ارائه الگوی ارزیابی شرایط ارگونومیکی محیط کار با استفاده از مدل کانو و رویکرد ترکیبی آن با مدل QFD

پویا جبرائیلی[۱]، منوچهر امیدواری[۲]

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۲/۰۷ تاریخ ویرایش: ۹۳/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۲/۱۰

چکیده

زمینه و هدف: در دهه‌های اخیر توجه به فاکتورهای ارگونومیکی در طراحی محیط‌های کاری در حال افزایش بوده است. امروزه بیشتر ارزیاب‌های ارگونومیکی ایستگاه‌های کاری، جنبه‌های ارگونومیکی را یا از منظر نیازهای تکنیکی و یا از منظر نیازهای کارکنان بررسی می‌کنند که هرکدام از آن‌ها می‌تواند در افزایش کارایی طرح تأثیرگذار باشد؛ اما به نظر می‌رسد که دستیابی به یک مدل تلفیقی از این دو عامل می‌تواند در طراحی محیط کاری مؤثرتر واقع شود. ازاین‌رو هدف تحقیق حاضر ارائه الگویی تلفیقی شامل نیازهای کارکنان و نیازهای تکنیکی به‌منظور ارزیابی ارگونومیکی محیط کار است.

روش بررسی: تحقیق حاضر از نوع مطالعات توصیفی حل مدل است که یک روش ترکیبی از دو مدل کیفیتی، کانو و QFD را جهت توسعه طراحی بهینه محیط کاری ارائه می‌دهد. این تحقیق در بین ۳۵۰ نفر از کارکنان واحدهای صنعتی جهت شناسایی مشکلات مربوط به فاکتورهای ارگونومیکی محیط کاری آن‌ها انجام گرفته است. داده‌ها در قالب پرسشنامه‌های کانو جمع‌آوری شده، سپس وارد ماتریس خانه کیفیت شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. نهایتاً در قالب یک مدل ترکیبی، نیازهای ارگونومیکی مطلوب کارکنان و همچنین مشخصات فنی و مهندسی جهت طراحی بهینه، رتبه‌بندی شده‌اند.

یافته‌ها: مهم‌ترین فاکتور مربوط به نیازهای کارکنان، وجود تجهیزات ایمنی در محیط کاری و شرایط بهداشتی محیط کار مانند آلودگی هوا و شرایط استرس‌های حرارتی محیط کار بوده و مهم‌ترین فاکتور مربوط به نیازهای تکنیکی مربوط به هزینه انجام آن و وجود استانداردهای معتبر کشوری و توجه به‌راحتی انجام کار بوده است.

نتیجه‌گیری: مدیران واحدهای صنعتی لازم است استراتژی‌های بهینه‌ای را با توجه به نیازهای کارکنان و بازخورد اطلاعات دریافتی از آن‌ها اتخاذ کرده و با توجه به نیازهای تکنیکی در جهت تأمین آسایش و رضایت کارمندان خود اقدام نمایند به‌صورتی که با کمترین هزینه بهترین شرایط ارگونومیکی و رضایتمندی کارکنان حاصل گردد.

کلیدواژه‌ها: کانو، QFD، طراحی ارگونومیکی، مدیریت کیفیت.

مقدمه

محیط کار در سازمان‌ها از موضوعات مهمی است که پیوسته بر اهمیت و چگونگی مناسب بودن و کارا بودن آن برای نیروهای انسانی تأکید می‌شود؛ یک محیط خوب، می‌تواند بر رشد ارزش‌های پرسنل، افزایش توان و بهره‌وری آنان اثرگذار باشد، یک فرایند طراحی ارگونومیکی مناسب در محیط‌های کاری باعث کاهش چشمگیر فشارهای عصبی در چنین محیط‌هایی خواهد شد [۱]. به همین دلیل علم مدیریت فاکتورهای انسانی یا ارگونومی برای رهبران و مدیران سازمان از اهمیت بالایی برخوردار است.

ارگونومی علم طراحی تجهیزات، ماشین‌آلات، ابزار و محیط است به‌گونه‌ای که ویژگی‌های فیزیکی، روانی و بیومکانیکی انسان‌ها را در نظر گرفته و بهره‌وری کاری نیروهای انسانی را بهینه نماید [۲]. در شرکت‌هایی که برای طراحی فضای کاری خود از اصول ارگونومیکی پیروی نمی‌کنند، آمار مشکلات روانی و فیزیکی کارکنان به‌صورت معناداری در مقایسه با شرکت‌های دیگر بالاتر است که این عامل باعث افزایش میزان خستگی کارکنان در چنین شرکت‌هایی می‌شود [۳]. امروزه با پیچیده‌تر شدن ساختار و عملکرد سازمان‌ها، سازمان‌دهی محیط کار و ایجاد محیطی آرام و بهره‌ور در سازمان‌ها طوری که منجر به فعال شدن بیشتر نیروی انسانی، شادابی آن‌ها، حذف خطرات احتمالی،

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

۲- (نویسنده مسئول) استاد یار گروه مهندسی صنایع، دانشکده صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران. omidvari88@yahoo.com

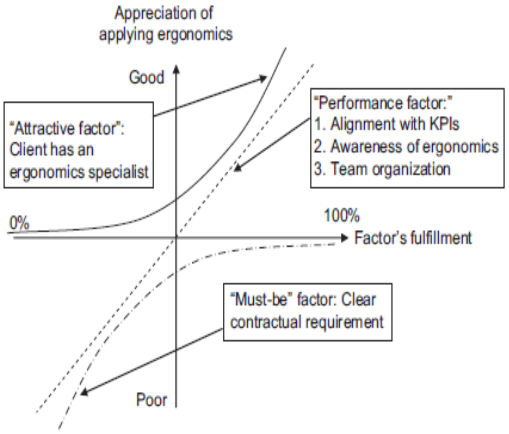
افزایش کیفیت در کار، کاهش افسردگی‌ها، رشد خدمات مثبت و در نهایت دستیابی به بهره‌وری مورد نظر شود، از دغدغه‌های مدیران اجرایی و سرپرستان سازمان‌ها است. نتایج حاصل از مطالعات مربوط به نیروهای انسانی، نشان می‌دهد که توسعه نیروهای انسانی بهره‌ور به‌طور مستقیم در دستیابی به بسیاری از اهداف سازمانی نقش بسزایی دارد.

مسئله‌ای که باید در اینجا بدان اشاره کنیم، این است که شرایط ارگونومیکی محیط کار خود یکی از عناصر طراحی مهندسی در چنین محیط‌هایی بوده و ارزیابی این شرایط نقش زیادی در طراحی مناسب، خواهد داشت. لیکن به نظر می‌رسد در محیط‌های صنعتی در ایران، این شرایط در طراحی‌های مهندسی مدنظر قرار گرفته نمی‌شود، ازاین‌رو هزینه‌های هنگفت و انرژی کلان نیروی انسانی تا حد زیادی به هدر رفته و در نتیجه بهره‌وری و کارایی نیروی انسانی کاهش پیدا می‌کند، بنابراین انجام تحقیقاتی در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد تا با توجه به زمینه‌های فرهنگی و شرایط اقلیمی، بتوان فاکتورهای ارگونومیکی مدنظر را اولویت‌بندی کرد. در ارتباط با موضوع فاکتورهای ارگونومیکی محیط کار، تحقیقات زیادی توسط محققین دیگر انجام شده است از آن جمله می‌توان به تحقیقات انجام شده توسط هلاندر[1]، مارسوت[2] و آدیلا[3] اشاره نمود [۴، ۵]، [۶] ولی در تمامی این تحقیقات تنها فضای کاری نزدیک به نیروی انسانی مانند میز کامپیوتر و یا صندلی کاری مدنظر محققین بوده است درحالی‌که در تحقیق حاضر سعی بر آن بوده که علاوه بر فضاهای نزدیک به نیروهای کاری، محیط پیرامونی و ابزارآلات نیز مدنظر قرار گیرد.

