# بهینه‌سازی سیستم گردش شغلی مبتنی بر عوامل ریسک ارگونومیک مشاغل

هـادی مختـاری*[۱]

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 نیروی‌کار اثربخش‌تر خواهد بود. در این میان، گردش شغلی به اندازه یک استراحت خـوب مـی‌توانـد منجـر بـه افـزایش 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 بـر تـامین نیازمنـدی‌هـای کارفرمایـان، خطـر 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) اسـتخراج مساله، (۲) مدلسازی، (۳) حل مدل، (۴) اعتبارسنجی مدل و (۵) پیاده‌سازی مدل، می‌باشد. هدف این است که مجموعه خطرهـای R_ijt بـه نحـوی بـه n عضـو نیروی‌کار تخصیص داده شود که حداکثر خطر اعضای نیروی‌کار 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 هدفِ کمینه‌سازی حداکثر خطـر شـغلی نیـروی کـار، محـدودیت‌های ساختاری مساله (هر شغل در هر بازه‌ی زمانی می‌بایست به یک نیروی‌کار تخصیص داده شود و همچنین هر نیروی‌کار در هر بـازه‌ی زمـانی مـی‌بایسـت مشـغول انجام تنها یک شغل باشد)، پارامترها (تعداد n نیروی‌کار، n شغل در T بازه‌ی زمانی، خطرهای مشاغل R_ijt) و متغیرها (تخصیص شغل در بازه‌هـای زمـانی بـه نیروی کار) است (مدلسازی). از آنجاییکه مدل یک مدل برنامه ریزی خطی است از نرم‌افزار بهینه‌سازی Lingo و کدنویسی در آن جهت حل بهینـه اسـتفاده شـد (حل مدل و اعتبارسنجی).

**یافته‌ها:** مدل گردش شغلی پیشنهادی در یک کارگاه نیمه‌صنعتی که در آن نارضایتی نیروی کار ناشی از مشکلات ارگونومیکی گزارش شده است، بررسـی شـد و مدلسازی ریاضی برای کارگاه مدنظر انجام شد (پیاده‌سازی مدل). این مدل ریاضی خطی شامل ۱۴۴ متغیر تصمیم، ۵۴ محدودیت و یک تابعه هـدف سـاخته شـد. 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 بهینـه از تخصـیص 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 قـرار مـی‌گیـرد 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 بـرای تابع هدف بهینه) می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** خروجی اصلی این تحقیق یک برنامه بهینه جهت تخصیص مشاغل در برنامه‌ی کاری یک سیستم تولیدی است کـه نـه تنهـا ملاحظـات شـغلی را لحاظ می‌کند بلکه خطر ارگونومیک مشاغل را کمینه نموده و به رضایت شغلیِ ناشی از تعدیل ریسک شغلی هم می‌انجامد. نتـایج نشـان‌دهنده‌ی تـاثیر برجسـته‌ی گردش شغلی بر تنظیم خطر شغلی بین نیروی‌کار در سطح مناسب و بهبود رضایتمندی نیروی‌کار دارد.


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

## مقدمه

یکـی از اهـداف مـدیریت منـابع انسـانی، نگهـداری نیروی‌کار توانمند می‌باشد. حتی اگر عملیات کارمنـدیابی، انتصاب و سایر اقدامات مدیریتی به نحوی مناسب انجـام شود، بدون توجه بـه نگهـداری کارکنـان، نتـایج حاصـل اثربخش نخواهد بود. نتایج حاصل از مطالعات مربوط بـه نیروهای انسانی نشان می‌دهد که نیروی انسانی یکـی از جنبه‌های ضروری و اساسی بهره‌وری در هر سـازمان بـه شمار می‌رود و اگر سازمان‌ها بتوانند نرخ حوادث حرفه‌ای و اسـترس نـامطلوب را کـاهش دهنـد، عملکـرد افـراد اثربخش‌تر خواهند بود. درحالیکه، صدمات و بیماری‌های مرتبط با کـار باعـث ضـایع شـدن نیروی‌کـار می‌شـود و افزایش تصادفات در کار باعث ایجاد اختلال می‌شود. این عوامل علاوه بر زیان مـالی ناشـی از بهـره‌وری، موجـب عدم توانایی سازمان در نگهـداری کارکنـان توانمنـد نیـز می‌شود. در ایـن میـان، ارگونـومی یکـی از راهکارهـای ایمن‌سازی محیط کار است. ارگونومی به مطالعاتی اطلاق می‌شود که در آن ساخت، ترکیب و سازمان کـار طراحـی تجهیزات شغل و محل کار در رابطه با عامل انسانی مورد بررسی قرار می‌گیرد و در آنها به مس ایل فیزیولـوژیکی،

