



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

یک روش چند معیاره برای طراحی مناسب ایستگاههای کاری تولیدی از جنبه

ارگونومیک

چکیده:

این مقاله یک روش چند معیاره را پیشنهاد می‌کند که می‌تواند توسط مهندسان بخش تولید، برای طراحی مناسب ایستگاههای کاری در محیطهای صنعتی از نظر ارگونومیک مورد استفاده قرار گیرد. مخصوصاً اینکه مؤلفان به طراحی مناسب ارگونومیک ایستگاههای کاری متعلق به یک واحد صنعتی واقعی توسط یک رویکرد بر پایه پارامترهای چندگانه طراحی دست یافته‌اند و طراحی آزمایش (DOE) و معیارهای کارایی چندگانه واحد صنعتی مورد نظر از 8 ایستگاه کاری متفاوت و 14 کارگر تشکیل شده است. این واحد صنعتی، شلنگ‌های هیدرولیک فشار قوی تولید می‌کند. این روش طراحی قصد دارد رابطه متقابل کارگران با محیط کاریشان و روشهای انجام کار را مد نظر قرار دهد.

در پایان، وضعیت واقعی ایستگاههای کاری، با چندین طرح آزمایشی مناسب جانشین مقایسه می‌شود. برای تأیید کاربردی بودن روش ارائه شده، مؤلف از مدل سازی و شبیه سازی (M&S) و محیط مجازی سه بعدی استفاده نموده است تا دقت قابل قبولی را بدست آورد.

1- مقدمه:

پیچیدگی زیاد واحدهای صنعتی (سیستم‌های تولیدی) در زمینه روابط متقابل آنان و محیطهای کاری صنعتی دائماً مشکلاتی را برای کارهای محققان در این زمینه خاص (ارگونومی) بوجود می‌آورد. در طی سالیان گذشته، مشکلات و مسائل ارگونومیک هر چه بیشتر مهم شده‌اند و این اهمیت به خاطر تاثیر این مسائل بر بهره‌وری و بازدهی واحدهای صنعتی می‌باشد. کارهای تحقیقاتی و علمی متفاوتی انجام شده است تا به طراحی مناسب ارگونومیک در واحدهای صنعتی دست یابد.

در اواخر دهه 90، طراحی مناسب ایستگاههای کاری سیستم‌های تولیدی از ارگونومیک با استفاده از سیستم ضبط ویدئویی برای جمع‌آوری داده‌ها پشتیبانی می‌شد. پس این داده‌ها تجزیه و تحلیل می‌شد و طراحی ایستگاه کاری با استفاده از روش آزمون و خطا انجام می‌شد. (در عمل، طراحی هیچگاه توسط یک طرح مناسب و عملی پشتیبانی نمی‌شد) طراحی نهایی ایستگاه کاری از جنبه ارگونومیک بستگی به تجزیه محقق و اطلاعات او در

مورد سیستم تولید داشت. به علاوه روش طراحی معمولاً بر مبنای یک معیار ارگونومیک بوده است (مثل میزان مصرف انرژی، وضعیت یا چگونگی انجام کار و ...) که این تک معیار، مربوط به یکی از استانداردهای خاص ارگونومیک بوده است.

مد نظر گرفتن بیش از یک استاندارد و معیار گام بعدی محققان در زمینه ارگونومی بوده است. نکته مهم دیگری که باید در طراحی ایستگاههای کاری سیستمهای تولیدی در نظر گرفت، رابطه همین مفاهیم اندازه گیری کار و ارگونومی می باشد.

هدف اندازه گیری کار، ارزیابی زمانهای استاندارد برای انجام یک فعالیت خاص می باشد، در مقابل مفاهیم ارگونومی، اکثراً به مطالعه کار اشاره دارد و قوانین حاکم بر روابط متقابل انسان و محیط کار را مورد مطالعه قرار می دهد. در عین حال اندازه گیری کار و عوامل ارگونومیکی بر یکدیگر تاثیر می گذارند، عوامل ارگونومیک بر زمان مورد نیاز برای انجام یک فعالیت تاثیر می گذارند، همانطور که هر تغییری در روش انجام کار بر شرایط ارگونومیکی محل کار تاثیر می گذارد. معمولاً تجزیه و تحلیل با استفاده از ایستگاههای کاری واقعی بسیار پرهزینه است (هم از نظر مالی و هم از نظر زمان) زیرا این امر احتیاج به اختلال در فعالیتها و فرآیند سیستم تولید دارد. در این زمینه شبیه سازی، یک روش برای حل این مشکل و ایجاد یک پیشینه از سیستم و تجزیه و تحلیل رفتار و انجام تحلیل «اگر ← چه» می باشد. علاوه بر این شبیه سازی می تواند همزمان توسط محیطهای مجازی سه بعدی استفاده شود. محیط مجازی سه بعدی یک ابزار قوی برای بررسی و مشاهده تغییرات محیط کار در طول زمان می باشد، همچنین به کمک آن می توان مشکلات ارگونومیکی که تشخیص آن مشکل است را شناخت.

این مقاله دو قسمت دارد:

I) مولفان، یک روش برای دستیابی به طراحی مناسب ایستگاههای کاری در محیطهای صنعتی پیشنهاد می کنند.

II) کاربرد این روش در یک واحد صنعتی حقیقی که شلنگ هیدرولیک پرفشار تولید می کند.

انتخاب نهایی وضعیت ایستگاههای کاری با در نظر گرفتن معیارهای چندگانه ارگونومیک و اندازه گیری زمان انجام شد. در قسمتهای 2 و 3 به ترتیب سیستم تولید و پیاده سازی مدل شبیه سازی ایستگاههای کاری توضیح داده می شود.

بخش 4 روش طراحی را شرح می‌دهد: چگونه پارامترهای چندگانه طراحی و معیارهای چندگانه انجام کار تعریف می‌شود. چگونه از طراحی آزمایش (DOE) برای آزمایش وضعیتهای متفاوت ایستگاههای کاری در یک مجموعه استفاده می‌شود.

بخش 5، کاربرد روش طراحی و دستیابی به طراحی مناسب ایستگاههای کاری را ارائه می‌دهد. بخش آخر، نتیجه را گزارش می‌دهد که در آن خلاصه‌ی ارزش علمی و دانشگاهی کار بیان شده است.

2- سیستم تولید:

واحد صنعتی بیان شده در این تحقیق شلنگ فشار قوی هیدرولیک تولید می‌کند و 13000 مترمربع مساحت دارد. این واحد صنعتی به دو منطقه متفاوت تولیدی تقسیم می‌شود. قسمت اول منطقه مکانیکی می‌باشد که بست و رینگ تولید می‌کند و همچنین برخی اجزاء دیگر که برای مونتاژ شلنگهای هیدرولیک استفاده می‌شود. قسمت دوم که بخش مونتاژ می‌باشد که شلنگهای آتش نشانی را بوسیله بست و رینگ برای تولید محصول نهایی مونتاژ می‌کند.