بسیاری از شرکت‌های تولیدی و خدماتی، تمرکز بیشتری روی میزان تولید و حداکثر خروجی از نیروهای کاری خود دارند و کمتر به عوامل انسانی و فاکتورهای ارگونومیکی توجه می‌کنند از همین رو در صنایع تولیدی کشور، جای مهندسین عوامل انسانی خالی بوده و یا به‌ندرت وجود دارند. چراکه اکثر سازمان‌ها به افزایش تولید و سود کوتاه‌مدت خود فکر کرده و کمتر به صدمات روحی و جسمی ناشی از انجام نادرست کارها توسط کارکنان خود بها می‌دهند. طراحی ارگونومیکی مناسب همواره محدودیت و ظرفیت نیروهای کاری در هنگام استفاده از ماشین‌آلات و ابزار مورد استفاده در محیط کاری را مدنظر دارد [۴] و [۷]. علم طراحی ارگونومیکی روی ارتباطات بین اهداف سازمان و محیط سازمان با فاکتورهای انسانی متمرکز است، بنابراین ارزیابی فاکتورها توسط نیروهای انسانی نقش بسزایی در نحوه طراحی مهندسی این نوع محیط‌ها خواهد داشت [۸] و [۹]. در تعامل بین انسان و ایستگاه کاری این موضوع از اهمیت بسزایی برخوردار است که ایستگاه کاری با شغل و شغل با نیازهای انسانی هماهنگ باشد و همچنین فضای کاری بر اساس ویژگی‌های بیومکانیکی و آنتروپومتری انسان طراحی شده باشد [۱۰] و [۱۱]. طراحی مناسب ایستگاه‌های کاری نقش بسزایی در کاهش آسیب‌های فیزیکی دارد که مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است [۱۲]. توجه به این فاکتور علاوه بر اینکه در افزایش کارایی کارکنان مؤثر بوده است، باعث افزایش رضایت آنان نیز شده که نهایتاً باعث افزایش کیفیت کار و محصولات تولیدی در کارخانجات مونتاژ محصولات الکترونیکی شده است [۱۳]. همچنین استفاده از ماوس و کیبورد مناسب جهت استفاده اپراتورهای کامپیوتر نقش زیادی در کاهش خستگی و آسیب‌های عضلانی دارد [۱۴] و [۱۵]. تحقیقات نشان می‌دهد طراحی مناسب کلاه ایمنی و توجه به نیازهای کارکنان در مورد راحتی استفاده و مناسب بودن طراحی آن، در افزایش رضایت و کیفیت کار و ایمنی آن‌ها مؤثر می‌باشد [۱۶]. همچنین یک مدل ارزیابی شرایط ارگونومیکی محیط کار در مورد صدا و آنالیز ویژگی‌های صدایی در محیط کاری ارائه شده است که شامل اطلاعات مفیدی در مورد نحوه طراحی ایستگاه‌های کاری از لحاظ شرایط صوتی می‌باشد [۱۷].

پرسش اصلی تحقیق حاضر، مهم‌ترین پارامترهای ارگونومیکی در طراحی محیط‌های کاری با توجه به شرایط اجتماعی، جغرافیایی حاکم در یک منطقه با رویکرد نیازهای فردی و تکنیکی چیست؟ هدف این

[1]. Helander
[2]. Marsot
[3]. Adila



شکل ۱- مدل رضایت مشتری کانو [۱۸]

مطالعه ارائه الگویی جهت ارزیابی شرایط ارگونومیکی در محیط‌های کاری و تعیین اولویت‌های طراحی با رویکرد تلفیقی فردی و تکنیکی با استفاده از مدل‌های کانو و QFD می‌باشد. در حقیقت هدف نهایی ما از انجام این تحقیق رتبه‌بندی خصوصیات و مشخصه‌های ارگونومیکی مورد مطالعه در صنایع مستقر در شهرک صنعتی شماره ۱ شهر زنجان می‌باشد.

مدل کانو: نوریاکی کانو[۴] اولین شخصی بود که روشی را جهت شناسایی نیازها و انتظارات مشتری با استفاده از تکنیک طبقه‌بندی ترجیحات توسعه داد [۱۸]. در زمان‌های گذشته، رضایت مشتریان بر روی ساختار یک‌بعدی نگریسته می‌شد، بدین معنی که هر چه کیفیت محصول دریافت شده بیشتر باشد رضایت مشتری نیز به همان اندازه افزایش می‌یابد و برعکس. در تحقیقی ژانگ[۵] و همکارانش اشاره کردند که نوع و اندازه نیاز مشتریان می‌تواند بر کیفیت محصول دریافت شده و در نتیجه رضایت آنان اثرگذار باشد [۱۹]. در حقیقت مدل کانو نیازها و مشخصه‌های کیفی هر محصول را به سه طبقه تقسیم نموده که هر طبقه بیانگر یک نوع مشخص از نیازهای مشتری می‌باشد. در این مدل سه نوع نیاز برای استفاده‌کنندگان تعریف شده است که این سه نوع نیاز نقش زیادی در افزایش رضایت مشتریان دارند [۲۰].

- باید باشد[۶] (نیازهای الزامی و اساسی): این نوع نیاز، کیفیتی از محصول و خدمات را نشان می‌دهد که از نظر مشتری حتماً باید وجود داشته باشد و در صورت وجود به تنهایی سبب رضایتمندی نمی‌شود ولی در صورت عدم وجود باعث نارضایتی می‌گردد. این نوع ویژگی از نوع ویژگی‌های اساسی محصولات به‌حساب می‌آید.
- یک‌بعدی[۷] (نیازهای عملکردی): بیانگر کیفیتی است که در صورت وجود رضایت و در صورت عدم وجود نارضایتی ایجاد می‌کند. این نوع نیازها معمولاً به‌صورت صریح به‌وسیله مشتری تقاضا می‌شود [۱۹].
- جذابیت[۸] (نیازهای جذاب): بیانگر کیفیتی است که در صورت عدم وجود نارضایتی ایجاد نمی‌کند ولی در صورت وجود رضایت ایجاد خواهد کرد. این نیازها آن ویژگی‌های محصول هستند که اثر بیشتری بر میزان رضایت مشتری داشته و میزان رضایت وی را افزایش می‌دهند. این نوع نیازها معمولاً به‌صورت صریح توسط مشتریان بیان نشده و یا مورد انتظار واقع نمی‌شود.

تمامی این نیازها در شکل ۱ در مدل کانو نشان داده شده است. برخی از نیازها مانند نیازهای تک‌بعدی با رضایت‌مندی مشتریان رابطه خطی داشته درحالی‌که برخی دیگر مانند نیازهای جذابیت دارای ارتباط نمایی می‌باشد که بیان‌کننده اهمیت آن‌ها است.

4. Kano, Noriaki
5. Zhang
6. Must be
7. One dimensional
8. Attractive

مدل QFD: آرایش عملکرد کیفیت (QFD) ابزاری است قدرتمند برای توسعه محصولات و خدمات که امکان ترجمه و تبدیل صدای مشتری به ویژگی‌های طراحی مهندسی را فراهم ساخته تا موجب رضایت مشتری شود [۲۱] و [۲۲]. همچنین ابزار مؤثری برای افزایش بهره‌وری و کاهش زمان و منابع موردنیاز جهت طراحی صحیح مهندسی است [۲۳].QFD می‌تواند به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های مهم طراحی مهندسی محصولات با توجه به نیازهای مشتریان مورد استفاده قرار گیرد [۲۴].

شایان ذکر است که در مورد طراحی مهندسی محیط‌های کاری محدودیت‌هایی مانند فضا و هزینه وجود دارد که این محدودیت‌ها باعث ایجاد تغییراتی در نوع طراحی‌ها شده و ممکن است باعث ایجاد نارضایتی در بین کارکنان واحدهای تولیدی شود [۲۵]. افزایش ایمنی و طراحی ارگونومیکی در محیط‌های کاری باعث افزایش هزینه‌های شرکت‌ها خواهد شد بنابراین باید نیازهای مشتریان و ویژگی‌های مهندسی رتبه‌بندی شده و به ترتیب اولویت مورد توجه مدیران و تصمیم‌گیرندگان قرار گیرد [۲۶]. کیفیت بالا همواره با توجه به نیازهای مشتریان تعیین می‌شود ولی وجود بعضی محدودیت‌ها مانند هزینه و نیروی انسانی متخصص باعث می‌شود که مدل QFD به‌صورت کارآمدی از منابع در دسترس جهت نیل به اهداف کیفیتی و طراحی مهندسی استفاده نماید [۲۷] و [۲۸].