۱- (نویسنده مسئول) استادیار مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

ادراکی و حتی رفتـاری توجـه می‌گـردد. عـدم توجـه بـه تناسب کار و انسان، رعایت نکردن اصـول ارگونـومی در حمل بار، حرکات تکراری، وضعیت‌های بدنی نامناسـب و استرس‌ها زمینه‌ساز بروز اختلالات اسکلتی و عضلانی در افـراد بخصـوص نیروی‌کـار هسـتند. ایـن مشـکلات را می‌تـوان بـا آنـالیز ایمنـی مشـاغل از طریـق اصـول ارگونومیکی در محیط کار کاهش داد یا پیشگیری نمـود. لذا توجه به اصول آنالیز مشاغل و ارگونـومی در طراحـی سیسـتم‌های شـغلی و جریـان کـار از اهمیـت ویـژه‌ای برخوردار است. یکی از روش‌های مهم شناسایی خطـرات محیط کار، آنالیز ایمنی مشـاغل می‌باشـد کـه هـدف آن توضیح دادن چگونگی اجـرای تجزیـه و تحلیـل ایمنـی شـــغلی و چگـــونگی اســـتفاده از آن بـــه عنـــوان ابزاری موثر برای ایمنی کارکنان است. این آنالیز با یـک خلاصه کلی از فرآیند کار شروع می‌شود. خطرات مربوط به هر فرآیند شناسایی می‌شوند، سـپس اقـدامات لازم در جهت کنتـرل و یـا کـاهش هـر خطـر انجـام می‌پـذیرد. 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- خطراتـی کـه ناشـی از تغییـر روش‌هـای کـاری می‌باشند.

در ایـن مرحلـه بـا شناسـایی خطـرات، می‌تـوان بـا بهره‌گیری از راه‌حل‌هـای مناسـب آنهـا را کنتـرل نمـود. مزایای یک آنالیز ایمنی شغلی موثر بصـورت زیـر اسـت [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 تقـدم تجزیـه و تحلیـل مشـاغل مطرح می‌گردند، عبارتند از [۳]:

۱- مشاغل تازه تاسیس‌شده: به سبب فقدان تجربـه در اینگونه مشاغل، خطرات ممکن است پیش‌بینی نگردد.

۲- مشاغل تعدیل و یا اصلاح شـده: مخـاطرات جدیـد ممکن است با تغییر در انجام شغل در ارتباط باشد.

۳- مشاغل کمیاب و نـادر: وقتیکـه کـارگران عهـده‌دار مشاغل غیرعادی می‌شـوند ممکـن اسـت در مواجهـه بـا مخاطراتی وسیع‌تر باشند.