یک تجزیه و تحلیل اولیه که توسط مدیریت ارشد شرکت انجام شده بود، نشان می‌دهد که بازدهی بخش مونتاژ (برپایه ارزیابی ماهانه) همیشه کمتر از سطح مورد نظر می‌باشد و در نتیجه باعث تاخیر در تحویل محصول نهایی می‌شود. بخش مونتاژ شامل 8 ایستگاه کاری متفاوت می‌باشد که هر یک، یک عمل خاص از فرآیند مونتاژ شلنگ هیدرولیک را انجام می‌دهد.

فعاليتها در بیشتر ایستگاههای کاری بصورت دستی انجام می‌شود، بنابراین مدیریت ارشد شرکت تصمیم به انجام یک مطالعه تحقیقاتی بر روی طراحی مناسب ایستگاههای کاری از جنبه ارگونومیک گرفت.

فعاليتهايي که در هر ایستگاه انجام می‌شود بصورت زیر بیان می‌شود:

1) ایستگاه کاری آماده‌سازی: با توجه به اطلاعات سازمان، اپراتور اجزاء اصل را از قفسه‌های انبار مواد خام بر می‌دارد و طول شلنگ آتش نشانی را مشخص می‌کند.

2) ایستگاه کاری مهرزنی: اپراتورها بر روی بست و رینگ علامت کیفیت می‌زنند و شماره‌های شناسایی برای رهگیری با استفاده از دستگاه مهرزنی انجام می‌دهند و اجزاء را درون جعبه‌های مناسب قرار می‌دهند.

3) ایستگاه کاری برش: اپراتورها حلقه‌های شلنگهای آتش نشانی را از قفسه‌های انبار مواد اولیه بر می‌دارند و بنابراین اندازه‌های سفارش داده شده می‌برند. (برش توسط ماشین بصورت اتوماتیک یا دستی انجام می‌شود).

4) ایستگاه کاری پوست کنی: اپراتورها قسمتی از پوشش پلاستیکی انتهای هر شلنگ را جدا می کنند تا پیوند خوبی با بست پیدا کند.

5) ایستگاه کاری مونتاژ: اپراتورها شلنگ های پلاستیکی را بصورت دستی بوسیله بست و رینگ مونتاژ می کنند.

6) ایستگاه کاری بست زنی: اپراتورها رینگ ها را با استفاده از دستگاه بست زنی بر روی شلنگ ها محکم می کنند.

7) ایستگاه کاری تست فشار: اپراتورها شلنگ های هیدرولیک را با استفاده از یک دستگاه فشار تست می کنند. (میزان فشار باید بیشتر از فشار اسمی باشد)

8) ایستگاه کاری کنترل و بسته بندی: اپراتورها ویژگی های شلنگ را با ویژگی های مورد درخواست مشتری مقایسه می کنند (کنترل کیفیت) آنها همچنین شلنگ های هیدرولیک را در جعبه ها برای ارسال می گذارند.

در پایان هر عملیات، اپراتورها وضعیت «پایان عملیات» را در سیستم اطلاعاتی شرکت ثبت می کنند و مواد را توسط چرخ دستی به ایستگاه کاری بعد منتقل می کنند. لطفا توجه کنید که در بقیه قسمت های این مقاله، اصطلاح ایستگاه کاری به محلی اطلاق می شود که فعالیت خاصی در آن انجام می شود. (مانند ایستگاه کاری تست فشار و ...) در حالیکه اصطلاح مکان کاری برای کل منطقه مونتاژ استفاده می شود.

3- ایجاد مدل شبیه سازی ایستگاه های کاری:

مولفان بر این عقیده بودند که روش مورد نظر برای دستیابی به طراحی مناسب ایستگاه های کاری در یک واحد صنعتی باید تمام پارامترهای طراحی موثر بر اندازه گیری کار و اصول ارگونومی مد نظر قرار داده شود. هر چند یک ایستگاه کاری در یک سیستم تولیدی، یک سیستم پیچیده و مجتمع از پارامترهای مختلف طراحی می باشد (مانند ابعاد و اندازه های اشیاء، محل قرار گرفتن ابزار، روش انجام کار اپراتور و ...).

در نتیجه، روش طراحی باید قادر باشد که تمام این پیچیدگی های ایستگاه های کاری سیستم های تولید واقعی را شامل شود. در نهایت مولفان، استفاده از مدلسازی و شبیه سازی (MSS) که توسط یک محیط سه بعدی مجازی حمایت می شد را پیشنهاد کردند.

در نتیجه اولین گام برای استفاده از این روش طراحی، ایجاد یک مدل شبیه سازی می باشد که قادر به بازسازی فرایند تولید در قسمت مونتاژ می باشد. ایجاد مدل شبیه سازی شامل سه فاز می باشد:

- فاز جمع آوری داده: جمع آوری داده در مورد قسمت مونتاژ

- فاز شبیه‌سازی مدل: بازسازی سیستم واقعی در محیط مجازی که هم از نظر هندسی و هم از نظر روش کار منطبق بر محیط واقعی باشد.

- فاز اعتبارسنجی: بررسی اینکه آیا مدل شبیه‌سازی شده ارائه دقیقی از سیستم واقعی می‌باشد یا نه؟

1-3- فاز جمع‌آوری داده:

در گام اول مولفان، همه‌ی داده‌های مورد نیاز برای ایجاد مدل شبیه‌سازی را از مدیریت ارشد درخواست کردند. عملاً فقط اطلاعات مربوط به طرح استقرار و زمان عملیات هر ایستگاه کاری در دسترس بود. بنابراین مولفان یک دوره دو ماهه را در قسمت مونتاژ گذاردند تا در موارد زیر اطلاعات کسب نمایند:

ویژگی‌های اپراتورها (سن، جنسیت، قد، وزن و وضعیت جسمانی)

ابعاد (طول، عرض و ارتفاع) و وزن تمام اشیائی که مورد مدل سازی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گرفت و توسط اپراتورها برای انجام فعالیت‌های تولیدی استفاده می‌شد.

ویژگی‌های اپراتورها برای انتخاب مدل‌های انسانی که قادر به ارائه کارگران واقعی می‌باشد مورد استفاده قرار گرفت. ابعاد و وزن اشیاء، برای طراحی هر ایستگاه کاری از نظر هندسی استفاده شد. مد نظر قرار دادن روش انجام کار برای بازسازی صحیح فعالیت در هر ایستگاه کاری در محیط مجازی استفاده می‌شد.

2-3- فاز مدل سازی:

بعد از فاز جمع‌آوری داده، نوبت به گام ساده سازی مدل شبیه‌سازی ایستگاه‌های کاری می‌رسد. مولفان از نرم افزار (eM-workplace) برای ایجاد مدل شبیه سازی شده استفاده کردند.

این فاز شامل دو گام متفاوت می‌باشد:

گام اول) بازسازی (زایش) طرح استقرار: در این گام مدل‌های هندسی، سه بعدی ایستگاه‌های کاری و ابزارهای مورد استفاده در فرآیند تولید بازسازی می‌شوند.