مدل ترکیبی QFD-Kano: در مدل کانو به کمک پرسشنامه‌هایی سعی می‌شود فاکتورهای ارگونومیکی در قالب مشخصه‌های کیفیتی مورد نظر طبقه‌بندی شوند. دلیل استفاده از مدل کانو در این تحقیق آن است که به مقوله کیفیت با توجه به رضایت و انتظار کارکنان نگریسته شود بطوریکه شاخص‌هایی که جنبه نگهدارنده دارند قادر به ایجاد رضایتمندی نبوده و شاخص‌هایی که جنبه انگیزاننده دارند می‌توانند سبب ایجاد انگیزه و رضایتمندی در فرد شود. مثلاً اگر از پارامتر کیفیتی انتظار وجود داشتن داشته باشیم و آن کیفیت وجود داشته باشد وجود آن ایجاد رضایت نخواهد کرد بهترین مثال در این مقوله ترمز ماشین است که عدم کارکرد آن باعث ایجاد نارضایتی خواهد کرد زیرا همه از یک ماشین انتظار داشتن یک سیستم ترمزی ایمن را دارند؛ بنابراین هرکدام از مشخصه‌های ارگونومیکی کیفی مورد بررسی، باید ابتداً از لحاظ مدل کانو در طبقه‌بندی مناسب خود، طبقه‌بندی شوند و در مرحله بعد این مشخصه‌های طبقه‌بندی شده وارد مدل QFD شوند. مدل QFD ابزاری است برای ترجمه مشخصه‌های کیفی به‌خصوصیات فنی مناسب در تمامی مراحل توسعه کالا و خدمات و همچنین تلفیق آن مدل با مدل کانو ابزاری مناسب برای اولویت‌بندی مشخصه‌های کیفی خواهد بود.

خانه کیفیت: مدل QFD غالباً جهت تعیین ویژگی‌های طراحی در مورد محصولات و کالاهای جدید مورد استفاده قرار می‌گیرد. فاز اصلی در این مدل ترسیم خانه کیفیت می‌باشد. در اغلب تحقیقات انجام شده در مورد QFD از خانه کیفیت جهت ترکیب نیازهای مشتریان، مشخصه‌های طراحی، ویژگی‌های محصول، فرایندهای ساخت و همچنین کنترل عملیات تولیدی استفاده می‌شود. اهمیت اصلی خانه کیفیت در توانایی آن در تبدیل خواسته‌های افراد به ویژگی‌های فنی و نهایتاً ارزش‌گذاری هر یک از مشخصه‌های کیفی و فنی نهفته است. خانه کیفیت جهت درک نیازها و چگونگی پاسخ‌گویی به آن‌ها توسط محققین مورد استفاده قرار می‌گیرد بدین‌صورت که طی فرایندی سیستماتیک آنچه که مورد توجه افراد قرار دارد، به آنچه که می‌تواند انجام گیرد ترجمه می‌شود و سپس اولویت‌بندی آن‌ها نیز انجام می‌پذیرد [۲۹]. نتایج به دست آمده از مدل کانو ورودی خانه کیفیت بوده و در حقیقت ترکیبی از مدل‌های کانو و QFD خواهد بود. با کامل شدن دیاگرام خانه کیفیت ما قادر خواهیم بود تا ویژگی‌های مهندسی مورد استفاده در شرایط ارگونومیکی محیط کار را اولویت‌بندی کنیم [۳۰].

روش بررسی

این مطالعات در شهرک صنعتی شماره یک شهرستان زنجان انجام گرفته، صنایع این شهرک صنعتی در چهار گروه مختلف گروه بندی شده‌اند که عبارت‌اند از:

- صنایع مربوط به مواد و محصولات شیمیایی
- صنایع چوب و مبلمان
- صنایع غذایی و آشامیدنی
- صنایع ریخته‌گری و ماشین‌کاری

برای هرکدام از این صنایع حداقل چهار واحد تولیدی مورد مطالعه قرار گرفته است. شرایط ارگونومیکی در قالب سه بخش عمده فضای کاری، ماشین‌آلات و محیط پیرامونی طبقه‌بندی شده است. فضای کاری که غالباً شامل میز و صندلی است دارای ۱۱ فاکتور، ماشین‌آلات مورد استفاده کارکنان دارای ۴ فاکتور و محیط پیرامونی دارای ۴ فاکتور می‌باشد. در مجموع ۱۹ فاکتور بررسی شده است که در جدول ۱ نشان داده شده است.

در این تحقیق از پرسشنامه‌های کانو برای ارزیابی درجه اهمیت پارامتر مورد نظر در میزان رضایت‌مندی افراد استفاده شده است و از مدل QFD جهت ترجمه و اولویت‌بندی پارامترهای ارگونومیکی انتخاب شده از مدل کانو استفاده شده است. در تحقیق حاضر از پرسشنامه مدل کانو جهت جمع‌آوری داده‌ها استفاده شده است. ابتدا تعداد ۱۹ فاکتور مربوط به شرایط ارگونومیکی محیط کار مورد سؤال قرار گرفته است که هر فاکتور شامل دو سؤال از جنبه مثبت و منفی است. به‌طور مثال در مورد ارتفاع صندلی کار در سؤال اول پرسیده شده است که چه احساسی دارید اگر صندلی کار شما ارتفاع مناسب داشته باشد؟ و در سؤال دوم پرسیده شده است که چه احساسی دارید اگر صندلی کار شما ارتفاع مناسب نداشته باشد؟ و جواب‌ها در رنج "دوست دارم؛ انتظارش را دارم؛ بی‌تفاوتم؛ می‌توانم قبول کنم؛ دوست ندارم، قرار دارند.

در پرسشنامه دوم از کارمندان مورد مطالعه خواسته شده است تا میزان اهمیت هر فاکتور را در دامنه "بسیار مهم است" تا "اصلاً مهم نیست" بیان نمایند. تمامی فاکتورهای مورد مطالعه در مدل کانو در قالب ۴ بخش طبقه‌بندی شده‌اند که شامل: باید باشد (M)، جذاب (A)، یک‌بعدی (O) و بی‌تفاوت (I) هستند. بخش بی‌تفاوت مربوط به نیازهایی است که کارکنان واحدهای تولیدی،

جدول ۱- طبقه بندی فاکتورهای ارگونومیکی [۶]

	فاکتور	مشخصه فنی	توضیحات
فاکتورهای مربوط به فضای کاری (میز و صندلی)	۱	اندازه فضای کاری	ابعاد مربوط به میز و صندلی مورد استفاده کارکنان
	۲	فضای پاها	وجود فضای کافی جهت قرارگیری پاها و استراحت آنها
	۳	ارتفاع صندلی	مناسب و قابل تغییر بودن ارتفاع صندلی کاری
	۴	پشتی صندلی	وجود یک پشتی برای راحتی هنگام نشستن روی صندلی کاری
	۵	ارتفاع میز کار	مناسب و قابل تغییر بودن ارتفاع میز کاری
	۶	انبار موقت	وجود یک انبار موقت برای کالاهای ساخته شده و یا در حال ساخت نزدیک فضای کاری
	۷	انعطاف پذیری فضای کاری	تغییر پذیر بودن فضای کاری در همه جهات
	۸	استحکام فضای کاری	صندلی و میز کاری از جنسی با قابلیت و استحکام بالا تهیه شود
	۹	صاف و صیقلی بودن سطوح	سطوح مورد استفاده در کار از آسیب زدن به بدن دور باشد
	۱۰	وجود تجهیزات ایمنی	در فضای کاری شما و نزدیک به آن تجهیزات ایمنی وجود داشته باشد
	۱۱	تجهیزات اضافی	در فضای کاری علاوه بر تجهیزات معمول تجهیزات اضافی جهت کمک به انجام بهتر کارها وجود داشته باشد
فاکتور های مربوط به تجهیزات	۱۲	دسترسی راحت به تجهیزات	فضای کاری شما به گونه ای طراحی شده که دسترسی به ابزار برای شما ساده است
	۱۳	وجود تجهیزات مناسب با کار	تجهیزات نیاز ها را جهت انجام درست کارها برآورده میکند
	۱۴	سهولت کاربرد تجهیزات	عدم وجود پیچیدگی در استفاده از ابزار مورد نیاز
	۱۵	اطمینان از ایمنی ابزار	رعایت ایمنی در ابزار مورد استفاده
فاکتورهای مربوط به محیط پیرامونی	۱۶	اهمیت دمای محیط کار	دمای محیط پیرامونی جهت انجام درست کارها به خوبی طراحی شده است
	۱۷	اهمیت صدای محیط کار	محیط کار از نظر کنترل صدا به خوبی طراحی شده است
	۱۸	اهمیت نور محیط کار	محیط کار از نظر روشنایی به خوبی طراحی شده است
	۱۹	توجه به آلودگی هوا	محیط کار از نظر کنترل آلودگیها به خوبی طراحی شده است

اهمیتی برای کیفیت آن فاکتور قائل نیستند.