## گردش شغلی راهکاری برای ایمنی مشـاغل:

امروزه داشتن نیروی‌کار انعطاف‌پذیر منجر به تسـهیل در امـور و صـرفه‌جویی در زمـان و منـابع خواهـد شـد [۴]. گردش شغلی یکی از راهکارهایی است کـه می‌توانـد بـه تحقق چنین امـری کمـک نمایـد [۵]. گـردش صـحیح نیروی‌کار در مشاغل مختلف باعث می‌شود کـه تناسـب مشاغل با شاغلین آنها حفظ شود و همچنین انگیـزه کـار آنان تقویت گردد [۶]. با توجه به اینکه انسـان در جهـت تعالی و تکامل حرکت می‌کند، ثابت نگهداشتن پرسنل در مشاغل نه به نفع سازمان و نه به نفع کارکنـان می‌باشـد. گردش شغلی عبـارت اسـت از جابجـایی نیروی‌کـار در طیفی از مشـاغل بـه منظـور افـزایش انگیـزه در آنـان و همچنین افزایش بهره‌وری شغلی. گردش‌های شغلی اگر به طور صحیح انجام شود، اثربخشی کارکنان را بالا بـرده و باعث رضـایت کارکنـان و در نتیجـه افـزایش کـارائی می‌گردد [۷، ۸]. مزایای گـردش شـغلی را بصـورت زیـر می‌توان طبقه‌بندی کرد [۹]: چندمهارتی‌شدن نیروی‌کـار، شناخت بیشتر نیروی‌کار از سازمان، بهبـود خـدمت‌دهی، افزایش قدرت انعطاف برای مدیریت. اما علاوه بر مزایای زیاد گردش شغلی که در بالا اشاره شد، یکـی از مزایـای اساسی و تأثیرگذار گردش شغلی ایجاد ایمنی شغلی برای نیروی‌کار است. صاحب‌نظران مطرح می‌کنند کـه تغییـر شغلی به اندازه یک استراحت خـوب می‌توانـد منجـر بـه افزایش بهره‌وری شود [۱۰]. چه بسا تغییر در شغل یـک نیروی‌کار به علت ویژگی‌های فرد، منجر بـه حضـور وی در شغلی کم مخاطره شود. بنابراین توجه به ویژگی‌هـای فردی به همراه توجه به نیازها و الزامات موفقیت در یک شغل، می‌تواند منجر به این شود که نیروی‌کار را به شغل متناسـب بگمـارد و همچنـین از مخـاطرات احتمـالی جلوگیری نماید.

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



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

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 تیهاوییونوانگ [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.

## 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 نیروی‌کار در کمترین مقدار ممکن تنظیم نماید. در این تحقیق منظور از خطر ارگونومیک همان اختلالات اسکلتی-عضلانی است. در واقع رویکرد پیشنهادی نیروی‌کار را به نحوی در بین مشاغل می‌چرخاند تا بالانسی بین خطر شغلی نیروی‌کار ایجاد شود و افراد مختلف خطرهای یکسانی را تحمل نمایند. درصورتیکه با نداشتن چنین سیستمی ممکن است نحوه‌ی تخصیص کارها در بازه‌های زمانی مختلف به نیروی‌کار به نحوی شکل گیرد که برای یک نیروی‌کار خطر شغلی بیشتر باشد و نیروی‌کار دیگر در وضعیت کاملاً ایمن قرار داشته و به فعالیت خود ادامه دهد. روش تحقیق در این مقاله بر مبنای روش «تحقیق در عملیات» یعنی از حیث هدف از نوع کاربردی و از حیث روش از نوع توصیفی ریاضی است. در یک حالت عمومی، متخصص پژوهش در عملیات با مسئله‌ای مربوط به یک عملیات در حال اجرا روبروست. بنابراین تعریف مسئله در این نوع پژوهش از اهمیت بالایی برخوردار است. در این نوع مسائل، پژوهشگر با توسعه مدلی از مسئله، روش حل مسئله یا هر دو روبروست. به عبارت واضح‌تر، در این روش تحقیق، باید مراحل مشخصی را بصورتی که در ادامه می‌آید طی کرد: (۱) استخراج مساله، (۲) مدلسازی، (۳) حل مدل، (۴) اعتبارسنجی مدل و (۵) پیاده‌سازی مدل می‌باشد.

## نمادها و پارامترها

| | |
|---|---|
| $i$ | اندیس نیروی‌کار |
| $j$ | اندیس شغل |
| $t$ | اندیس بازه زمانی |
| $n$ | تعداد نیروی‌کار |
| $n$ | تعداد مشاغل |
| $T$ | تعداد بازه زمانی |
| $R_{ijt}$ | خطر ارگونومیک شغل $j$ در بازه‌ی زمان $t$ برای نیروی‌کار $i$ |
| $X_{ijt}$ | متغیر تصمیم ۰ و ۱ که تعیین می‌نماید آیا شغل $j$ در بازه‌ی زمان $t$ به نیروی‌کار $i$ تخصیص داده شده است یا خیر. |