گام دوم) جاناندازی و مناسب سازی فعالیت‌های مدل‌های نیروی انسانی: این گام، هم مربوط به جاناندازی مدل‌های نیروی انسانی در محیط مجازی می‌شود و هم مربوط به مناسب سازی فعالیت‌های مدل نیروی انسانی برای انجام تمام فعالیت‌های تولیدی می‌باشد.

بازسازی (زایش) طرح استقرار توسط یک نرم افزار جامع پارامتری و سه بعدی (CAD) به نام Pro-Engineer انجام شد. مولفان از این نرم افزار برای ایجاد مدل‌های هندسی تمام اشیاء ایستگاه کاری استفاده

کردند تا از مشخصه‌های پارامتری این نرم افزار استفاده کنند. در عمل، این نرم افزار تغییر هندسی مدلها را امکان پذیر می‌کرد، این جنبه بسیار مهم می‌بود زیرا، طراحی روش، احتیاج به آزمون وضعیتهای مختلف مکان کاری دارد. (هر وضعیت جدید یک ایستگاه کاری یا مکان کاری احتیاج به مدل‌های هندسی متفاوت دارد). توجه کنید که نرم افزار (eM- workplace) خودبخود اصطلاحات و تغییرات مناسب را در مدل ایجاد نمی‌کند، بلکه باید اعداد مورد نظر به صورت ورودی به این نرم افزار داده شود.

Object Description	Object Type	Weight (kg)	Dimensions (cm) L x W x H	Workstation
Ring	Component	0.168	Depending on S.O.	All
Fitting	Component	0.336	Depending on S.O.	All
Marking die	Component	1.800	Depending on S.O.	All
Workstation stamp	Component	0.100	Depending on S.O.	All
Scanner	Component	0.400	12 x 7 x 18	All
Empty bin	Component	0.300	30 x 20 x 15	All
Rubber hose	Component	1.020	Depending on S.O.	All
Manual operated Dolly	Equipment	35.300	100 x 120 x 76	All
Rings bin	Equipment	0.300	30 x 20 x 15	All
Worktable	Equipment	53.200	120 x 90 x 100	Preparation
Worktable	Equipment	52.700	150 x 70 x 86	Seal Press
Support table	Equipment	50.120	106 x 76 x 94	Seal Press
Seal Press machine	Machine	131.250	65 x 65 x 160	Seal Press
Pallet	Equipment	25.000	80 x 120 x 15	Seal Press
Cutting automated machine	Machine	310.070	350 x 170 x 220	Cutting
Cutting manual machine	Machine	240.600	170 x 100 x 150	Cutting
Worktable	Equipment	51.250	110 x 80 x 75	Cutting
Skinning machine	Machine	142.500	70 x 80 x 130	Skinning
Worktable	Equipment	54.050	150 x 70 x 100	Skinning
Worktable	Equipment	150.620	440 x 150 x 95	Assembly
Air blower	Tool	8.350	15 x 15 x 20	Assembly
PC worktable	Equipment	47.540	90 x 90 x 100	Assembly
Stapling machine	Machine	223.400	140 x 80 x 95	Stapling
Worktable	Equipment	51.200	150 x 70 x 85	Stapling
Support table	Equipment	49.100	100 x 65 x 95	Stapling
Pallet	Equipment	25.000	80 x 120 x 15	Stapling
Worktable	Equipment	100.800	240 x 220 x 95	Pressure test
Pressure test and flushing machine	Machine	1020.040	368 x 90 x 150	Pressure test
Worktable	Equipment	151.600	400 x 150 x 100	Check and Packaging
Packaging machine	Machine	550.100	200 x 135 x 140	Check and Packaging

جدول 1) داده‌های جمع‌آوری شده برای تهیه مدل هندسی



شکل 1) شلنگهای هیدرولیک واقعی و مجازی / ظرفهای رینگ واقعی و مجازی

مدلهای هندسی ساخته شده توسط نرم افزار (Pro-E) تمام اطلاعات مربوط به ابعاد، وزن‌ها و نوع مواد را در برمی‌گیرد. برای هر ایستگاه کاری، مدل‌های هندسی عناصر زیر را بازسازی می‌کند:

ماشین‌آلات، ابزارآلات، تجهیزات، میز کارها، چرخ دستی‌ها، مواد خام، ظرفها و جعبه‌ها جدول (1) شامل ابعاد، اوزان و شرح اشیائی است که برای هر ایستگاه کاری مدلسازی شده است.

شکل (1) در سمت چپ شلنگهای هیدرولیک واقعی و ظرفهای بست و رینگ واقعی را نشان می‌دهد و در سمت راست مدل هندسی مربوطه را نشان می‌دهد.

گام نهایی بازسازی طرح استقرار، احتیاج به وارد کردن مدل‌های هندسی در محیط مجازی نرم افزار شبیه سازی (eM- workplace) دارد. توجه کنید که تمام اشیاء باید در محیط مجازی قرار داده شود تا طرح استقرار واقعی بازسازی شود.

شکل (2) در سمت چپ ایستگاههای کاری واقعی مونتاژ و تست فشار را نشان می‌دهد و در سمت راست مدل‌های هندسی در محیط مجازی نرم افزار (eM- workplace) را نشان می‌دهد. سرانجام شکل (3) چشم‌اندازی از طرح استقرار مجازی قسمت مونتاژ که شامل ایستگاههای کاری مقاومت است را نشان می‌دهد.

گام دوم اجرای مدل شبیه سازی، جاسازی و شبیه سازی فعالیتهای نیروی انسانی می باشد. نرم افزار (eM- workplace) مدل‌های انسانی متنوعی به صورت کتابخانه‌ای دارد. انتخاب مدل‌های انسانی مشخصه‌های اپراتورهای واقعی را مد نظر قرار می‌دهد. (مثل سن، جنسیت، قد، وزن، وضعیت جسمانی). جدول (2) شامل ویژگیهای اپراتورها از قبیل سن، جنسیت، قد، وزن و همچنین ایستگاه کاری که معمولا کار می‌کند، می‌باشد. توجه کنید که مدل شبیه‌سازی فقط باید قسمت مونتاژ را با دقت قابل قبولی شبیه سازی کند. به همین دلیل داده‌های جدول (2) فقط اطلاعات آنتروپومتری کارگران قسمت مونتاژ را ارائه می‌دهد (نه تمام کارگران). واضح است که هر مدل انسانی باید آموزش داده شود تا فرآیندهای تولید را انجام دهد. به همین منظور نرم افزار (eM- workplace) به کاربر این امکان را می‌دهد تا با استفاده از یک زبان برنامه‌نویسی عملیات اصلی را آموزش دهد.