ارزیابی و تحلیل پرسشنامه: پس از اینکه پرسشنامه توزیع شده بین کارکنان، جمع‌آوری شد نوبت به ارزیابی و تحلیل پرسشنامه می‌رسد. برای این کار ابتدا باید پاسخ‌های کارکنان به سؤالات مختلف در ماتریس نتایج جمع‌آوری شود. برای تبدیل نظرات کارکنان به اطلاعات مورد استفاده در ماتریس نتایج باید با جدول ارزیابی کانو آشنا باشید. وظیفه اصلی این جدول تبدیل دو بخش هر سؤال به یک پاسخ می‌باشد که بتوان آن را به ماتریس نتایج منتقل نمود. پاسخ‌های موجود در جدول کانو در چهار طبقه دسته‌بندی می‌شوند. در جدول ۲ ارزیابی کانو همراه با چهار طبقه پاسخ ارائه شده است. پس از اینکه از جدول ارزیابی کانو پاسخ‌های مربوط به هر سؤال را استخراج نمودیم وارد آخرین مرحله مدل کانو یعنی فاز تحلیل نتایج می‌شویم.

با استفاده از جدول ۲ هنگامی‌که فرد iام به سؤال jام پاسخ می‌دهد تقاطع پاسخ‌های مطلوب و نامطلوب وی را از جدول ارزیابی کانو پیدا کرده و به ماتریس نتایج منتقل می‌کنیم. پس از اینکه پاسخ قابل‌انتقال به ماتریس نتایج را از جدول ارزیابی کانو یافتیم به ماتریس نتایج رفته در برابر سؤال jام و در زیر طبقه مشابه پاسخ استخراج شده یک عدد اضافه می‌کنیم. بنابراین پس از انتقال پاسخ‌های تمامی پاسخ‌دهندگان به ماتریس نتایج، برای هر ویژگی محصول ما n پاسخ داریم که در چهار طبقه مختلف گسترده شده‌اند. در مرحله بعد به تحلیل پرسشنامه بر اساس بیشترین فراوانی می‌پردازیم. در این مرحله از بین پاسخ‌های مربوط به هر سؤال آنکه بیشترین فراوانی را داشته انتخاب می‌کنیم و آن را به‌عنوان طبقه مربوط به ویژگی iام برمی‌گزینیم.

به‌طور مثال در تحقیق حاضر فاکتور شماره ۴ یعنی پشتی صندلی در طبقه‌بندی کانو در طبقه O قرار گرفته است که نشان می‌دهد که در جدول ماتریس نتایج به دست آمده برای این فاکتور، این طبقه دارای بیشترین فراوانی بوده است. هر یک از فاکتورهای مورد مطالعه نیاز به ضریب رضایت مشتری دارند [۳۱]. درعین‌حال دستیابی به ضریب عدم رضایت در مورد آن فاکتورها نیز ضروری است؛ بنابراین دو مقدار CS و CD برای هر فاکتور محاسبه شده است [۳۲]. مقادیر CS و CD تأثیر هر یک از فاکتورهای مورد مطالعه روی احساس کارکنان از رضایتمندی را نشان می‌دهد، بدین‌صورت که میزان حداقل و حداکثر افزایش در رضایت مشتریان را در صورت برآورده شدن این فاکتور، نشان داده است. این پرسشنامه در بین ۳۵۰ نفر از نیروهای کاری شهرک صنعتی شماره یک زنجان توزیع و جمع‌آوری شده است. کلیه پرسشنامه‌ها به‌صورت حضوری و با حضور محقق تکمیل شده تا خطای ناشی از عدم درک سؤال و عدم تکمیل درست پرسشنامه به حداقل برسد. از بین این ۳۵۰ پرسشنامه تعداد ۳۴۰ پرسشنامه تکمیل شد که نرخ بازگشت این پرسشنامه‌ها ۹۷ درصد بوده است. روایی و پایایی پرسشنامه‌ها با استفاده از روش اجماع خبرگان دلفی و ضریب آلفای کرونباخ (α=۰/۷۸) مورد تائید قرار گرفت.

$$\text{Customer satisfaction, CS (better)} = (A + O)/(A + O + M + I) \quad (1)$$

$$\text{Customer dissatisfaction, CD (worse)} =$$

جدول ۲- ماتریس نتایج در مدل کانو [۳۱]

	فاکتورهای ارگونومیکی	نا مطلوب				
		من این ویژگی را دوست دارم	انتظار این ویژگی را دارم	برای من فرقی ندارد	می توانم با آن کنار بیایم	ترجیح می دهم این ویژگی نباشد
مطلوب	من این ویژگی را دوست دارم		A	A	A	O
	انتظار این ویژگی را دارم		I	I	I	M
	برای من فرقی ندارد		I	I	I	M
	می توانم با آن کنار بیایم		I	I	I	M
	ترجیح می دهم این ویژگی نباشد					

علائم اختصاری A ، O ، I و M به ترتیب بیانگر "جذابیت"، "یک بعدی"، "بی تفاوتی" و "باید باشد" در طبقه بندی مدل کانو هستند.

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
		مشخصه های فنی								
فاکتورهای ارگونومیکی مورد نظر	اهمیت ارائه شده توسط افراد(i)	ارتباط بین فاکتورهای ارگونومیکی و مشخصه های فنی	طبقه بندی کانو	مقدار K	رضایت افراد (u)	تارگت رضایت کارکنان (t)	فاکتور تعدیل (f)	نسبت بهبودی(R_0)	نسبت بهبود تعدیل یافته (R_1)	اهمیت تعدیل شده است (j)
		وزن مطلق(AW)								
		اهمیت مطلق(AI)								

j: Adjustment Importance	t : Target	
R_1: Adjusted Improvement ratio	u : User satisfaction	
R_0: Improvement ratio	K : K value	
f : Adjustment factor	AW: Absolute weight	
i : User importance	AI : Absolute importance	

شکل ۲- خانه کیفیت [۶]

$$(M + O)/ (A + O +M +I) \qquad (2)$$

پرسشنامه QFD: جهت نیل به اهداف تحقیق، علاوه بر استفاده از پرسشنامه‌های کانو، از پرسشنامه مربوط به QFD و مصاحبه با افراد متخصص استفاده شده است. در مورد افراد متخصص با افرادی مصاحبه شده است که دارای حداقل یک ویژگی از سه ویژگی زیر باشند:

- کارگران تولیدی حداقل با ۱۰ سال سابقه در صنعت مورد بررسی
- سرپرستان خط تولید حداقل با ۵ سال سابقه سرپرستی
- مدیران ستادی که تجربه کافی جهت پاسخگویی به پرسشنامه‌های QFD را دارند.

مجموعاً حدود بیست نفر از افراد متخصص مورد مصاحبه قرار گرفته‌اند. شکل شماره ۲ نشان‌دهنده دیاگرام خانه کیفیت است که در تحقیق حاضر مورد مطالعه قرار گرفته است.

