و GAMS قابل حل است. نتیجه این حل، بیانگر یک برنامه‌ی گردش شغلی بهینه برای دوره‌ی برنامه‌ریزی  $T$  دوره‌ای است که ملاک عملکرد سازمان قرار می‌گیرد.

### یافته‌ها

در این بخش مدل طراحی سیستم گردش شغلی بهینه که در بخش‌های قبلی توصیف شد برای یک نمونه واقعی در محیط یک کارگاه نیمه‌صنعتی بررسی می‌شود. در این کارگاه که دارای شش جایگاه شغلی هم خانواده است قرار است برای یک سال آینده، برنامه‌ریزی گردش شغلی صورت گیرد. برنامه تخصیص شغلی در سال گذشته برای این کارگاه به نحوی بوده که مشکلاتی را برای برخی از نیروی کار ایجاد نموده است و لذا نارضایتی‌هایی در میان نیروی کار ایجاد شده است. جدول ۱ نحوه‌ی تخصیص کار را در سال گذشته نشان می‌دهد.

همانطوریکه از جدول مشخص است، سیستم تخصیص شغلی در این کارگاه بر مبنای عدم گردش شغل تنظیم

جدول ۲- خطر ارگونومیک مشاغل  $R_{ijt}$  در فصل اول سال ( $t = 1$ )

جایگاه شغلی						نیروی کار
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰,۲۵	۰,۰۰	۰,۷۵	۱,۰۰	۰,۲۵	۰,۲۵	۱
۰,۵۰	۰,۲۵	۱,۰۰	۰,۵۰	۰,۲۵	۰,۵۰	۲
۰,۲۵	۰,۰۰	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۰۰	۰,۲۵	۳
۰,۰۰	۰,۲۵	۰,۵۰	۰,۵۰	۰,۵۰	۰,۲۵	۴
۰,۵۰	۰,۲۵	۰,۷۵	۰,۵۰	۰,۵۰	۰,۵۰	۵
۰,۵۰	۰,۰۰	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۲۵	۰,۰۰	۶

جدول ۳- خطر ارگونومیک مشاغل  $R_{ijt}$  در فصل دوم سال ( $t = 2$ )

جایگاه شغلی						نیروی کار
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰,۵۰	۰,۲۵	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۲۵	۰,۵۰	۱
۰,۵۰	۰,۲۵	۱,۰۰	۰,۵۰	۰,۲۵	۰,۵۰	۲
۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۵۰	۰,۷۵	۰,۲۵	۰,۲۵	۳
۰,۰۰	۰,۵۰	۰,۵۰	۰,۷۵	۰,۵۰	۰,۵۰	۴
۰,۵۰	۰,۲۵	۰,۷۵	۰,۵۰	۰,۲۵	۰,۵۰	۵
۰,۲۵	۰,۵۰	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۲۵	۰,۲۵	۶

جدول ۴- خطر ارگونومیک مشاغل  $R_{ijt}$  در فصل سوم سال ( $t = 3$ )

جایگاه شغلی						نیروی کار
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰,۲۵	۰,۵۰	۰,۵۰	۱,۰۰	۰,۵۰	۰,۵۰	۱
۰,۵۰	۰,۲۵	۰,۷۵	۰,۵۰	۰,۰۰	۰,۵۰	۲
۰,۲۵	۰,۵۰	۰,۷۵	۱,۰۰	۰,۲۵	۰,۵۰	۳
۰,۲۵	۰,۵۰	۰,۲۵	۰,۵۰	۰,۵۰	۰,۲۵	۴
۰,۰۰	۰,۲۵	۰,۷۵	۰,۵۰	۰,۰۰	۰,۵۰	۵
۰,۵۰	۰,۵۰	۰,۲۵	۰,۷۵	۰,۲۵	۰,۲۵	۶

جدول ۵- خطر ارگونومیک مشاغل  $R_{ijt}$  در فصل چهارم سال ( $t = 4$ )

جایگاه شغلی						نیروی کار
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰,۷۵	۰,۰۰	۱,۰۰	۰,۲۵	۰,۰۰	۰,۲۵	۱
۱,۰۰	۰,۲۵	۱,۰۰	۰,۲۵	۰,۵۰	۰,۵۰	۲
۰,۵۰	۰,۵۰	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۲۵	۳
۰,۷۵	۰,۲۵	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۵۰	۰,۲۵	۴
۰,۵۰	۰,۲۵	۰,۷۵	۰,۲۵	۰,۵۰	۰,۷۵	۵
۰,۷۵	۰,۵۰	۱,۰۰	۰,۷۵	۰,۲۵	۰,۵۰	۶