فرآیند آموزش به صورت زیر است:

ابتدا هر فعالیت به حرکات اصلی تقسیم می‌شود. سپس مدل انسانی آموزش داده می‌شود تا حرکات اصلی را با استفاده از فرمانهای برنامه نویسی انجام دهد. (مانند reach, grasp, put, release) توجه کنید که این فاز تلاش زیادی نیاز دارد، زیرا هر عملیات، تعداد زیادی از حرکات اصلی را نیاز دارد. علاوه بر این نرم افزار (eM- workplace) به اطلاعاتی در مورد وضعیت کار کردن در ابتدا و انتهای فعالیتهای بلند کردن تعداد دفعات و مدت زمان فعالیتهای بلند کردن احتیاج دارد. زمان تنظیم و کار ماشین در مدل انسانی لحاظ نمی‌شود.

3-3- فاز اعتبار سنجی:

آخرین گام اجرای مدل شبیه‌سازی، اعتبارسنجی می‌باشد که هدف آن بررسی این است که آیا مدل شبیه‌سازی شده، ارائه دقیقی از سیستم تولید ایستگاه کاری می‌باشد یا نه.

مولفین دو گام برای فاز اعتبار سنجی پیشنهاد کرده‌اند، هدف از گام اول، تجزیه و تحلیل و بررسی مدل شبیه سازی شده با کارگران و کارمندان سیستم تولید می‌باشد که این امر باعث می‌شود تا اعتبار مدل شبیه سازی شده مورد نظر به وسیله نظرات و پیشنهادات کارگرانی که مستقیما و روزانه در فرآیند تولید درگیر هستند، سنجیده شود. با کمک کارگران و مولفان تمام حرکات اصلی مدل‌های انسانی کنترل شد و بعضی از خطاهای مربوط به روشهای کار حذف شد. (مانند وضعیت کاری اشتباه، حرکات اشتباه یا حرکات اضافی). در پایان این

فاز، مدل شبیه سازی از نظر کارگران، مهندسان و متخصصان معقول و منطقی بود تا مکان کاری و تمام فعالیتهای تولیدی را به نحوی بازسازی کند.

هدف از گام دوم فاز اعتبار سنجی، مقایسه زمان واقعی مورد استفاده و زمان در نظر گرفته شده در شبیه سازی برای یک فرآیند یکسان می باشد. مولفان یک سفارش معمول که شامل تولید 12 قطعه شلنگ هیدرولیک متوسط می شد را در نظر گرفتند. زمان واقعی عملیات برای تکمیل سفارش در سیستم اطلاعاتی شرکت موجود بود. (همانطور که قبلا هم گفته شده بود هر اپراتور در پایان عملیات، عبارت «پایان عملیات» را ثبت می کند.) جدول (3) شامل زمانهای واقعی فرآیند (که از سیستم اطلاعاتی شرکت جمع آوری شده) و زمان فرآیند شبیه سازی شده می باشد (که توسط مدل شبیه سازی شده بدست آمده است). برای هر ایستگاه کاری، خطای بین زمان واقعی و زمان شبیه سازی شده از 6٪ تجاوز نمی کند که این به معنی این است که مدل قابلیت بازسازی رفتار سیستم تولید را با دقت قابل قبول دارد.



شکل 3 منطقه مونتاژ مجازی



شکل 2 ایستگاه کاری مونتاژ واقعی و مجازی، ایستگاه کاری واقعی و مجازی تست فشار

4- پارامترهای طراحی چندگانه، طرح ریزی آزمایش و اندازه‌گیری عملکرد:

هدف اصلی این مقاله، پیشنهاد یک روش برای دستیابی به طراحی مناسب ایستگاههای کاری در واحدهای صنعتی از نظر ارگونومی می‌باشد. (مخصوصاً در این مورد خاص، این روش برای یک سیستم تولیدی به کار رفته است).

Operator ID	Age	Gender	Height (cm)	Weight (kg)	Workstation
Op-1	36	male	174	71	Preparation
Op-2	45	male	165	74	Seal Press
Op-3	38	male	183	85	Cutting
Op-4	40	male	179	82	Cutting
Op-5	32	male	175	78	Skinning
Op-6	27	male	181	78	Skinning
Op-7	34	male	177	82	Assembly
Op-8	52	male	175	79	Assembly
Op-9	43	male	174	73	Stapling
Op-10	35	male	175	76	Stapling
Op-11	48	male	176	81	Pressure test
Op-12	51	male	173	76	Pressure test
Op-13	29	male	176	70	Check and packaging
Op-14	37	male	169	71	Check and packaging

جدول 2) داده‌های جمع‌آوری شده برای ویژگیهای مدل‌های انسانی

	Preparation	Seal Press	Cutting	Skinning	Assembly	Stapling	Pressure test	Packaging
Process Time [s]	321.50	446.00	1057.70	781.90	1055.40	817.70	913.78	835.6
Simulation time [s]	340.25	470.32	1118.36	823.89	1120.43	864.19	961.50	881.47
Error [%]	5.51%	5.17%	5.42%	5.10%	5.80%	5.38%	4.96%	5.20%

جدول 3) اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی: مقایسه بین زمان واقعی فرآیند و زمان فرآیند شبیه‌سازی شده همانطور که در قسمت قبل گفته شد، به خاطر تعداد زیاد پارامترهای طراحی و اندازه‌گیری کار در ایستگاههای کاری سیستم‌های تولیدی، روش پیشنهاد شده از یک مدل شبیه‌سازی که ایستگاههای کاری سیستم‌های تولیدی، روش پیشنهاد شده از یک مدل شبیه‌سازی که ایستگاههای کاری را در یک محیط مجازی سه بعدی بازسازی می‌کند، استفاده می‌کند. مخصوصاً طرح مناسب ایستگاههای کاری از نظر ارگونومیک با استفاده از مدل شبیه‌سازی برای مقایسه وضعیتهای جایگزین و مقایسه آنها به دست آمده است.

ایجاد (زایش) وضعیتهای جایگزین با تغییر پارامترهای چندگانه طراحی که بر معیارهای چندگانه اندازه‌گیری کار تاثیر می‌گذارد انجام می‌شود. (معیارهای ارگونومیک و زمان انجام کار) ارزیابی کمی آثار پارامترهای چندگانه طراحی بر معیارهای چندگانه کارایی با استفاده از طراحی آزمایش (DOE) بدست می‌آید. اینگونه ارزیابی‌ها به ما این امکان را می‌دهد تا وضعیت نهایی ایستگاه کاری را انتخاب کنیم. در نتیجه، مولفان روش طراحی را به کار بردند و پارامترهای طراحی را تعریف کردند، معیارهای کارایی و طرح ریزی آزمایش برای ایستگاههای کاری سیستم تولیدی توسط پایین‌ترین سطح کارایی مشخص شد: ایستگاه کاری مونتاژ و ایستگاه کاری تست فشار.

به طور مشخص، هر پارامتر طراحی (فاکتور) بوسیله سطوح مختلف مشخص می‌شود و یک مجموعه ایستگاه کاری جامع را با وضعیتی جایگزین ایجاد می‌کند. (بنابر نحوه استقرار ایستگاه کاری و وضعیت و مکان ابزار) بالاتر از همه، سفارش که از 12 شلنگ هیدرولیک متوسط تشکیل شده راه ما را مشخص می‌کند.