تکمیل خانه کیفیت: با توجه به شکل شماره ۲ می‌توان فهمید که دو گام اساسی جهت پر نمودن دیاگرام خانه کیفیت وجود دارد در گام اول کیفیت مورد نظر یا همان (What list) که توسط مدل کانو مورد ارزیابی قرار می‌گیرد[۳۳]. در گام دوم ویژگی‌های مهندسی و یا همان (How List) که میزان ارتباط بین این دو از طریق پرسشنامه QFD و مصاحبه متخصصین به دست خواهد آمد.

در بخش نیازمندی کارکنان، اولین مرحله، کیفیت مورد نظر می‌باشد. این کیفیت‌ها همان فاکتورهای ۱۹ گانه‌ای است که به‌عنوان شرایط ارگونومیکی محیط کار مورد بررسی قرار گرفته است (ستون اول). در ستون دوم (User Importance) اعداد به دست آمده از قسمت دوم پرسشنامه کانو قرار خواهند گرفت. بدین‌صورت که اعداد ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ به ترتیب نشان‌دهنده‌ی وزن اصلاً مهم نیست تا خیلی مهم است خواهند بود.

ستون سوم (r) ارتباط بین کیفیت مورد نظر و مشخصات فنی و مهندسی را نشان می‌دهد در حقیقت ارتباط بین Whats و Hows. در ستون چهارم طبقه‌بندی کانو نشان داده می‌شود و ستون پنجم حاوی مقدار K است که یکی از مقادیر ۰، ۰/۵، ۱ یا ۱/۵ را می‌گیرد که به ترتیب نشان‌دهنده طبقه‌بندی فاکتورها به‌صورت بی‌تفاوت (I)، باید باشد (M)، یک‌بعدی (O) و جذاب (A) است [۲۸]. ستون ششم رضایت کارکنان (u) است که مقدار آن برای هر فاکتور متوسط مقادیر اهمیتی است که از پرسشنامه استخراج شده است. ستون هفتم تارگت رضایت کارکنان (t) است که بالاترین عدد اهمیتی است که هر فاکتور کسب کرده است. ستون هشتم فاکتور تعدیل (f) نامیده شده است

که مقدار آن توسط تونتینی[9] پیشنهاد شده است[۳۴].

$$f = \max([CS], [CD]) \quad (3)$$

Where; CS = Customer satisfaction
CD = Customer dissatisfaction
f= Adjustable factor

ستون نهم شامل نسبت بهبودی است (R0) که عبارت است از نسبت تارگت رضایتمندی بر رضایتمندی کارکنان که با توجه به فرمول زیر به دست می‌آید [۳۵].

$$R0 = t/u \quad (4)$$

Where; t = User satisfaction target
u = User importance
R0= improvement ratio

نسبت بهبود تعدیل یافته (R1) در ستون دهم نشان داده شده است که این فرمول باعث تداخل مدل‌های کانو و QFD خواهد شد[۱۷].

$$R1 = (1+f)\, k \times R0 \quad (5)$$

Where; f = Adjustment factor
k = Kano Category
R1 = Adjusted Improvement ratio

ستون آخر شامل اهمیت تعدیل شده است (j) که حاصل‌ضرب ستون دوم (i) در ستون دهم (R1) می‌باشد[۳۶]. مقدار این ستون درک صحیحی از اولویت‌بندی فاکتورها را با توجه به نظر کارکنان فراهم می‌کند.

در بخش مربوط به نیازهای تکنیکی که شامل ستون سوم خواهد بود، اولین ردیف مربوط به ویژگی‌های مهندسی است. این ویژگی‌ها برای رسیدن به کیفیت مورد نظر از اهمیت زیادی برخوردار هستند. در این بخش، از نیازمندی‌های فنی جهت برآورده کردن کیفیت مورد نظر استفاده شده است. در ردیف دوم با توجه به نظر متخصصین ارتباط بین نیازهای فنی و کیفیت در قالب اعداد از ۱ تا ۵ و از خیلی ضعیف به خیلی قوی درجه بندی شده است. در ردیف سوم، وزن مطلق هرکدام از ویژگی‌های مهندسی (AW) و در ردیف چهارم اهمیت مطلق آن فاکتور (AI) به دست آمده است.

$$\text{Absolute weight, } AW = \sum i \times r \quad (6)$$

$$\text{Absolute importance, } AI = \sum j \times r \quad (7)$$

Where; i = User importance
j = Adjustment importance
r = relationship rating

اهمیت و وزن مطلق، اطلاعات مفیدی در مورد ویژگی‌های مهندسی ارائه می‌کنند، چراکه می‌توان رتبه‌بندی و اولویت‌بندی این ویژگی‌ها را بر اساس آن‌ها انجام داد.

یافته‌ها

این تحقیق در مجموع در بین ۱۶ شرکت مستقر در شهرک صنعتی زنجان انجام گرفت که نتایج حاصل از مشخصات دموگرافی جامعه مورد بررسی در جدول ۳ نشان داده شده است.

نتایج حاصل از پرسشنامه کانو با استفاده از دو شاخص CS و CD در جدول شماره ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول ۴ مشخص است پارامترهایی مانند استحکام و وضعیت سطوح از درجه بالای کانو و یا الزامات کیفیتی در محیط کار محسوب شده است و سایر پارامترها از درجه یک‌بعدی و بی‌تفاوت که از درجه‌های پایین مدل کانو است برخوردار شده‌اند. نتایج حاصل از تکمیل خانه کیفیت در جدول ۵ نشان داده شده است.