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

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

**مدلسازی سیستم:** سیستم گـردش شـغلی در نظـر گرفته شده به این صورت اسـت کـه در آن بـه تعـداد $n$ نیروی‌کار و $n$ شغل در $T$ بازه‌ی زمانی وجود دارنـد. هـر شغل می‌بایست به یک نیروی‌کار تخصیص داده شـود و همچنین هر نیروی‌کار تنها می‌بایست مشغول انجام تنها یـک شـغل باشـد. خطـری کـه متوجـه یـک نیروی‌کـار درصورت گماشته شدن به یک شغل در یک بازه‌ی زمانی می‌شود با $R_{ijt}$ نمایش داده می‌شـود. هـدف از طراحـی سیستم گردش شغلی این است کـه مجموعـه خطرهـای $R_{ijt}$ به نحوی به $n$ عضو نیروی‌کار تخصیص داده شود که حداکثر خطر همه‌ی اعضای نیروی‌کار کمینـه شـود. در ادامه مدل ریاضـی طراحـی چنـین سیسـتمی تعریـف می‌شود.

$$Minimise \quad R_{\max}$$

$$s.t:$$

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

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

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

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

در این مدل، هدف کمینه‌سازی حداکثر خطـری اسـت که هر نیروی‌کار بایستی تحمل نمایـد. محـدودیت اول مدل حداکثر خطر مشاغل را تعیین می‌نماید. محـدودیت بعدی تضمین می‌کند که هر شغل تنها به یک نیروی‌کار تخصیص یابد، و محدودیت سوم تضمین می‌کند کـه بـه هر نیروی‌کار نیز تنها یک شغل تخصیص داده شـود. در نهایت رابطه آخر بیان می‌کند که تخصـیص شـغل $j$ بـه نیروی‌کار $i$ در دوره $t$ با متغیر «بله» یـا «خیـر» $X_{ijt}$ انجام می‌شود.

اساساً در بهینه‌سـازی و طراحـی مبتنـی بـر مدلسـازی ریاضی یک یا چندین معیار بهینه‌سازی داریم که در قالب تابع/توابع هدف در مدل ظاهر می‌شود و یک سری قیـود که در قالب محدودیت‌ها در مدل نمـایش داده می‌شـوند. هم توابع هدف و هم قیود در قالب عبارات ریاضی کـه از ترکیب منطقی متغیرها و پارامترها شکل می‌گیـرد، بیـان می‌شوند. یعنی اجزای هدفها و محدودیتها همان پارامترها و متغیرها هستند. همانطوریکـه حضـرتعالی بـه درسـتی اشاره فرمودیـد، پارامترهـا، بـه عنـوان ورودیهـای مـدل بهینه‌سازی هسـتند و متغیرهـا، خروجـی مـدل هسـتند. ورودیها ساختار مساله را برای مورد خاص مد نظر سازگار می کنند و نهایتـاً مـدل متغیرهـای طراحـی بهینـه را در خروجی معرفی می‌نماید. لذا ساختار مـدل پیشـنهادی در مقاله بصورت زیر قابل تبیین است:

۱- متغیرهـای طراحـی: متغیـر تخصـیص یـا عـدم تخصیص یک شغل در یک بازه ی زمانی به یک نیروی کار خاص که با نماد $X_{ijt}$ نمایش داده می شود. مثلاً اگر خروجی مدلِ طراحی شده مقـدار بهینـه را بـرای $X_{1,3,2}$ برابر $X_{1,3,2} = 1$ محاسبه کند به این معنا است که شغل شماره ی سوم در بازه ی زمانی دوم به نیـروی کـار اول تخصیص داده شده است. این تخصیص بهترین سطح از همواری خطر (تقسیم خطر مشاغل بین تمام افراد بطـور متعادل) را ایجاد می کند و به همین دلیل بهینه است.