بخش 1-4 و 2-4 به ترتیب فاکتورهای طراحی و معیارهای کارایی را برای دو ایستگاه کاری مونتاژ و تست فشار توضیح می‌دهد.

1-4- تعریف پارامترهای طراحی:

در این مرحله، این روش در گام اول احتیاج به تجزیه و تحلیل مقدماتی برای شناخت پارامترهای طراحی (فاکتورها) در هر ایستگاه کاری دارد که می‌تواند بر کارایی ایستگاه کاری تاثیر بگذارد (کارایی از نظر زمان و ارگونومی). تجزیه و تحلیل اولیه نشان می‌دهد که فاصله‌ها و زاویه‌ها (مربوط به اشیاء و ابزار) می‌توانند عوامل مهمی برای ایستگاههای کاری مونتاژ باشند. در مورد ایستگاه کاری تست فشار، فاصله‌ها و زاویه‌های مربوط به ابزار و اشیاء را نمی‌توان به آسانی اصلاح کرد (چون تست فشار توسط یک ماشین اتوماتیک انجام می‌شود).

در نتیجه مولفان تصمیم گرفتند تا در طراحی پارامترها 4 روش متفاوت کار را در نظر بگیرند. تعریف فاکتورها برای ایستگاه کاری مونتاژ بصورت زیر است:

B: زاویه میز کار، که به صورت جهت میز کار که نسبت به وضعیت واقعی مشخص می‌شود، تعریف می‌شود.

SP: موقعیت دمنده هوا، که به صورت موقعیت دمنده هوا که نسبت به وضعیت واقعی مشخص می‌شود، تعریف می‌شود.

CP: موقعیت کامپیوتر، که به صورت موقعیت کامپیوتر نسبت به وضعیت واقعی تعریف می‌شود.

تعریف فاکتورها برای ایستگاه کاری تست فشار به صورت 4 روش کار متفاوت برای اپراتورها در نظر گرفته می‌شود، که هر کدام توسط تعداد متفاوت شلنگهای هیدرولیک که بصورت همزمان تست می‌شود، مشخص می‌شوند.

با استفاده از روش کار اول اپراتور تست فشار را بر روی یک شلنگ هیدرولیک انجام می‌دهد.

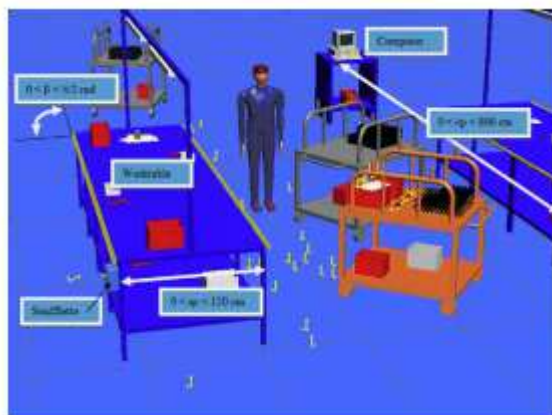
با استفاده از روش کار دوم اپراتور تست فشار را بر روی دو شلنگ هیدرولیک انجام می‌دهد.

با استفاده از روش کار سوم اپراتور تست فشار را بر روی سه شلنگ هیدرولیک انجام می‌دهد.

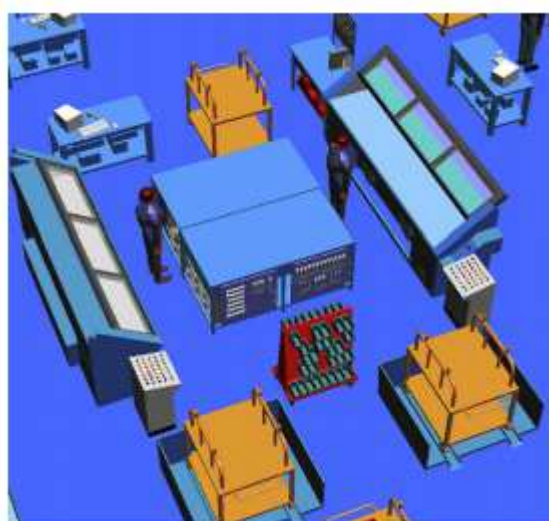
با استفاده از روش کار چهارم اپراتور تست فشار را بر روی چهار شلنگ هیدرولیک انجام می‌دهد.

شکل 5، وضعیت واقعی ایستگاه کاری تست فشار را انجام می دهد.

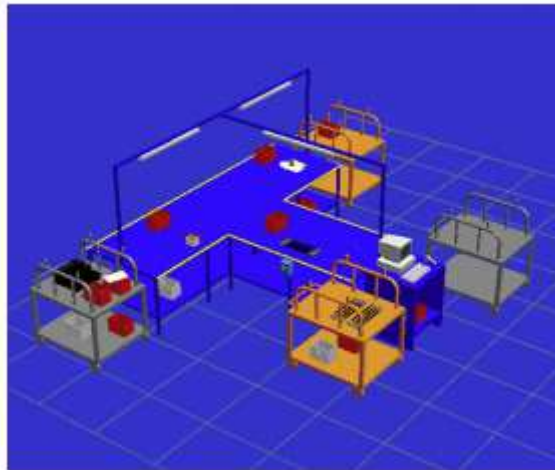
جدول 4، شامل فاکتورها و سطوح برای ایستگاه کاری مونتاژ می باشد. ترکیب فاکتورها و سطوح 8 وضعیت متفاوت را ایجاد می کند، با در نظر گرفتن 4 روش کار جایگزین برای ایستگاه کاری تست فشار، آزمایش های طراحی شده (DOE) بوسیله 12 وضعیت متفاوت توسط مدل شبیه سازی آزمایش می شود.



شکل 4) وضعیت واقعی ایستگاه کاری مونتاژ (با پارامترهای طراحی)



شکل 5) وضعیت واقعی ایستگاه کاری تست فشار



شکل 6) طراحی مناسب ایستگاه کاری مونتاژ از نظر ارگونومیک

شکل 6) طراحی ارگونومیک مناسب ایستگاه کاری مونتاژ

Factors	Factor ID	Level 1	Level 2
Worktable Angle (rad)	β	0	$\pi/2$
Air blower (cm)	sp	0	150
Computer Position (cm)	cp	0	800

جدول 4) پارامترهای طرح و سطوح ایستگاه کاری مونتاژ

2-4- تعریف معیارهای کارایی:

همانطور که قبلا بیان شد، روش طراحی بر پایه‌ی معیارهای چندگانه ارگونومیک و زمان انجام کار می‌باشد. معیارهای کارایی از جنبه ارگونومیک (بر مبنای استانداردهای ارگونومیک) شاخص‌های بلند کردن (بنابر تحلیل Burandt- Schultetus) سطح فشار مربوط به وضعیت‌های کاری (بنابر تحلیل OWAS) و انرژی صرف شده برای هر فعالیت (بنابر تحلیل Garg) می‌باشد.