[9]. Tontini

جدول ۵- نتایج بدست آمده از تکمیل خانه کیفیت

فاکتور	مشخصات مهندسی / کیفیت مورد نظر	اهمیت کارکنان (i)	استانداردهای کشوری ضخامت متریال	عملیات اتصالی	نوع متریال مورد استفاده	وزن متریال مورد استفاده	عملیات اتمام سازی	هزینه های اجرا	ابعاد وسایل مورد استفاده	راحتی انجام	زمانبری	طبقه بندی کانو	مقدار K	رضایت کارکنان (u)	تارگت (t)	فاکتور تعدیل (f)	نسبت بهبودی (R_0)	نسبت بهبود تعدیل یافته (R_1)	اهمیت تعدیل شده (j)
۱	اندازه فضای کار	۳	۵ ۱	۱	۱	۳	۱	۵	۵	۵	۱	I	۰	۳/۹۱	۵	۰/۵۰	۱/۲۸	۱/۲۸	۳/۸۴
۲	فضای پاها	۳	۴ ۲	۲	۱	۳	۱	۲	۵	۵	۴	I	۰	۳/۵۸	۵	۰/۲۴	۱/۴۰	۱/۴۰	۴/۱۹
۳	ارتفاع صندلی	۳	۳ ۲	۱	۱	۳	۱	۱	۵	۵	۴	I	۰	۳/۷۰	۵	۰/۴۱	۱/۳۵	۱/۳۵	۴/۰۵
۴	پشتی صندلی	۳	۳ ۲	۱	۱	۳	۱	۲	۳	۵	۴	O	۱	۳/۷۶	۵	۰/۵۹	۱/۳۳	۲/۱۱	۶/۳۴
۵	ارتفاع میز کار	۳	۴ ۱	۱	۱	۳	۱	۲	۵	۵	۴	I	۰	۳/۸۸	۵	۰/۳۲	۱/۲۹	۱/۲۹	۳/۸۷
۶	انبار موقت	۲	۱ ۱	۱	۱	۱	۱	۳	۱	۱	۴	I	۰	۲/۷۶	۵	۰/۱۲	۱/۸۱	۱/۸۱	۳/۶۲
۷	انعطاف پذیری فضای کار	۳	۱ ۱	۲	۵	۳	۳	۳	۴	۵	۲	I	۰	۳/۵۰	۵	۰/۵۹	۱/۴۳	۱/۴۳	۴/۲۹
۸	استحکام فضای کاری	۳	۱ ۴	۴	۵	۵	۳	۳	۳	۱	۳	M	۰/۵	۳/۸۸	۵	۰/۵۹	۱/۲۹	۱/۶۲	۴/۸۷
۹	صاف و صیقلی بودن سطوح	۳	۳ ۲	۲	۵	۴	۵	۳	۱	۱	۳	M	۰/۵	۳/۷۶	۵	۰/۵۹	۱/۳۳	۱/۶۸	۵/۰۳
۱۰	وجود تجهیزات ایمنی	۵	۵ ۳	۱	۱	۱	۱	۴	۳	۱	۳	O	۱	۴/۶۷	۵	۰/۹۱	۱/۰۷	۲/۰۵	۱۰/۲۳
۱۱	تجهیزات اضافی	۳	۲ ۱	۱	۱	۱	۱	۴	۳	۱	۳	I	۰	۳/۵۰	۵	۰/۱۸	۱/۴۳	۱/۴۳	۴/۲۹
۱۲	دسترسی راحت به تجهیزات	۴	۳ ۳	۲	۲	۳	۲	۳	۵	۱	۲	I	۰	۳/۹۷	۵	۰/۴۷	۱/۲۶	۱/۲۶	۵/۰۴
۱۳	وجود تجهیزات مناسب با کار	۳	۳ ۳	۲	۱	۲	۱	۳	۳	۲	۲	I	۰	۳/۷۰	۵	۰/۵۶	۱/۳۵	۱/۳۵	۴/۰۵
۱۴	سهولت کاربرد تجهیزات	۳	۳ ۳	۱	۲	۵	۲	۳	۴	۲	۳	I	۰	۳/۷۶	۵	۰/۳۲	۱/۳۳	۱/۳۳	۳/۹۹
۱۵	اطمینان از ایمنی ابزار	۳	۵ ۴	۳	۱	۱	۱	۴	۲	۳	۳	O	۱	۳/۷۰	۵	۰/۹۱	۱/۳۵	۲/۵۸	۷/۷۵
۱۶	دمای محیط کاری	۴	۴ ۱	۱	۱	۱	۱	۵	۱	۴	۲	O	۱	۴/۱۴	۵	۰/۸۲	۱/۲۱	۲/۲۰	۸/۸۱
۱۷	صدا	۴	۳ ۱	۱	۳	۱	۱	۴	۱	۴	۲	I	۰	۴/۰۲	۵	۰/۴۴	۱/۲۴	۱/۲۴	۴/۹۸
۱۸	نور	۳	۳ ۱	۱	۳	۱	۱	۴	۲	۴	۲	I	۰	۳/۶۴	۵	۰/۴۷	۱/۳۷	۱/۳۷	۴/۱۲
۱۹	آلودگی هوا	۵	۴ ۱	۱	۴	۱	۱	۵	۱	۴	۲	O	۰	۴/۸۲	۵	۰/۷۹	۱/۰۴	۱/۸۶	۹/۳۱
وزن مطلق $AW = \sum i \times r$		۲۰۷	۱۲۳	۹۴	۱۳۵	۱۴۳	۹۴	۲۱۶	۱۸۵	۱۹۵	۱۷۱								
اهمیت مطلق $AI = \sum j \times r$		/۹۲ ۳۴۷	۲۰۶/۷۵	۱۵۵/۳۶	۲۱۴/۵۳	۲۲۰/۴۴	۱۵۰/۱۰	۳۶۰/۷۳	۲۸۲/۸۵	۳۱۴/۱۰	۲۸۱/۷۶								

علامات اختصاری A ، O ، I و M به ترتیب بیانگر "جذابیت"، "یک بعدی"، "بی تفاوتی" و "باید باشد" در طبقه بندی مدل کانو هستند

در ستون اهمیت کارکنان و ارتباط بین فاکتورها و مشخصات تکنیکی، اعداد ۱ تا ۵ نشان دهنده اهمیت و میزان ارتباط هستند بدین صورت که اعداد ۱ و۲ و۳ و۴ و۵ به ترتیب نشان دهنده ی وزن اصلاً مهم نیست تا خیلی مهم است خواهند بود.

جدول ۵ که شامل اطلاعات استخراجی از خانه کیفیت در قالب ترکیب مدل‌های کانو و QFD است، حاوی اطلاعات ارزشمندی در مورد اهمیت فاکتورهای ارگونومیکی می‌باشد. در حقیقت این جدول نتیجه تمامی مراحل انجام گرفته در تحقیق حاضر را در برمی‌گیرد. همان‌گونه که در ستون اهمیت تعدیل شده در این جدول مشخص شده است، فاکتور ۱۰ مربوط به وجود تجهیزات ایمنی با مقدار ۱۰/۲۳ بالاترین ارزش را به خود اختصاص داده است. در مجموع بالاترین امتیازها مربوط به پارامترهای ایمنی ماشین‌آلات و وجود تجهیزات ایمنی در محیط کار است. در اولویت بعدی پارامترهایی مانند شرایط محیط کاری (گرما، صدا، آلودگی هوا) و همچنین ایمن و سالم بودن ابزار دستی مورد استفاده، قرار می‌گیرد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی ما از انجام این تحقیق، شناسایی مهم‌ترین فاکتورهای ارگونومیکی محیط‌های کاری و همچنین اولویت‌بندی و رتبه‌بندی آن‌ها با استفاده از ابزارهای کیفیتی بوده است. وجود تجهیزات ایمنی بالاترین ارزش را به خود اختصاص داده است و نشان می‌دهد که کارکنان واحدهای صنعتی مورد مطالعه به وجود تجهیزات ایمنی در هنگام انجام کار، اهمیت زیادی قائل هستند. این بدین مفهوم است که سلامتی و کنترل خطرات از نظر پرسنل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ بنابراین لازم است در طراحی محیط‌های کاری این مسئله مدنظر طراحان قرار گرفته و از حداکثر تجهیزات ایمنی مانند کپسول‌های آتش‌نشانی، سیستم‌های الکترونیکی هشداردهنده و سیستم‌های inter lock و غیره استفاده گردد. نتیجه به دست آمده در مورد این فاکتور با نتایج گرفته شده توسط آدیلا و همکاران همخوانی دارد. به‌طوری‌که در تحقیقات ایشان نیز وجود تجهیزات ایمنی از بالاترین اولویت برخوردار بوده است[۶]. همچنین در تحقیقات انجام شده توسط اینای[10] و همکارانش بر مسئله طراحی تجهیزات ایمنی در کارگاه‌های تولیدی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورهای مدنظر افراد تأکید شده است[۳۷]. علاوه بر این مورد، در تحقیقی که توسط بلاف[11] انجام شده است به وجود تجهیزات ایمنی به‌عنوان رکن اصلی در طراحی محیط کاری تأکید شده است [۳۸].

آلودگی هوا دومین پارامتر مهم از منظر فاکتورهای ارگونومیکی می‌باشد. مسئله آلودگی هوا یکی از موضوعات پراهمیت در صنایع تولیدی شهرستان زنجان است که حساسیت زیادی را برمی‌انگیزد به‌گونه‌ای که خیلی از نیروهای کاری از عدم وجود فیلترهای هوای استاندارد و ماسک‌های ضد آلودگی ابراز نارضایتی می‌کنند؛ بنابراین بذل‌توجه کافی به این فاکتور می‌توان در جهت ایجاد آرامش روانی و جسمی افراد، مؤثر باشد. در تحقیقی که توسط ویدرین[12] و همکارانش انجام شده است به نحوه چیدمان و طراحی محیط کاری با توجه به فاکتور آلودگی هوا و تأثیری که این عامل جهت جلوگیری از آسیب‌های جسمی و روحی افراد دارد، تأکید شده است [۳۹]. همچنین محققی به نام والرو[13] در مورد تکنیک‌های کنترل آلودگی هوا در محیط‌های کاری و تأثیری که کنترل آلودگی هوا روی رضایت شغلی افراد دارد تحقیق انجام داده و به تأثیر شرایط آلودگی هوا بر رضایت شغلی پرسنل دارد اشاره نموده است. نتایج ارائه شده در تحقیق والرو تأییدی است بر نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر [۴۰].

سومین فاکتور پراهمیت، دمای محیط کار است که به‌خصوص در صنایع مرتبط با ریخته‌گری و ذوب فلزات از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد. در این راستا، طراحی صحیح سیستم‌های خنک‌کننده و همچنین استفاده از لباس‌های مناسب در حین انجام کار ضروری است. فاکتور دما از مشخصه‌هایی است که از نظر متخصصین هزینه بری بالایی دارد ولی افزایش کارایی و بهره‌وری نیروهای کاری می‌تواند این هزینه‌ها را توجیه نماید [۴۱].

فاکتور بعدی اطمینان از ایمنی ابزارآلات مورد استفاده است. این مشخصه اشاره به اعتمادی دارد که کارکنان نسبت به تجهیزات مورد استفاده در حین کار دارند. این فاکتور به‌خصوص در صنایع ماشین‌کاری و تولید کارگاهی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و لازم است، مدیران واحدهای تولیدی در هنگام خرید و یا تعویض ماشین‌آلات، توجه ویژه‌ای به آن داشته باشند و استانداردهای لازم را رعایت نمایند. کم‌اهمیت‌ترین فاکتور از مجموع فاکتورهای مورد بررسی، انبار موقت است که از نظر کارمندان اهمیت چندانی ندارد. این نتیجه با نتایج به دست آمده توسط آدیلا و همکاران مطابقت دارد بدین‌صورت که وجود انبار موقت جهت انبارش موقت محصول در حال تولید و یا تولید شده اهمیت چندانی برای افراد شاغل ندارد [۶]. بااین‌حال در بعضی از تحقیقات انجام شده در مورد طراحی بهینه محیط‌های صنعتی و زنجیره تأمین به نقش وجود انبار موقت ذخیره محصولات به‌عنوان عاملی جهت جلوگیری از بی‌نظمی تأکید شده است. این مسئله بیان‌کننده این

[10]. Innai
[11]. Bluff
[12]. Vedrenne
[13]. Vallero

نکته است که در مبحث زنجیره تأمین لازم است مسائل ارگونومیکی کار منظور گردد تا با رویکرد مشترک مدنظر مدیران زنجیره تأمین قرار گیرد [۴۲].

نتایج به دست آمده در مورد مشخصات تکنیکی حاکی از آن است که مهم‌ترین فاکتور، مسائل مالی و توجیه اقتصادی طرح‌ها است و وجود استانداردهای کاری در درجه دوم اهمیت قرار دارد. بدین معنی که در بخش مهندسی و طراحی در واحدهای صنعتی، اولویت اول مسائل اقتصادی است و مدیران و متخصصان توجه بسیاری به آیتم‌های اقتصادی دارند. درحالی‌که مطابق با ادبیات موضوع انتظار می‌رفت که فاکتور استاندارد کشوری در اولویت اول قرار گیرد. به‌عنوان مثال در تحقیق آدیلا و همکاران اولویت اول به استانداردهای کشوری اختصاص دارد و هزینه در اولویت سوم واقع شده است [۶] درحالی‌که در تحقیق حاضر مهم‌ترین فاکتور مربوط به هزینه‌های انجام طراحی می‌باشد؛ و این خود یک علامت هشدار برای صنایع کشور محسوب می‌شود زیرا مدیران تصمیم‌گیرنده به هزینه‌ها بیشتر از سلامت و ایمنی کارکنان خود اهمیت قائل هستند. در خیلی از تحقیقات مشابه فاکتور توجه به استانداردهای جاری در هر کشور به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور مورد تأکید در طراحی محیط‌های صنعتی مورد توجه بوده است. به‌عنوان مثال نرمن[14] در طی انجام تحقیقی به نقش پراهمیت استانداردها بر طراحی سیستم‌های کاری تأکید می‌کند و آن را مهم‌ترین معیار طراحی صنعتی می‌داند [۴۳].

فاکتور راحتی انجام کار در اولویت سوم نیازهای تکنیکی قرار گرفت. عموماً طراحی‌های انجام گرفته در مورد محیط کاری، سعی دارند از پیچیدگی و استفاده از روش‌های غیر روتین پرهیز نمایند. نتایج به دست آمده با نتایج گرفته شده در تحقیق نورکاهیانه[15] و همکارانش همخوانی دارد. بطوریکه در تحقیق ایشان نیز به طراحی ارگونومیکی محیط کار تأکید شده است [۴۴]. همچنین در تحقیقی که گونزالس[16] در خصوص استفاده از QFD برای ارزیابی و بهبود شرایط ارگونومیکی انجام داد، نتیجه گرفت که بهبود ابزارهای کاری از مهم‌ترین اولویت‌های بهبود ارگونومی در صنایع تولید مبلمان می‌باشد که علت اینکه در تحقیق حاضر بهبود شرایط ایمنی ابزار در اولویت‌های سوم قرار دارد تفاوت در نوع صنعت می‌باشد [۴۵]. در تحقیقی که در همین رابطه توسط تروسیر[17] انجام گرفت به اهمیت شرایط ارگونومیکی محیط کار و تأثیر آن‌ها بر کارایی برنامه‌های آموزشی در مدارس اشاره می‌کند که با نتایج این تحقیق و اولویت‌های به دست آمده همخوانی دارد. عدم رعایت این اصول علاوه بر کاهش کارایی افراد باعث ایجاد نارضایتی و افزایش استرس شغلی در بین کارکنان خواهد شد [۴۶]. تحقیق حاضر با استفاده از مدل‌های کانو و QFD نیازمندی‌های تکنیکی و نیازهای کارکنان واحدهای تولیدی مورد مطالعه را رتبه‌بندی کرده و از آن‌ها جهت طراحی هر چه بهتر محیط کاری استفاده نموده است. به‌منظور توسعه این تحقیق پیشنهاد می‌شود که یک مدل ترکیبی از مدل‌های کانو و QFD در محیط فازی و با استفاده از متغیرهای کلامی جهت تطابق هر چه بیشتر مدل ارائه شده با واقعیات محیط‌های کاری، ارائه گردد.

منابع

1. Tarcan E, Varol ES, Ates M. A qualitative study of facilities and their environmental performance. Management of Environmental Quality: An International Journal. 2004;15(2): 154-173.
2. Fernandez JE. Ergonomics in the workplace. Facilities. 1995;13(4): 20-27.
3. Kundi M. Ergonomic criteria for the evaluation of shift schedules. Theoretical Issues in Ergonomics Science. 2003;4: 302-318
4. Helander MG, Lin L. 'Axiomatc design in ergonomics and an extension of the information axiom', Journal of Engineering Design. 2002;13 (4): 321–39.
5. Marsot J. 'QFD: a methodological tool for integration of ergonomics at the design stage', Applied Ergonomics. 2005;36:185–92.
6. Hashim A, Dawal SZ. Kano Model and QFD integration approach for Ergonomic Design Improvement, International (Summer) Conference on Business Innovation and Technology

[14]. Thomas Norman
[15]. Nurcahyanie
[16]. Gonza´lez
[17]. Troussier

19. Zhang P, von Dran G. Expectations and ranking of website quality features: results of two studies on user perceptions - proceeding of the Hawaii international conference on system science, 2001, (HICSS 34).

20. Sauerwein E, Bailom F, Matzler K, Hinterhuber HH. 'The Kano Model: How To Delight Your Customers', International Working Seminar on Production Economics. 1996;(1; Innsbruck):313 -27.

21. Tseng L, Tang CC, Sun CJ. A Study on the Braille Elevator Signage System in Public Buildings: The QFD perspective, ASEAN Conference on Environment-Behaviour Studies,2013, Hanoi Architectural University, Hanoi, Vietnam, 2013; 19-22.

22. Leba M, Ionica AC, Edelhauser E. QFD – Method for eLearning systems evaluation, Social and Behavioral Sciences. 2013;83: 357 – 361.

23. Lineberger K, Levittb J, Smithc DJ, Van Nguyen T. A systems engineering approach to quantitative comparison of molecular instruments for use on the International Space Station, Procedia Computer Science. 2014;28: 340 – 346.

24. Sireli Y, Kauffmann P, Ozan E. 'Integration of Kano's Model In to QFD for Multiple Product Design', IEEE Transactions On Engineering Management. 2007;54 (2):380-390.