با هدف توزیع متوازن خطر مشاغل بین تمامی افراد ارگونومیکی مشاغل روی یک فرد متمرکز نشده و بین بصورت زیر مدل‌سازی شد. تمامی افراد توزیع مناسب شود. با حل مدل تصمیم‌گیری در مدل فوق، متغیر  $R_{max}$  نشان‌دهنده حداکثر خطری است که هر یک از نیروی کار می‌بایست متحمل شوند. است. تخصیص بهینه مشاغل در جدول ۶ بدست آمده کمینه‌سازی این حداکثر در مدل منجر می‌شود که خطر است.



Minimise  $R_{\max}$

s.t:

$$R_{1,1,1}X_{1,1,1} + R_{1,1,2}X_{1,1,2} + R_{1,1,3}X_{1,1,3} + R_{1,1,4}X_{1,1,4} + \\ R_{1,2,1}X_{1,2,1} + R_{1,2,2}X_{1,2,2} + R_{1,2,3}X_{1,2,3} + R_{1,2,4}X_{1,2,4} + \\ R_{1,3,1}X_{1,3,1} + R_{1,3,2}X_{1,3,2} + R_{1,3,3}X_{1,3,3} + R_{1,3,4}X_{1,3,4} + \\ R_{1,4,1}X_{1,4,1} + R_{1,4,2}X_{1,4,2} + R_{1,4,3}X_{1,4,3} + R_{1,4,4}X_{1,4,4} \leq R_{\max}$$

$$R_{2,1,1}X_{2,1,1} + R_{2,1,2}X_{2,1,2} + R_{2,1,3}X_{2,1,3} + R_{2,1,4}X_{2,1,4} + \\ R_{2,2,1}X_{2,2,1} + R_{2,2,2}X_{2,2,2} + R_{2,2,3}X_{2,2,3} + R_{2,2,4}X_{2,2,4} + \\ R_{2,3,1}X_{2,3,1} + R_{2,3,2}X_{2,3,2} + R_{2,3,3}X_{2,3,3} + R_{2,3,4}X_{2,3,4} + \\ R_{2,4,1}X_{2,4,1} + R_{2,4,2}X_{2,4,2} + R_{2,4,3}X_{2,4,3} + R_{2,4,4}X_{2,4,4} \leq R_{\max}$$

⋮

$$R_{6,1,1}X_{6,1,1} + R_{6,1,2}X_{6,1,2} + R_{6,1,3}X_{6,1,3} + R_{6,1,4}X_{6,1,4} + \\ R_{6,2,1}X_{6,2,1} + R_{6,2,2}X_{6,2,2} + R_{6,2,3}X_{6,2,3} + R_{6,2,4}X_{6,2,4} + \\ R_{6,3,1}X_{6,3,1} + R_{6,3,2}X_{6,3,2} + R_{6,3,3}X_{6,3,3} + R_{6,3,4}X_{6,3,4} + \\ R_{6,4,1}X_{6,4,1} + R_{6,4,2}X_{6,4,2} + R_{6,4,3}X_{6,4,3} + R_{6,4,4}X_{6,4,4} \leq R_{\max}$$

$$\sum_{i=1}^6 X_{ijt} = 1 \quad \forall j = 1, 2, \dots, 6, \quad t = 1, 2, 3, 4$$

$$\sum_{j=1}^6 X_{ijt} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, 6, \quad t = 1, 2, 3, 4$$

$$X_{ijt} = 0, 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, 6, \quad j = 1, 2, \dots, 6, \quad t = 1, 2, \dots, 4$$

X( 1, 3, 2)	0.000	X( 1, 1, 1)	0.000
X( 1, 3, 3)	0.000	X( 1, 1, 2)	0.000
X( 1, 3, 4)	0.000	X( 1, 1, 3)	0.000
X( 1, 4, 1)	0.000		
X( 1, 4, 2)	0.000		
X( 1, 4, 3)	0.000	X( 1, 1, 4)	0.000
X( 1, 4, 4)	0.000	X( 1, 2, 1)	0.000
X( 1, 5, 1)	0.000	X( 1, 2, 2)	1.000
X( 1, 5, 2)	0.000	X( 1, 2, 3)	0.000
X( 1, 5, 3)	0.000	X( 1, 2, 4)	0.000
X( 1, 5, 4)	0.000	X( 1, 3, 1)	0.000



X( 3, 3, 1)	0.000	X( 1, 6, 1)	1.000
X( 3, 3, 2)	1.000	X( 1, 6, 2)	0.000
X( 3, 3, 3)	0.000	X( 1, 6, 3)	1.000
X( 3, 3, 4)	1.000	X( 1, 6, 4)	1.000
X( 3, 4, 1)	1.000	X( 2, 1, 1)	0.000
X( 3, 4, 2)	0.000	X( 2, 1, 2)	0.000
X( 3, 4, 3)	0.000	X( 2, 1, 3)	0.000
X( 3, 4, 4)	0.000	X( 2, 1, 4)	0.000
X( 3, 5, 1)	0.000	X( 2, 2, 1)	1.000
X( 3, 5, 2)	0.000	X( 2, 2, 2)	0.000
X( 3, 5, 3)	1.000	X( 2, 2, 3)	1.000
X( 3, 5, 4)	0.000	X( 2, 2, 4)	0.000
X( 3, 6, 1)	0.000	X( 2, 3, 1)	0.000
X( 3, 6, 2)	0.000	X( 2, 3, 2)	0.000
X( 3, 6, 3)	0.000	X( 2, 3, 3)	0.000
X( 3, 6, 4)	0.000	X( 2, 3, 4)	0.000
X( 4, 1, 1)	0.000	X( 2, 4, 1)	0.000
X( 4, 1, 2)	0.000	X( 2, 4, 2)	1.000
X( 4, 1, 3)	0.000	X( 2, 4, 3)	0.000
X( 4, 1, 4)	0.000	X( 2, 4, 4)	1.000
X( 4, 2, 1)	0.000	X( 2, 5, 1)	0.000
X( 4, 2, 2)	0.000	X( 2, 5, 2)	0.000
X( 4, 2, 3)	0.000	X( 2, 5, 3)	0.000
X( 4, 2, 4)	1.000	X( 2, 5, 4)	0.000
X( 4, 3, 1)	1.000	X( 2, 6, 1)	0.000
X( 4, 3, 2)	0.000	X( 2, 6, 2)	0.000
X( 4, 3, 3)	1.000	X( 2, 6, 3)	0.000
X( 4, 3, 4)	0.000	X( 2, 6, 4)	0.000
X( 4, 4, 1)	0.000	X( 3, 1, 1)	0.000
X( 4, 4, 2)	0.000	X( 3, 1, 2)	0.000
X( 4, 4, 3)	0.000	X( 3, 1, 3)	0.000
X( 4, 4, 4)	0.000	X( 3, 1, 4)	0.000
X( 4, 5, 1)	0.000	X( 3, 2, 1)	0.000
X( 4, 5, 2)	0.000	X( 3, 2, 2)	0.000
X( 4, 5, 3)	0.000	X( 3, 2, 3)	0.000
X( 4, 5, 4)	0.000	X( 3, 2, 4)	0.000



X( 6, 3, 1)	0.000	X( 4, 6, 1)	0.000
X( 6, 3, 2)	0.000	X( 4, 6, 2)	1.000
X( 6, 3, 3)	0.000	X( 4, 6, 3)	0.000
X( 6, 3, 4)	0.000	X( 4, 6, 4)	0.000
X( 6, 4, 1)	0.000	X( 5, 1, 1)	0.000
X( 6, 4, 2)	0.000	X( 5, 1, 2)	1.000
X( 6, 4, 3)	1.000	X( 5, 1, 3)	1.000
X( 6, 4, 4)	0.000	X( 5, 1, 4)	1.000
X( 6, 5, 1)	0.000	X( 5, 2, 1)	0.000
X( 6, 5, 2)	1.000	X( 5, 2, 2)	0.000
X( 6, 5, 3)	0.000	X( 5, 2, 3)	0.000
X( 6, 5, 4)	1.000	X( 5, 2, 4)	0.000
X( 6, 6, 1)	0.000	X( 5, 3, 1)	0.000
X( 6, 6, 2)	0.000	X( 5, 3, 2)	0.000
X( 6, 6, 3)	0.000	X( 5, 3, 3)	0.000
		X( 5, 3, 4)	0.000
		X( 5, 4, 1)	0.000
		X( 5, 4, 2)	0.000
		X( 5, 4, 3)	0.000
		X( 5, 4, 4)	0.000
		X( 5, 5, 1)	1.000
		X( 5, 5, 2)	0.000
		X( 5, 5, 3)	0.000
		X( 5, 5, 4)	0.000
		X( 5, 6, 1)	0.000
		X( 5, 6, 2)	0.000
		X( 5, 6, 3)	0.000
		X( 5, 6, 4)	0.000
		X( 6, 1, 1)	1.000
		X( 6, 1, 2)	0.000
		X( 6, 1, 3)	0.000
		X( 6, 1, 4)	0.000
		X( 6, 2, 1)	0.000
		X( 6, 2, 2)	0.000
		X( 6, 2, 3)	0.000
		X( 6, 2, 4)	0.000

جدول ۶- تخصیص بهینه مشاغل

نیروی کار	فصل کاری	جایگاه شغلی تخصیص داده شده
۱	۱	۶
	۲	۲
	۳	۶
	۴	۶
۲	۱	۲
	۲	۴
	۳	۲
	۴	۴
۳	۱	۴
	۲	۴
	۳	۵
	۴	۳
۴	۱	۳
	۲	۶
	۳	۳
	۴	۲
۵	۱	۵
	۲	۱
	۳	۱
	۴	۱
۶	۱	۱
	۲	۵
	۳	۴
	۴	۵

$$X(6, 6, 4) \quad 0.000$$

مقایسه می‌نماید. لذا با طراحی سیستم گردش شغلی به نحوی که ریسک کاری بین تمام کارکنان بطور تقریباً یکسان توزیع شود، غیرمستقیم منجر به رضایت بالای کارکنان نیز خواهد شد. در مورد شایستگی کارکنان، همانطوریکه مستحضرید در سیستمهای گردش شغلی فرض بر این است که تخصص مورد نیاز مشاغل در سطحی است که تمام کارکنان قادر به انجام تمامی کارها هستند. در غیراینصورت سیستم گردش شغلی موضوعیت ندارد. لذا در چنین حالتی شایستگی کارکنانی که در مدل لحاظ می‌شوند بایستی در حد برابر و قابل قبول جهت انجام کارها باشد که این فرض حتماً می‌بایست قبل از بکارگیری مدل تایید شده باشد. لذا لحاظ شده است. در مورد انتظارات کاری کارفرما، قاعدتاً تمامی کارهای مورد انتظار توسط کارفرما، در مدل ریاضی به کارکنان تخصیص داده می‌شود و کاری بدون اپراتور نخواهیم داشت. لذا فرض بر این است که خروجی مدل تمام انتظارات را برآورده می‌کند.

مدل گردش شغلی بهینه برای یک کارگاه نیمه‌صنعتی بررسی شد. همانطوریکه اشاره شد، کمینه‌سازی حداکثر خطر ارگونومیک مشاغل در مدل منجر می‌شود که خطر ارگونومیکی مشاغل روی یک فرد متمرکز نشده و بین تمامی افراد توزیع مناسب شود. با حل مدل تصمیم‌گیری فوق، مقادیر متغیرهای مساله بصورت زیر محاسبه شده است. بر اساس خروجی مدل ریاضی، نیروی کار در این کارگاه، به جای تخصیص یکنواخت به یک شغل در طول سال، به صورت گردش و در چهار فصل سال تخصیص شغلی زیر را تجربه می‌کنند.