معیار زمان انجام کار همان زمان فرآیند می‌باشد (به روش MTM محاسبه شده است) تحلیل Burandt- Schultetus ماکزیمم وزنی که یک نفر کارگر می‌تواند بلند کند را محاسبه می‌کند (ماکزیمم نیروی مجاز) برای رسیدن به این هدف، این روش نیازمند چندین داده‌ی ورودی می‌باشد که مربوط به وضعیت سلامتی، سن، جنسیت کارگر، وزن بار، تعداد دفعات بلند کردن (برحسب تعداد دفعات بلند کردن تقسیم بر دقیقه) و کل مدت زمان فعالیت. سپس حداکثر نیروی مجاز ب نیرویی که در واقعیت اعمال می‌شود مقایسه می‌شود که سه حالت مختلف ممکن است اتفاق بیفتد:

- حالت اول) ماکزیمم نیروی مجاز کمتر از میزان نیروی واقعی باشد (یک اقدام ارگونومیک لازم است).

- حالت دوم) ماکزیمم نیروی مجاز مساوی است با میزان نیروی واقعی (یک اقدام اصلاحی در آینده نزدیک لازم است).

- حالت سوم) ماکزیمم نیروی مجاز بیشتر از میزان نیروی واقعی باشد (نیازی به اقدام ارگونومیک نیست). روش OWAS، یک تحلیل کمی از حالت‌های بدن که در طی فرآیندهای کار ایجاد می‌شود را انجام می‌دهد. این روش فشار مربوط به هر حالت بدن را ثبت می‌کند. بنابر روش OWAS، هر حالت بدن که کارگر داشته باشد در یکی از چهار دسته‌بندی قرار می‌گیرد:

- دسته 1) وضعیت بدن هیچ تاثیر سوئی بر سیستم ماهیچه‌ای کارگر ندارد، میزان فشار مناسب است و احتیاجی به اقدام اصلاحی نیست.

- دسته 2) وضعیت بدنی بر سیستم ماهیچه‌ای اثر سوء دارد، میزان فشار قابل قبول است و در آینده نزدیک باید اقدام اصلاحی انجام شود.

- دسته 3) وضعیت بدنی بر سیستم ماهیچه‌ای اثر سوء دارد، میزان فشار زیاد است و هرچه زودتر باید اقدام اصلاحی انجام شود.

- دسته 4) وضعیت بدنی تاثیرات سوء قابل ملاحظه‌ای بر سیستم ماهیچه‌ای دارد، میزان فشار بسیار زیاد است و سریعاً باید اقدام اصلاحی انجام شود.

تحلیل Garg، میزان انرژی مصرفی طی فعالیتهای دستی را اندازه‌گیری می‌کند. این تحلیل‌ها هر فعالیت خاص را به مراحل کوچکتر تقسیم می‌کند و برای هر یک از آنها انرژی مصرفی را محاسبه می‌کند، مجموع انرژی‌های مربوط به مراحل یک فعالیت، کل انرژی مصرفی برای فعالیت را مشخص می‌کند. به عنوان پارامترهای ورودی، این تحلیل، اطلاعاتی در مورد وزن بدن و جنسیت کارگر، وزن بار، تعداد دفعات بلند کردن (برحسب تعداد دفعات تقسیم بر دقیقه) نیاز دارد.

حالا زمان انجام کار را در نظر می‌گیریم، همانطور که قبلاً اشاره شد، مدل شبیه‌سازی شده از MTM برای ارزیابی زمان انجام کار برای هر فعالیت استفاده می‌کند که زمان انجام هر فعالیت از مجموع زمان حرکات اصلی بدست می‌آید.

5- طراحی مناسب ایستگاههای کاری:

در این بخش، مولفان کاربرد این روش را برای دستیابی به طراحی مناسب ارگونومیک در دو ایستگاه کاری مونتاژ و تست فشار پیشنهاد می‌کنند. مشخصاً، مولفان از مدل شبیه سازی برای مقایسه حالت‌های متفاوت ایستگاه‌های کاری که از ترکیب فاکتورها و سطوح مختلف بدست آمده جدول (4) است، استفاده می‌کنند. معیار چندگانه کارایی که در بخش 2-4 بیان شد به ما این امکان را می‌دهد تا وضعیت نهایی ایستگاه کاری را مشخص کنیم.

Assembly Workstation				
β	sp	cp	MTM-1 Process Time (s)	Garg Energy Expenditure (kcal)
0	0	0	1118.36	1736.0
0	0	800	1104.64	1701.3
0	150	0	986.66	1466.9
0	150	800	972.94	1432.2
$\pi/2$	0	0	1107.38	1710.0
$\pi/2$	0	800	1096.41	1675.2
$\pi/2$	150	0	975.68	1440.9
$\pi/2$	150	800	964.71	1406.2

جدول (5) نتایج شبیه سازی ایستگاه کاری مجمع.

Pressure Test Workstation	1 Hose	2 Hoses	3 Hoses	4 Hoses
Macro-activity 1	4.89	5.32	7.12	8.25
Macro-activity 2	26.86	36.75	50.53	68.13
Macro-activity 3	15.70	14.44	13.28	14.36
Macro-activity 4	29.06	39.07	54.57	74.54
Macro-activity 5	31.06	45.54	60.61	80.88
Macro-activity 6	19.96	23.36	25.37	26.28
Total (s)	127.53	164.48	211.48	272.45

جدول (6) زمان‌های شبیه سازی شده برای هر فعالیت عمده در ایستگاه کاری تست فشار

حالا ایستگاه کاری مونتاژ را در نظر بگیرید. فعالیت‌هایی که توسط اپراتورها انجام می‌شود، احتیاجی به بلند کردن‌های سنگین یا وضعیت‌های ناراحت کننده‌ی کاری ندارد. در عمل تحلیل Burandt- Schultetus و OWAS هیچ مشکل خاصی در زمینه بلند کردن یا وضعیت بدن نشان نمی‌دهد. نتایج مهم برای طراحی مناسب ارگونومیک در زمینه انرژی مصرفی و زمان عملیات در تحلیل‌های Garg و MTM بدست آمده است. جدول (5) نتایج شبیه سازی را برای هر ترکیبی از سطوح و فاکتورها نشان می‌دهد.

تغییر زاویه میز کار (B)، (با تغییر $0 < B < \frac{\pi}{2}$ بقیه عوامل و سطوح ثابت می ماند) هم بر انرژی مصرفی تاثیر

دارد و هم بر زمان عملیات. توجه کنید که بیشترین کاهش EE و PT در حالت $B = \frac{\pi}{2}$ می باشد. (EE=

1710 kcal و PT= 1107.39 s که ما شاهد کاهش 1/5٪ در EE و 1٪ در PT هستیم). تغییر موقعیت دمنده باد (SP) و محل کامپیوتر (CP) یک رفتار مشابه در زمینه ی کاهش انرژی و زمان عملیات دارد. تغییر (SP) باعث کاهش EE و PT می شود.

(EE= 1466.9 kcal و PT= 986.66s که ما شاهد کاهش 15/5٪ در EE و 11/8٪ در PT هستیم) و بطور مشابه، تغییر (CP) باعث کاهش EE و PT می شود.