25. Dinarvandi M, Jafari H, Mohamadi M, Hosseini A. Improvement the quality of service to the urban environment for sustainable development, Social and Behavioral Sciences. 2014;120: 487-495.

26. Lai X, Xie M, Tan KC. 'Optimizing Product Design using the Kano Model and QFD', International Engineering Management Conference (2004), (Singapore).

27. Moldovan L. QFD employment for a new product design in a mineral water company, Procedia Technology. 2014, ;12: 462-468.

28. Chaudha A, Rajeev J, Singh AR, Mishra PK. 'Integration of Kano's Model into quality function deployment (QFD), The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2011;53 (5):689-98.

29. Ling-Zhong L, Huery-Ren Y, Ming-Chao W. Integration of Kano's model into FQFD for Taiwanese Ban-Doh quet culture, Tourism Management. 2015;46:245-262.

30. Shil NC, Ali MA, Rabbani Paiker N. 'Robust Customer Satisfaction Model using QFD', International Journal of Productivity and Quality Management. 2010;6 (1):112-36.

31. Berger C, Blauth R, Boger D, Bolster Ch. 'Kano's method for understanding customer-defined Management Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2012;57:22 – 32

7. Wickens CD, Lee J, Liu Y, Becker SG. An Introduction to Human Factors Engineering. 2nd ed. 2004. New Jersey: Pearson Education, Inc.

8. Kaljun J, Dolsak B. 'Ergonomic design knowledge built in the intelligent decision support system', International Journal of Industrial Ergonomics. 2012;42:162-71.

9. Wojcikiewicz K. Seven key factors for ergonomic workstation design. Manufacturing Engineering. 2003;131(1): 45.

10. Oyewole SA, Haight JM, Freivalds A. 'The ergonomic design of classroom furniture/computer work station for first graders in the elementary school', International Journal of Industrial Ergonomics. 2010;40:437-47.

11. Yeow PHP, Sen RN. Quality, productivity, occupational health and safety and cost effectiveness of ergonomic improvements in the test workstations of an electronic factory. International Journal of Industrial Ergonomics. 2003;32(3): 147-163.

12. Zafir Mohd M, Nor Liza A, Zizah CS. Ergonomics and Stress at Workplace: Engineering Contributions to Social Sciences: Jurnal Pengurusan. 2013;37:125 – 131.

13. Gerr F, Marcus M, Ortiz D, et al. 'Computer Users' Postures and Associations with Workstation Characteristics', American Industrial Hygiene Association. 2000;61(2):223–30.

14. Min-Yong P, Jung-Yong K, Jong-Hyun S. 'Ergonomic design and evaluation of a new VDT workstation chair with keyboard-mouse support', International Journal of Industrial Ergonomics. 2000;26:537-48.

15. Hänninen O, Koskelo R. Adjustable tables and chairs correct posture and lower muscle tension and pain in high school students', Proceedings of the XVth Triennial Congress of the International Ergonomics Association. 2003, (Seoul, Korea).

16. Hong L, Zhizhong L, Li Zh. 'Rapid preliminary helmet shell design based on three dimensional anthropometric head data', Journal of Engineering Design. 2008;19(1):45-54.

17. Paschoarelli LC, Beatriz de OA, Helenice C, e Cote Gil J. Assessment of the ergonomic design of diagnostic ultrasound transducers through wrist movements and subjective evaluation', International Journal of Industrial Ergonomics. 2008;38:999–1006.

18. Kano N, Takahashi SF, Tsuji S. Attractive quality and must-be quality', Journal of the Japanese Society for Quality Control. 1984;14(2): 39-48.

quality', Center for Quality of Management Journal. 1993;2 (4):3-35.

32. Wang T, Ji P. 'Understanding customer needs through quantitative analysis of Kano's model', International Journal of Quality & Reliability Management. 2010;27 (2):173-84.

33. Tan KC, Shen XX. 'Integrating Kano's model in the planning matrix of quality function deployment', Total Quality Management. 2000;11 (8):1141-51.

34. Tontini G. 'Integrating the Kano Model and QFD for Designing New Products', Total Quality Management & Business Excellence. 2007;18 (6):599-612.

35. Tan KC, Shen XX. Integrating Kano's model in the planning matrix of quality function deployment Total Quality Management. 2000; 11(8):1141–1151.

36. Garibay C, Gutiérrez H, Figueroa A. 'Evaluation of a Digital Library by Means of Quality Function Deployment (QFD) and the Kano Model', The Journal of Academic Librarianship. 2010;36 (2):125–32.

37. Fares I, Yves D, Mourad Ch. 'Safety and operational integrity evaluation and design optimization of safety instrumented systems'. Reliability Engineering and system safety. 2015;32-50.

38. Bluff E. 'Safety in machinery design and construction: Knowledge and performance'. Safety Science. 2015;p. 59-69.

39. Vedrenne M, Borge R, Lumbreras J, Encarnación Rodríguez M. 'Advancements in the design and validation of an air pollution integrated assessment model Spain'. Environmental Modelling & Software. 2014;p. 177-191.

40. Vallero D. 'Chapter 30 - Air Pollution Control Technologies'. Fundamentals of Air Pollution (Fifth Edition), 2014;p. 829-879.

41. Jurków D, Stiernstedt J. 'Investigation of High Temperature Co-fired Ceramics sintering conditions using Taguchi Design of the experiment'. Ceramics International. 2014; 40(7): 10447-10455.

42. Shi W, Shang J, Liu Z, Zuo X. Optimal design of the auto parts supply chain for JIT operations: Sequential bifurcation factor screening and multi-response surface methodology'. European Journal of Operational Research. 2014;p. 664-676.

43. Norman T. 'Design Standards Development'. Integrated Security Systems Design (Second Edition). 2014;p. 327-334.

44. Yunia Dwie N, Moses LS, Budi S. 'Product Design Development For Modular Computer Table To Support Green Lifecycle Engineering', Asia Pacific Conference on Manufacturing System (2009), (Yogyakarta).

45. Gonza L, Marvin E, Gioconda Q, Terry BA. 'Improving Product Design Using Quality Function Deployment: The School Furniture Case in Developing Countries', Quality Engineering. 2003;16 (1):47–58

46. Troussier B. 'Comparative study of two different kinds of school furniture among children', Ergonomics. 1999;42 (3):516-526.

Development of a workplace ergonomics assessment pattern using KANO model and QFD integration approach

P. Jebraily[1], M. Omidvari[2]

Received: 2014/04/27 Revised: 2015/01/18 Accepted: 2015/04/30

Abstract

Background and aims: During last decades, attention to ergonomic factors has been increased. Nowadays, most ergonomic assessors in workstations, assess ergonomic factors, considering either technical requirements or workers needs, both of which can affect the design efficiency. However, it seems an integration model of these two factors can be more effective. Thus this paper aims to present a pattern to assess workplace ergonomy, considering both technical and workers' needs.

Methods: Present study is a kind of descriptive model solution studies, which uses a joining method of Kano model and Quality Function Development (QFD) to develop workstation optimal design. A survey was performed among 350 workers at industrial plants to identify problems of ergonomic factors in their work stations. The data were gathered using Kano questionnaire, then clarified and used in the house of Quality matrix. Finally in a joining model, a method is presented which is able to prioritize ergonomic requirements and technical characteristic to an optimal design.

Results: The most important factors of workers requirement were safety tools and healthy conditions, such as air pollution and temperature stresses. The most important factore of technical requirement were cost and presence of national valid standards and attention to comfort in during the jobs.

Conclusion: Industrial managers should choose optimal strategies concerning their workers requirements and information feedback. Also they should provide their workers with comfort and satisfaction concerning technical needs to gain most profit and less cost.

Keywords: Kano, QFD, Ergonomic Design, Quality Management.

1. Graduate student, Industrial and Mechanical Faculty, Qazvin branch, Azad Islamic University, Qazvin, Iran.
2. **(Corresponding author)** Assistant Professor of Industrial Engineering Department, Industrial and Mechanical Faculty, Qazvin branch, Azad Islamic University, Qazvin, Iran. omidvari88@yahoo.com