- نیروی کار اول: شغل ۶ ← شغل ۲ ← شغل ۶  
← شغل ۶
- نیروی کار دوم: شغل ۲ ← شغل ۴ ← شغل ۲  
← شغل ۴
- نیروی کار سوم: شغل ۴ ← شغل ۳ ← شغل ۵  
← شغل ۳
- نیروی کار چهارم: شغل ۳ ← شغل ۶ ← شغل ۳  
← شغل ۲
- نیروی کار پنجم: شغل ۵ ← شغل ۱ ← شغل ۱

بر اساس این تخصیص، حداکثر خطری که نیروی کار در این کارگاه متحمل می‌شوند برابر  $R_{max} = 1/25$  محاسبه شد. در صورتیکه بدون در نظر گرفتن خطر مشاغل، توازن خطر بین افراد قابل پیش‌بینی نبوده و منجر به تحمیل خطر بیشتر به عده‌ای از افراد و در نقطه مقابل تخصیص خطر کمتر به عده‌ای دیگر از افراد می‌شد. بدیهی است رویکرد پیشنهادی در این تحقیق با تخصیص متوازن خطر کل بین افراد از احتمال بروز حوادث در محیط کار جلوگیری کرده و رضایت شغلی بالاتری را در پی خواهد داشت.

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که گردش شغلی یکی از راهکارهایی است که می‌تواند به تحقق داشتن نیروهای کارآمد کمک نماید. گردش صحیح نیروی کار در مشاغل مختلف باعث می‌شود که تناسب مشاغل با شاغلین آنها حفظ شود. نتایج این اصل را که گردش شغلی به اندازه یک استراحت خوب می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری شود تایید می‌نماید. این تحقیق با یک رویکرد مدلسازی ریاضی به طراحی یک سیستم گردش شغلی پرداخته است که خطر ارگونومیک مشاغل را برای نیروی کار کاهش داده و برای هر نیروی کار در کمترین مقدار ممکن تنظیم می‌نماید. در صورتیکه با نداشتن چنین سیستمی ممکن است نحوه‌ی تخصیص کارها به نیروی کار به نحوی شکل گیرد که برای یک نیروی کار خطر شغلی بیشتر باشد و نیروی کار دیگر در وضعیت کاملاً ایمن به فعالیت خود ادامه دهد. هدف تامین رضایت شغلی کارکنان (البته به صورت غیرمستقیم) و از طریق ایجاد بالانسی بین ریسک ارگونومیکی ای است که در یک محیط کاری در طول همه‌ی شیفتهای کارکنان را تهدید می‌کند. اگر اپراتوری دائماً در طول همه‌ی شیفتهای کاری خود به کارهای پر ریسک تخصیص داده شود، نه تنها این فرد در معرض خطرات بیشتری در طول کار قرار دارد بلکه ایشان در مقایسه‌ی خود با دیگران از رضایت شغلی کمتری برخوردار بوده و دائماً خود را با دیگران

فرض قطعیت در پارامترهای مدل است. عمده‌ترین پارامتر در مدل پیشنهادی مربوط به خطر مشاغل است. در صورتیکه ممکن است در واقعیت تخمین دقیق این پارامتر مشکل بوده و ماهیتاً دارای در معرض عدم قطعیت باشد. لذا پیشنهاد می‌شود که از رویکردهای بهینه‌سازی استوار که در ادبیات متداول است استفاده گردد.

← شغل ۱  
 • نیروی کار ششم: شغل ۱ ← شغل ۵ ← شغل ۴  
 ← شغل ۵

بر اساس این برنامه‌ریزی برای تخصیص مشاغل به نیروی کار، میزان خطر ارگونومیکی که نیروی کار در طول ۴ فصل تجربه می‌کنند، به صورت زیر خواهد بود.

### منابع

1. Baybutt P. Major hazards analysis: An improved method for process hazard analysis. *Process Saf Prog.* 2003;22(2):21-26.
2. Sacks R, Rozenfeld O, Rosenfeld Y. Spatial and temporal exposure to safety hazards in construction. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management.* 2009;135(8):726-736.
3. Debrah YA, Ofori G. Subcontracting, Foreign Workers and Job Safety in the Singapore Construction Industry. *Asia Pacific Business Review.* 2001; 8(3): 145-166.
4. Origo F, Pagani L. Workplace flexibility and job satisfaction: some evidence from Europe. *International Journal of Manpower.* 2008;29(6): 539-566.
5. Kuijer P, Paul F, Vries M, Wiebe HK, de Allard J, van der Beek JH, van Dieën VB, Monique HW. Effect of Job Rotation on Work Demands, Workload, and Recovery of Refuse Truck Drivers and Collectors. *Human Factors.* 2004;46(3):437-448.
6. Olorunsola R. Job rotation in academic libraries: the situation in a Nigerian university Library. *Library Management.* 2000;21(2):94-98.
7. Mohan K, Gomathi S. The effects of job rotation practices on employee development: An empirical study on nurses in the hospitals of vellore district. *Mediterranean Journal of Social Sciences.* 2015;6(2):209-215.
8. Smart C, Ilan V. Design for Crisis Decision Units. in *Administrative Science Quarterly.* 1977; 22(4):638-67.
9. Chen SY, Wu WC, Chang CS, Lin CT. Job rotation and internal marketing for increased job satisfaction and organisational commitment in hospital nursing staff. *Journal of Nursing Management.* 2015;23(2):297-306.
10. Jordan S, Brauner E. Job rotation in

- نیروی کار اول: فصل اول: ۰/۲۵، فصل دوم: ۰/۲۵، فصل سوم: ۰/۲۵، فصل چهارم: ۰/۷۵
  - نیروی کار دوم: فصل اول: ۰/۲۵، فصل دوم: ۱، فصل سوم: ۰، فصل چهارم: ۱/۰۰
  - نیروی کار سوم: فصل اول: ۰/۷۵، فصل دوم: ۰/۷۵، فصل سوم: ۰/۵۰، فصل چهارم: ۰/۷۵
  - نیروی کار چهارم: فصل اول: ۰/۵۰، فصل دوم: ۰/۰، فصل سوم: ۰/۵۰، فصل چهارم: ۰/۵
  - نیروی کار پنجم: فصل اول: ۰/۲۵، فصل دوم: ۰/۵، فصل سوم: ۰/۵۰، فصل چهارم: ۰/۷۵
  - نیروی کار ششم: فصل اول: ۰/۰۰، فصل دوم: ۰/۵۰، فصل سوم: ۰/۲۵، فصل چهارم: ۰/۵۰
- نتایج نشان می‌دهد بر اساس تخصیص انجام شده، متوسط خطری که شش نیروی کار در این کارگاه متحمل می‌شوند به ترتیب برابر ۰/۳۷۵، ۰/۵۶۲۵، ۰/۶۸۷۵، ۰/۳۷۵، ۰/۵۰۰ و ۰/۳۱۲۵ است. همچنین بیشترین متوسط خطری که نیروی کار متحمل می‌شوند برابر ۰/۶۸۷۵ و کمترین مقدار آن برابر ۰/۳۱۲۵ است. به علاوه بیشترین خطری که شش نیروی کار در طول چهار فصل متحمل می‌شوند به ترتیب برابر ۰/۷۵، ۱/۰۰، ۰/۷۵، ۰/۵ و ۰/۵ است.

به عنوان تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود از مدل‌های بهینه‌سازی چندهدفه جهت مدلسازی سیستم گردش شغلی استفاده شود. در دنیای واقعی، معیارهای زیادی برای مدیران و صاحبان سازمان‌ها وجود دارد که تمایل دارند در طراحی سیستم تخصیص مشاغل لحاظ گردد. به عنوان محدودیت دوم برای رویکرد پیشنهادی،

assignment model to evaluate a lean manufacturing cell. *International Journal of Production Research*. 2009; 47(9), 2427-2447.

19. Priel VZ. A numerical definition of posture. *Human Factors*. 1974; 16(3), 576-584.

20. Karhu O, Kansil P, Kuorinka I. Correcting work postures in industry: a practical method for analysis. *Appl. Ergon*. 1977; 8(3): 199-201.

21. Gil HJC, Tunes E. Posture recording: a model for sitting posture *Applied Ergonomics* 1989; 20(2): 53-57.

22. Christmansson M. The HAMA-method: a new method for analysis of upper limb movements and risk for work-related musculoskeletal disorders, in *Proceedings of the 12th Triennial Congress of the International Ergonomics Association/Human Factors Association of Canada*. August. Toronto (Mississauga: Human Factors Association of Canada). 1994; 12(1): 173-175.

23. Kemmlert K. A method assigned for the identification of ergonomic hazards - PLIBEL. *Applied Ergonomics*. 1995; 26(2): 199-211.

Moore JS, Garg A. The Strain Index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1995; 56(1): 443-458.

organizations. *PFLGE*. 2008;21(2):25-32.