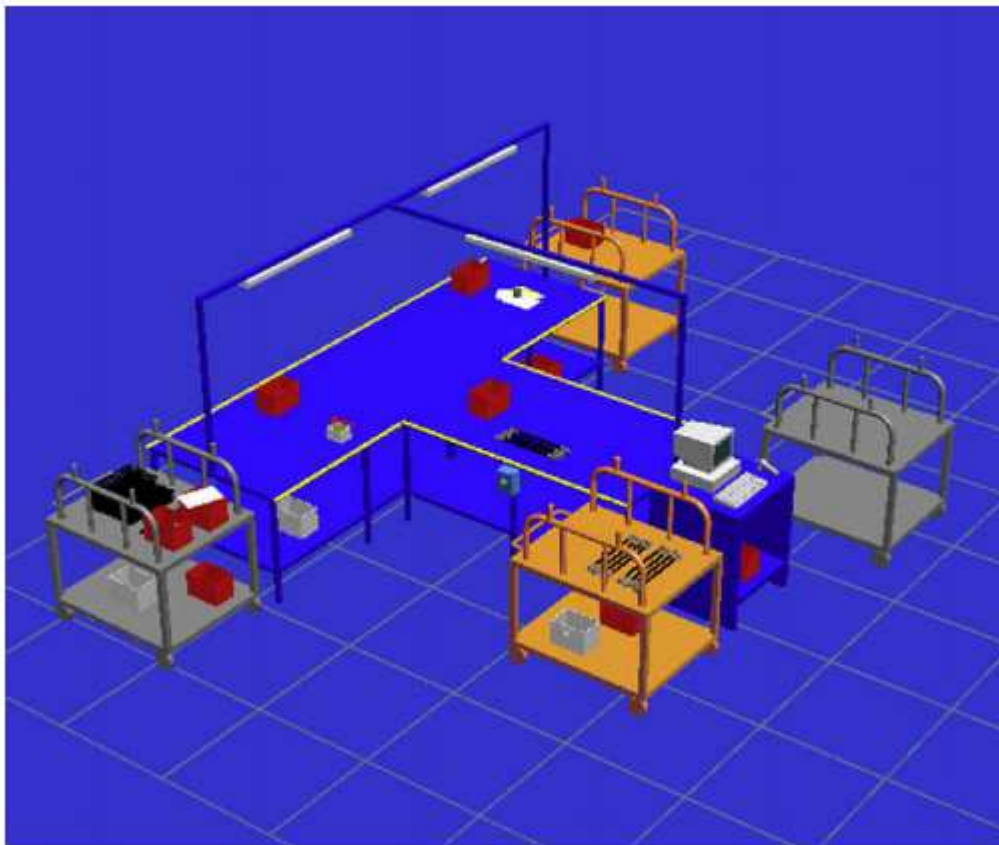
(EE= 1701.3 kcal و PT= 1104.64s که ما شاهد کاهش 2٪ در EE و 1/2٪ در PT هستیم). نتایج موجود در جدول 5، نشان می دهد که این چنین آثار مثبتی توسط رابطه متقابل بین فاکتورها و سطوح تقویت می شود. (مثلا رابطه متقابل بین SP و CP باعث کاهش EE و PT به ترتیب به میزان 17/5٪ و 13٪ می شود). تغییر در همه ی فاکتورها و سطوح باعث می شود تا بهترین کارایی ایستگاههای کاری تضمین شود، هم در زمینه ارگونومیک و هم در زمینه اندازه گیری کار. (EE= 1406.2 kcal و PT= 964.71 s که ما شاهد کاهش 19٪ در EE و 13/7٪ در PT می باشیم).

کاهش در زمان انجام فعالیت، بهره وری و بازدهی بالاتر را تضمین می کند: تولید 49 شلنگ هیدرولیک اضافی در روز (1083 شلنگ اضافی در ماه) با توجه به وضعیت نهایی ایستگاه کاری مونتاژ، روش طراحی، موارد زیر را نسبت به وضعیت کنونی پیشنهاد می کند:

(I) یک میز کار T شکل به طور یک در هر طرف آن یک اپراتور قرار بگیرد.

(II) مکان قرار گرفتن کامپیوتر به میز کار نزدیکتر باشد.

(III) دمنده هوا در موقعیتی نزدیکتر به میز کاری که مونتاژ بر روی آن انجام می شود، قرار گیرد.



شکل 6) ساختار نهایی ایستگاه کاری مونتاژ را نشان می‌دهد. (طراحی مناسب ارگونومیک)

حالا ایستگاه کاری تست فشار را در نظر بگیرید. فعالیتهایی که در این ایستگاه کاری انجام می‌شود به شش گروه متفاوت تقسیم شده است (به هر گروه یک فعالیت عمده گفته می‌شود)، به صورت زیر:

فعالیت عمده 1- اپراتور، ایستگاه کاری را برای عملیات تست راه‌اندازی و آماده می‌کند.

فعالیت عمده 2- اپراتور، شلنگهای هیدرولیک را برای تست شدن آماده می‌کند.

فعالیت عمده 3- اپراتور، شلنگهای هیدرولیک را از میز کار تا دستگاه تست جابجا می‌کند.

فعالیت عمده 4- اپراتور، شلنگهای هیدرولیک را به دستگاه تست متصل می‌کند، عملیات ایمنی را انجام می‌دهد و فاز تست کردن را شروع می‌کند.

فعالیت عمده 5- بعد از تست کردن، اپراتور به صورت چشمی کنترل را انجام می‌دهد و شلنگها را به روی میز کار منتقل می‌کند.

فعالیت عمده 6- اپراتور، عملیات تکمیلی را انجام می‌دهد.

جدول شماره 6، شامل زمان فعالیتهای برای هر فعالیت عمده می‌باشد. (زمانها بر حسب ثانیه می‌باشد و توسط تحلیل MTM-1 محاسبه شده‌اند).

مولفان، فعالیتهای عمده ها را در دو گروه بندی متفاوت، دسته بندی کرده اند:

فعالتهای آماده سازی (فقط یک بار برای تمام تولیدات یک سفارش انجام می شود) و فعالتهای سیکلی (به صورت سیکلی برای هر شلنگ هیدرولیک انجام می شود).

فعالتهای عمده 1 و 6 (ایستگاه کاری تنظیمات اولیه و عملیات تکمیلی) به دسته اول تعلق دارند. فعالتهای عمده 3 تا 5 متعلق به دسته دوم می باشد.

توجه کنید که تعداد دفعات این فعالیت عمده به روش انجام کار توسط اپراتور بستگی دارد.