۲- پارامترها: همانطوریکه در متن مقاله نیـز مشـخص شده است، پارامترهای مدل پیشنهادی شامل مـوارد $i$، $j$، $t$، $n$، $T$ و $R_{ijt}$ است. این پارامترها بایسـتی بـه عنـوان ورودی قبل از بهینه‌سازی مشخص شوند تا مساله شـکل بگیرد. در مورد اندیس نیروی کار، شغل و و بازه‌ی زمانی مقادیر بر اساس اینکه تعـداد نیـروی کـار n، شـغل n و بازه‌ی زمانی t در مساله ی مورد بررسی چند باشد تعیین می‌شـوند $i = 1,2,\dots,n,\quad j = 1,2,\dots,n,\quad t = 1,2,\dots,T$. اما خـود تعـداد نیـروی کـار $n$، شـغل $n$ و بازه‌ی زمانی $t$ در مسـاله ی مـورد بررسـی مربـوط بـه کارگاه نیمه‌صنعتی مورد مطالعه برابر $n = 6$ بوده که در چهار دوره ی زمانی $t = 4$ مورد مطالعه و تحلیـل قـرار گرفتند تا طراحی بهینه تخصیص شغلها بـه نیـروی کـار



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

صورت گیرد.

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 ی زمانی $t$ ام است. در واقع اطلاعات جمع آوری شده همان مقادیر مربوط به $R_{ijt}$ که پارامتر مساله است، می باشد. بر اساس محدودیت اول که محدودیت کلیدی در مدل پیشنهادی است. به ازای همه ی نیروی کار ($\forall\ i$)، حداکثر خطر تخصیص داده شده بین افراد مشخص می شود. برای توصیف بیشتر، مثالی ساده را در نظر می گیریم. 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 ۰/۸ برای نیروی کار دوم برابر ۱/۳ و برابر نیروی کار سوم برابر ۱/۱ 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 ی زمانی به شغل ۱ تخصیص داده شود و در بازه ی زمانی بعدی به شغل ۳ و ... . برای این تخصیص خطر مساوی، تابع هدف را ماکزیموم اعداد ۰/۸، ۱/۳ و ۱/۱ قرار دادیم. یعنی همان $R_{max}$. به عبارت دقیقتر اگر $R_{max}$ به عنوان تابع هدف کمینه شود، مثل این است که اضافه‌ی ۱/۳ نسبت به ۱/۱ و ۰/۸ 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 ی 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 کند و این هدف مدل بهینه‌سازی پیشنهادی است.

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

**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 av. Belastningsfaktorer Identifiering)، روش Strain Index، روش گزارش‌گیری فردی و غیره هستند. در روش Posturegram لازم است آنالیزکننده پس از مشاهده وضعیت بدن نیروی‌کار ، 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 PLIBEL (Plan för av. Belastningsfaktorer Identifiering) یک روش شناسایی عوامل استرس اسکلتی-عضلانی است



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

[۲۳]. این روش برای شناسایی خطـرات ارگونومیـک در ایستگاه کار طراحـی شـده اسـت. روش Strain Index روشی است که هدف آن شناسایی مشاغلی است کـه در آنها کارگران در معرض خطر ایجاد ناراحتی درقسمت‌های اندام‌های فوقانی قرار دارند [۲۴]. نهایتاً یکی از روش‌های دیگـر بـرای ارزیـابی نـاراحتی بـدن یـا اسـترس کـار، گزارش‌هایی است که افراد راجع به کار خود می‌دهند.

**گردش شغلی بهینـه:** پـس از مدلسـازی ریاضـی سیستم گـردش شـغلی در بخـش قبـل، در ایـن بخـش بهینه‌سازی یافتن بهترین نتایج بحث می‌شود. در طراحی، ساخت و نگهداری هر سیستم مدیریتی، طراحان بایـد در مراحل مختلف تصمیمات مختلفی اتخاذ کننـد. می‌تـوان بهینه‌سازی را به عنوان فرآیند یافتن شرایطی که مقـادیر کمینه یا بیشینه‌ی یک تابع را ایجاد می‌کند تعریف نمود. از آنجاییکه مدل طراحی سیستم گردش شغلی در بخـش 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 ایـن حل، بیانگر یـک برنامـه‌ی گـردش شـغلی بهینـه بـرای دوره‌ی برنامه‌ریزی $T$ دوره‌ای است که مـلاک عملکـرد سازمان قرار می‌گیرد.

## یافته‌ها

در این بخش مدل طراحی سیستم گردش شغلی بهینه که در بخش‌های قبلی توصـیف شـد بـرای یـک نمونـه واقعی در محیط یک کارگاه نیمه‌صنعتی بررسی می‌شـود. در این کارگاه که دارای شش جایگاه شغلی هـم خـانواده است قرار است برای یک سال آینده، برنامه‌ریزی گردش شغلی صـورت گیـرد. برنامـه تخصـیص شـغلی در سـال گذشته برای این کارگاه به نحوی بوده کـه مشـکلاتی را بـرای برخـی از نیروی‌کـار ایجـاد نمـوده اسـت و لـذا نارضایتی‌هایی در میـان نیروی‌کـار ایجـاد شـده اسـت. جدول ۱ نحوه‌ی تخصیص کار را در سال گذشـته نشـان می‌دهد.

همانطوریکه از جدول مشخص است، سیستم تخصیص شغلی در این گارگاه بر مبنای عدم گردش شـغل تنظـیم شده است و تمامی افراد در طول سال شغل ثـابتی را بـر عهـده داشـته‌اند. در ادامـه بـه منظـور مـدیریت خطـر ارگونومیک، رویکرد پیشنهادی در این تحقیق پیاده‌سازی می‌شود. در این راستا، بازه‌ی زمانی گردش شغلی فصـلی در نظر گرفته شده اسـت. یعنـی در هـر فصـل برنامـه‌ی کاری کارکنان تعیین و در تمام فصل برنامه ثابت است و در انتهای فصل گردش شغلی صورت می‌گیرد.

جدول ۱- برنامه فعلی تخصیص شغل به نیروی‌کار در کارگاه نیمه‌صنعتی

| نیروی‌کار | 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 |

در ایـن بخـش بـه بررسـی نتـایج حاصـل از سیسـتم تخصیص شغلی پیشنهادی پرداخته می‌شود. بدین منظور نیاز به تشکیل مدل تخصیص ارایه شـده در بخش‌هـای قبل، برای کارگاه نیمه‌صنعتی ارایه شده در ایـن تحقیـق 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 میـزان خطـر در مـدل پیشنهادی $R_{ijt}$، یک مقدار کمی اسـت. لـذا در راسـتای تعیین خطر جایگاه‌های شغلی کارگـاه، ابتـدا مسـتندات و گزارشات حوادث و نارضایتی‌های یکسال گذشته کارگـاه مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس یک گزارش‌گیـری از نیروی‌کار در قالب میزان و عوامل موثر بر آمـادگی افـراد برای پذیرفتن هر جایگاه شغلی، عوامل مخاطره آمیز هـر جایگاه شغلی استخراج و تبیین شد. بر این اسـاس بـرای هر یک از افراد و متناسب با ویژگی‌های فصلی مشاغل و مخاطرات تعیین شده، عددی به عنوان خطر شغل تعیـین گردید. این اعداد در قالب ۴ حالـت، ۰/۰۰، ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵ و ۱/۰۰ تعیین شدند کـه در جـداول ۲ تـا ۵ قابـل مشاهده است.

بنابراین، برنامه‌ریزی بهینه برای گردش شغلی مناسـب



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

جدول ۲- خطر ارگونومیک مشاغل $R_{ijt}$ در فصل اول سال $(t = ۱)$

| نیروی‌کار | جایگاه شغلی | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ |
| ۱ | ۰,۲۵ | ۰,۲۵ | ۱,۰۰ | ۰,۷۵ | ۰,۰۰ | ۰,۲۵ |
| ۲ | ۰,۵۰ | ۰,۲۵ | ۰,۵۰ | ۱,۰۰ | ۰,۲۵ | ۰,۵۰ |
| ۳ | ۰,۲۵ | ۰,۰۰ | ۰,۷۵ | ۰,۷۵ | ۰,۰۰ | ۰,۲۵ |
| ۴ | ۰,۲۵ | ۰,۵۰ | ۰,۵۰ | ۰,۵۰ | ۰,۲۵ | ۰,۰۰ |
| ۵ | ۰,۵۰ | ۰,۵۰ | ۰,۵۰ | ۰,۷۵ | ۰,۲۵ | ۰,۵۰ |
| ۶ | ۰,۰۰ | ۰,۲۵ | ۰,۷۵ | ۰,۷۵ | ۰,۰۰ | ۰,۵۰ |

جدول ۳- خطر ارگونومیک مشاغل $R_{ijt}$ در فصل دوم سال $(t = ۲)$

| نیروی‌کار | جایگاه شغلی | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ |
| ۱ | ۰,۵۰ | ۰,۲۵ | ۰,۷۵ | ۰,۷۵ | ۰,۲۵ | ۰,۵۰ |
| ۲ | ۰,۵۰ | ۰,۲۵ | ۰,۵۰ | ۱,۰۰ | ۰,۲۵ | ۰,۵۰ |
| ۳ | ۰,۲۵ | ۰,۲۵ | ۰,۷۵ | ۰,۵۰ | ۰,۲۵ | ۰,۲۵ |
| ۴ | ۰,۵۰ | ۰,۵۰ | ۰,۷۵ | ۰,۵۰ | ۰,۵۰ | ۰,۰۰ |
| ۵ | ۰,۵۰ | ۰,۲۵ | ۰,۵۰ | ۰,۷۵ | ۰,۲۵ | ۰,۵۰ |
| ۶ | ۰,۲۵ | ۰,۲۵ | ۰,۷۵ | ۰,۷۵ | ۰,۵۰ | ۰,۲۵ |

جدول ۴- خطر ارگونومیک مشاغل $R_{ijt}$ در فصل سوم سال $(t = ۳)$

| نیروی‌کار | جایگاه شغلی | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ |
| ۱ | ۰,۵۰ | ۰,۵۰ | ۱,۰۰ | ۰,۵۰ | ۰,۵۰ | ۰,۲۵ |
| ۲ | ۰,۵۰ | ۰,۰۰ | ۰,۵۰ | ۰,۷۵ | ۰,۲۵ | ۰,۵۰ |
| ۳ | ۰,۵۰ | ۰,۲۵ | ۱,۰۰ | ۰,۷۵ | ۰,۵۰ | ۰,۲۵ |
| ۴ | ۰,۲۵ | ۰,۵۰ | ۰,۵۰ | ۰,۲۵ | ۰,۵۰ | ۰,۲۵ |
| ۵ | ۰,۵۰ | ۰,۰۰ | ۰,۵ | ۰,۷۵ | ۰,۲۵ | ۰,۰۰ |
| ۶ | ۰,۲۵ | ۰,۲۵ | ۰,۷۵ | ۰,۲۵ | ۰,۵۰ | ۰,۵۰ |

جدول ۵- خطر ارگونومیک مشاغل $R_{ijt}$ در فصل چهارم سال $(t = ۴)$

| نیروی‌کار | جایگاه شغلی | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ |
| ۱ | ۰,۲۵ | ۰,۰۰ | ۰,۲۵ | ۱,۰۰ | ۰,۰۰ | ۰,۷۵ |
| ۲ | ۰,۵۰ | ۰,۵۰ | ۰,۲۵ | ۱,۰۰ | ۰,۲۵ | ۱,۰۰ |
| ۳ | ۰,۲۵ | ۰,۷۵ | ۰,۷۵ | ۰,۷۵ | ۰,۵۰ | ۰,۵۰ |
| ۴ | ۰,۲۵ | ۰,۵۰ | ۰,۷۵ | ۰,۷۵۰ | ۰,۲۵ | ۰,۷۵ |
| ۵ | ۰,۷۵ | ۰,۵۰ | ۰,۲۵ | ۰,۷۵ | ۰,۲۵ | ۰,۵۰ |
| ۶ | ۰,۵۰ | ۰,۲۵ | ۰,۷۵ | ۱,۰۰ | ۰,۵۰ | ۰,۷۵ |

با هدف توزیع متوازن خطر مشاغل بین تمامی افراد بصورت زیر مدلسازی شد.

در مدل فوق، متغیر $R_{\max}$ نشان‌دهنده حداکثر خطری است که هر یک از نیروی‌کار می‌بایست متحمل شوند. کمینه‌سازی این حداکثر 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. تخصیص بهینه مشاغل در جدول ۶ بدست آمده است.



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

$$Minimise \quad R_{\max}$$

*s.t:*

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

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

$$\vdots$$

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

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

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

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

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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 |



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

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



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

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

جدول ۶- تخصیص بهینه مشاغل

| نیروی‌کار | 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 | ۳ |
| | 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 |



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

X( 6, 6, 4)  0.000

بر اساس این تخصیص، حداکثر خطری که نیروی‌کار در این کارگاه متحمل می‌شوند برابر $R_{\max} = ۱/۲۵$ محاسبه شد. درصورتیکه 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 نیروهایی کارآمد کمک نماید. گردش صحیح نیروی‌کار 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 نیروی‌کار کاهش داده و برای هر نیروی‌کار در کمترین مقدار ممکن تنظیم می‌نماید. درصورتیکه با نداشتن چنین سیستمی ممکن است نحوه‌ی تخصیص کارها به نیروی‌کار به نحوی شکل گیرد که برای یک نیروی‌کار خطر شغلی بیشتر باشد و نیروی‌کار 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 همه ی شیفتها کارکنان را تهدید می کند. اگر اپراتوری دائماً در طول همه ی 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 مقایسه ی خود با دیگران از رضایت شغلی کمتری برخوردار بوده و دائماً خود را با دیگران مقایسه می نماید. 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 می بایست 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 می شود 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 گردشی 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



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

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

بر اساس این برنامه‌ریزی برای تخصـیص مشـاغل بـه نیروی کار، میزان خطر ارگونومیکی کـه نیـروی کـار در طول ۴ فصل تجربه می‌کنند، به صورت زیر خواهد بود.

- نیروی کار اول: فصل اول: ۰/۲۵، فصـل دوم: ۰/۲۵، فصل سوم: ۰/۲۵، فصل چهارم: ۰/۷۵
- نیروی کار دوم: فصل اول: ۰/۲۵، فصـل 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 چهـارم: فصـل اول: ۰/۵۰، فصـل دوم: ۰/۰، فصل سوم: ۰/۵۰، فصل چهارم: ۰/۵
- نیروی کـار پـنجم: فصـل اول: ۰/۲۵، فصـل دوم: ۰/۵، فصل سوم: ۰/۵۰، فصل چهارم: ۰/۷۵
- نیروی کـار ششـم: فصـل اول: ۰/۰۰، فصـل دوم: ۰/۵۰، فصل سوم: ۰/۲۵، فصل چهارم: ۰/۵۰

نتایج نشان می‌دهد بر اساس تخصیص انجام شـده، متوسط خطری که شـش نیـروی کـار در ایـن کارگـاه متحمـل می‌شـوند بـه ترتیـب برابـر ۰/۳۷۵، ۰/۵۶۲۵، ۰/۶۸۷۵، ۰/۳۷۵، ۰/۵۰۰ و ۰/۳۱۲۵ اسـت. همچنـین بیشـترین متوسـط خطـری کـه نیـروی کـار متحمـل می‌شـوند برابـر ۰/۶۸۷۵ و کمتـرین مقـدار آن برابـر ۰/۳۱۲۵ است. به علاوه بیشـترین خطـری کـه شـش نیروی کار در طول چهار فصـل متحمـل می‌شـوند بـه ترتیـب برابـر ۰/۷۵، ۱/۰۰، ۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۰/۵ است.

به عنوان تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود از مـدل‌های بهینه‌سازی چندهدفه جهت مدلسازی سیسـتم گـردش شغلی استفاده شود. در دنیای واقعی، معیارهای زیـادی برای مدیران و صاحبان سازمان‌ها وجود دارد که تمایل دارند در طراحی سیستم تخصیص مشاغل لحاظ گردد. به عنـوان محـدودیت دوم بـرای رویکـرد پیشـنهادی، فرض قطعیت در پارامترهـای مـدل اسـت. عمـده‌ترین پارامتر در مدل پیشنهادی مربوط به خطر مشاغل است. درصورتیکه ممکن است در واقعیت تخمین دقیـق ایـن پارامتر مشـکل بـوده و ماهیتـاً دارای در معـرض عـدم قطعیت باشد. لذا پیشنهاد می‌شـود کـه از رویکردهـای بهینه‌سازی استوار که در ادبیات متداول اسـت اسـتفاده گردد.

## 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




[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

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, Kansi 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 identifcation 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



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]

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

Hadi Mokhtari*[1]

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 manangement 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.



[ Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20 ]