11. Yoon SY, Ko J, Jung MC. A model for developing job rotation schedules that eliminate sequential high workloads and minimize between-worker variability in cumulative daily workloads: Application to automotive assembly lines. *Applied Ergonomics*. 2016; 55(1), 8-15.

12. Song J, Lee C, Lee W, Bahn S, Jung C, Yun M. Development of a job rotation scheduling algorithm for minimizing accumulated work load per body parts. *Work*. 2016; 53(3), 511-521.

13. Leider PC, Boschman JS, Frings-Dresen MHW, & van der Molen HF. Effects of job rotation on musculoskeletal complaints and related work exposures: a systematic literature review. *Ergonomics*. 2015; 58(1), 18-32.

14. Huang SH, Pan YC. Ergonomic job rotation strategy based on an automated RGB-D anthropometric measuring system. *Journal of Manufacturing Systems*. 2014; 33(4), 699-710.

15. Asensio-Cuesta S, Diego-Mas JA, Canós-Darós L, Andrés-Romano C. A genetic algorithm for the design of job rotation schedules considering ergonomic and competence criteria. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2012; 60(9), 1161-1174.

16. Corominas A, Pastor R, Rodriguez E. Rotational allocation of tasks to multifunctional workers in a service industry. *International Journal of Production Economics*. 2006; 103(1), 3-9.

17. Techawiboonwong A, Yenradee P, Das SK. A master scheduling model with skilled and unskilled temporary workers. *International Journal of Production Economics*. 2006; 103(2), 798-809.

18. Donald T, Ellis KP, Van Aken EM, Koelling CP. Development and application of a worker

## Optimization of job rotation system based on jobs ergonomic risk factors

Hadi Mokhtari\*<sup>1</sup>

Received: 2016/07/30

Revised: 2017/02/01

Accepted: 2017/06/06

### Abstract

**Background and aims:** The job safety is one of the necessary aspects of efficiency in humane resource management of every organization, and if organizations were able to reduce the rate of job accidents and undesirable stress, then the performance of workers would become more efficient. Hence, job rotation is as good as a rest to increase efficiency. The aim of this research is to design an appropriate job rotation system in order to reduce job risks in terms of ergonomic risks of jobs.

**Methods:** This research is aimed to design a job rotation system by using a mathematical modeling approach in which in addition to satisfying employer needs, it reduces ergonomic risk of jobs. The research method in this research is application in terms of goal, and is mathematical descriptive in terms of method, which includes: (1) problem extraction, (2) modeling, (3) model solving, (4) model verification, and (5) model implementation. The aim is to all of the risks  $R_{ijt}$  is assigned to  $n$  workers such that maximum risk of all workers are minimized (problem extraction). According to conditions and constraints of system, the problem is modeled as a linear programming model. The parts of this model includes objective function of minimization of maximum job risk of human resource, structural constraints of problem (each job should be assigned just to one worker at any time, and each worker should occupy just one job), parameters ( $n$  workers,  $n$  jobs at time interval  $T$ , jobs risks  $R_{ijt}$ ), and variables (job assignment at time intervals to workers) (modeling). Since the model is a linear programming model, the Lingo optimization software and coding in it is used to solve optimally (model solving and verification).

**Results:** The optimal model of job rotation system was evaluated in semi-industrial work-station where dissatisfaction of workers from ergonomics problems has been reported (model implementation). This mathematical linear model is constructed with 144 decision variables, 57 constraints and a objective function. The model is implemented by Lingo software and the results include 138 zero optimal variables and 6 one optimal variables. These results provide an optimal sequence of assignment and workers job rotation that can be used to make most moderate state of job risks and divide the job risks in a logical proportion among all workers. The optimal assignment of jobs to workers implies the reduction of job risks for all workers to 1.25 (calculated value for optimal objective function).

**Conclusion:** The main output of this research is an optimal plan for job assignment in a work plan of a production system which not only considers job conditions but also minimizes ergonomic risk of jobs and also leads to job satisfaction due to moderate job risk. The results demonstrate outstanding effect of job rotation on setting of job risk among workers at an appropriate level, and improvement on workers' satisfaction.

**Keywords:** Human Resource Management, Job Rotation, Ergonomics Risk Factors, Efficiency, Human Resource Satisfaction.

---

1. (**Corresponding author**) Assistant Professor of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Kashan, Kashan, Iran.