فعالیت عمده 2، به صورت سیکلی انجام می شود اما زمان انجام فعالیت عمده 2، بر روی کل زمان تکمیل نهایی، فقط یکبار تاثیر می گذارد. (به عبارت دیگر بطور سیکلی در طی فعالیت عمده 4 تکرار می شود). بنابراین فعالیت عمده 2 باید در دسته اول قرار داده شود و جزء زمان آماده سازی محاسبه شود. حالا 4 روش متفاوت کار برای تست همزمان شلنگهای هیدرولیک در نظر بگیرید:

(1، 2، 3 یا 4 شلنگ را همزمان تست کردن) با در نظر گرفتن یک سفارش که از 12 شلنگ هیدرولیک تشکیل

شده است. در مورد ایستگاه کاری مونتاژ، برای هر یک از روشها تحلیل Burandt- Schultetus و OWAS

هیچ مشکلی را از نظر بلند کردن یا وضعیت بدن نشان نمی دهد.

Preparation				
	Macro-Activity 1 (s)	Macro-Activity 2 (s)	Macro-Activity 6 (s)	Total Preparation time (s)
Sc1	4.9	26.9	20.0	51.7
Sc2	5.3	36.7	23.4	65.4
Sc3	7.1	50.5	25.4	83.0
Sc4	8.3	68.1	26.3	102.7
Cyclic				
	Macro-Activity 3 (s)	Macro-Activity 4 (s)	Macro-Activity 5 (s)	Total working time (s)
Sc1	188.4	348.7	372.7	909.8
Sc2	86.7	234.4	273.2	594.3
Sc3	53.1	218.3	242.5	513.9
Sc4	43.1	223.6	242.7	509.3
		Energy Expenditure (kcal)	Total Time for completing the Shop Order (s)	
Total Time - Scenario 1		2165.67	961.5	
Total Time - Scenario 2		1521.95	659.7	
Total Time - Scenario 3		1504.93	596.9	
Total Time - Scenario 4		1644.84	612.0	

جدول (7) نتایج تحلیل MTM و Garg برای ایستگاه کاری تست فشار

در حالیکه در این زمینه، تحلیل های MTM و Garg نتایج مهمی را که می تواند برای طراحی مناسب ایستگاههای کاری از نظر ارگونومیک مورد استفاده قرار بگیرد به ما می دهد. (در زمینه انرژی مصرفی و زمان انجام عملیات). جدول (7)، شامل نتایج تحلیل های Garg و MTM برای هر روش می باشد. جدول (7) زمان فعالیت (PT) را بر حسب ثانیه برای فعالتهای آماده سازی (فعالتهای عمده 1 و 2 و 6) و فعالتهای سیکلی (فعالتهای عمده 3 و 5) به ما می دهد. به علاوه 4 ردیف آخر جدول (7)، به ما کل انرژی مصرف شده برای هر

روش و کل زمان برای عملیات تکمیلی سفارشات را به ما می‌دهد. روش کار بهینه با توجه به EE، روش سوم می‌باشد. در این روش، میزان انرژی مصرفی برای کامل کردن سفارش 1504.06 kcal می‌باشد.

روش سوم (3 شلنگ هیدرولیک به طور همزمان تست شود) همچنین کمترین زمان انجام فعالیت را نیز دارد. در این زمینه، کل زمان انجام فعالیت (9 min, 57s) 596.9s می‌باشد. توجه کنید که زمان انجام فعالیت حدود 38٪ نسبت به روش اول 9/6٪ نسبت به روش دوم و 2/5٪ نسبت به روش چهارم، بهبود یافته است. در این زمینه هم مانند ایستگاه کاری مونتاژ روش پیشنهاد شده توسط مولفان باعث دستیابی به طراحی مناسب ایستگاه کاری هم از نظر ارزش مصرفی و هم از نظر زمان انجام فعالیت شد.

6- نتیجه‌گیری:

این مقاله، یک روش مناسب برای طراحی مناسب ایستگاههای کاری واحدهای صنعتی پیشنهاد می‌کند. این روش پیشنهادی به صورت عملی در یک واحد صنعتی تولید شلنگهای هیدرولیک اجرا شده است. این روش طراحی حالت فعلی ایستگاههای کاری را با تنظیمات جایگزین به وسیله انجام تحلیل‌هایی خاص مقایسه می‌کند، این تحلیل‌ها توسط آزمایشهایی که به خوبی طراحی شده‌اند پشتیبانی می‌شود. اجرای آزمایشها، توسط یک مدل شبیه‌سازی شده که در یک محیط مجازی سه بعدی طراحی شده است، پشتیبانی می‌شود. شبیه‌سازی مدل با استفاده از یک نرم‌افزار CAD به نام (Pro- Engineer) و یک نرم افزار شبیه سازی به نام (eM- workplace) انجام می‌شود. با کاربرد این روش، مولفان به طراحی مناسب ایستگاههای کاری مونتاژ و تست فشار از نظر ارگونومیک دست یافتند. برای هر ایستگاه کاری، این روش احتیاج به تعریف پارامترهای چندگانه طراحی دارد:

فواصل و زوایای اشیاء برای ایستگاه کاری مونتاژ و 4 روش متفاوت کار برای ایستگاه کاری تست فشار.

در مورد ایستگاه کاری مونتاژ، این روش به ما اجازه می‌دهد تا، تاثیر هر پارامتر طراحی را بر معیارهای چندگانه کارایی ارزیابی کنیم. (نیروی مجاز برای بلند کردن، میزان فشار برای حالت‌های کاری، مصرف انرژی و زمان انجام عملیات) و نتیجه نهایی طراحی مناسب ایستگاه کاری مونتاژ از نظر ارگونومیک می‌باشد:

یک ایستگاه کاری جدید از نظر طرح استقرار که از چند جنبه‌ی ارگونومیک در زمینه مصرف انرژی و زمان انجام فعالیت بهبود یافته است. طراحی مناسب از نظر ارگونومیک همچنین برای ایستگاه کاری تست فشار، با انتخاب بهترین روش کار که چند شلنگ هیدرولیک به طور همزمان تست شود، بدست آمد. در نهایت، توجه کنید که

مولفان روشی را طراحی کرده‌اند که قادر به پشتیبانی از اعتبار خود برای ایستگاههای کاری متفاوت و سیستم‌های تولیدی متفاوت می‌باشد. این روش بر پایه مراحل می‌باشد که از تهیه یک مدل شبیه‌سازی ایستگاههای کاری واقعی شروع می‌شود، که این امر این امکان را می‌دهد تا پارامترهای چندگانه طراحی تعریف شود. همچنین این امر باعث می‌شود تا تاثیرات این پارامترها را بر روی معیارهای چندگانه ارگونومیک و زمان انجام عملیات بررسی شود و همچنین این امر باعث می‌شود تا ما به طراحی نهایی و تنظیمات نهایی ایستگاههای کاری دست یابیم.

علاوه بر همه این مسایل، ما در گام اول برای معرفی روش بهینه برای طراحی مناسب ایستگاههای کاری سیستم‌های تولیدی از طراحی آزمایش (DOE) استفاده کردیم. محققان در حال حاضر در همان واحد صنعتی مشغول بررسی و تحلیل ایستگاههای کاری باقیمانده در بخش مونتاژ و ایستگاههای کاری بخش عملیات مکانیکی هستند.

این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی