

## ارزیابی و طراحی ارگونومیکی باجه‌های فروش و شارژ بلیت الکترونیکی در مشهد

حمیده رضوی<sup>۱\*</sup> - امیر بهبودی<sup>۲</sup>

h-razavi@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۲۸

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۲۵

### مکیده

**مقدمه:** شرایط کار در باجه‌های حاشیه خیابان‌ها، باعث تشدید عوامل تهدیدکننده سلامتی می‌شود. در این تحقیق، سعی می‌شود تا با رتبه‌بندی عوامل ریسک و تحلیل آنها، راهکارهای مشخصی برای بهبود وضعیت ارگونومیکی این باجه‌ها ارائه گردد.

**روش کار:** اطلاعات دموگرافیکی، وضعیت جسمی - حرکتی، روانی و ایمنی ۴۷ باجه از طریق پرسشنامه، مصاحبه و فیلمبرداری جمع‌آوری شد. سپس با استفاده از یک رویه ترکیبی شامل روش‌های QEC، ابزارهای آماری برای آزمون فرض و آنالیز واریانس و شیوه‌های ابتکاری برای تعیین شاخص‌های ارگونومیکی، شاخص بحرانی شناسایی شد. در ادامه، راهکارهای بهبود شاخص بحرانی با استفاده از نرم افزار CATIA V5 R20 و روش RULA تجزیه و تحلیل شده و راهکار پیشنهادی ارائه گردید.

**یافته‌ها:** اطلاعات آنتروپومتریک و شخصی فروشندگان مرد و زن در باجه‌ها بر اساس آزمون F و سطح معنی‌داری ۰/۰۵ به جز عامل وزن، تفاوت خاصی نداشته و قابل تعمیم به یکدیگر می‌باشند. مقایسه شاخص‌های ارگونومیکی، بالاترین میزان مواجهه شغلی را برای عوامل جسمی - حرکتی (۴۵/۳۹) و شرایط محیطی (۴۱/۲۸) نشان می‌دهند. همچنین بالاترین ریسک با پرسشنامه نوردیک و روش QEC در نواحی بازوها و شانه و کمر به ترتیب ۳۸ و ۲۶ تعیین می‌شود. سپس، مدل سه بعدی فروشنده در وضعیت فعلی و پیشنهادی با روش RULA تحلیل شده و سطوح ریسک فروشنده به ترتیب برای سمت راست و چپ بدن از ۷ و ۵ به ۳ و ۱ و برای مشتری از ۶ به ۱ بهبود می‌آید.

**نتیجه‌گیری:** کارکنان باجه‌های شارژ و فروش بلیط الکترونیکی در مشهد در معرض آسیب‌های اسکلتی-عضلانی و مخاطرات ناشی از شرایط محیطی نامناسب هستند. برخی تغییرات پیشنهادی در این مقاله مانند جابه‌جایی باجه، تنظیم گیشه و ارتفاع میز، ریسک این موارد را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد.

**کلمات کلیدی:** ارزیابی ارگونومیکی باجه فروش، آنالیز RULA، چک لیست QEC، پرسشنامه نوردیک

۱- دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه فردوسی مشهد  
۲- کارشناس مدیریت صنعتی، دانشگاه علامه طباطبائی

## مقدمه

آمریکا، از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ میزان آمار سالیانه WMSDs افزایش یافته است. (Bhattacharya, 2014) در سال های ۱۹۹۲-۲۰۱۰ اختلالات اسکلتی عضلانی برای ۲۹-۳۵٪ از همه آسیب های شغلی و بیماری های مربوط به روز دور از محل کار در ایالات متحده اختصاص دارد. (AFL-CIO, 2012) در ایران نیز آمار منتشرشده از سوی سازمان تأمین اجتماعی نشان می دهد که حوادث ناشی از کار، افزایش پرشتابی به خود گرفته و به بیش از دو برابر رسیده است. این در حالی است که این آمار تنها شامل بیمه شدگان رسمی می شود (ISSOAS, 2013).

در برخی مطالعات اشاره شده که اختلالات اسکلتی - عضلانی منجر به شیوع درد شده که ممکن است به وضعیت ایستادن، عادات اشتباه شغلی و سایر عوامل دموگرافیکی مرتبط باشد. (Dormohammadi et al., 2014) ارتباط شغل با اختلالات اسکلتی - عضلانی نظیر کمردرد در کارگران ساختمانی و درد شانه و گردن در کارگران اداری، به طور وسیعی گزارش گردیده است. (Naidoo et al., 2009) رحیمیان و همکاران نیز شیوع اختلالات اسکلتی - عضلانی و سطح ریسک ابتلا به این اختلالات را در ۲۴۳ جوشکار یک صنعت تولید سازه های فلزی بررسی کردند و بیشترین میزان ناراحتی را در کمردرد (۶۰٪) و تنه (۵۶ درصد) گزارش کردند. (Rahimian et al., 2014) اختلالات اسکلتی - عضلانی اندام فوقانی به خصوص سندرم تونل کارپال به عنوان شایع ترین مشکلات در بین کارکنان صنایع و ادارات آمریکا و کشورهای توسعه یافته گزارش شده است. (Tirgar et al., 2014) همچنین دردهای ناشی از کار با رایانه در کمردرد و اندام فوقانی به ویژه در گردن و مچ دست از سوی محققین بیان شده است (Khodabakhshi et al., 2014).

عدم هماهنگی و تناسب میان وسایل و تجهیزات محیط کار با ویژگی های جسمی و روحی سبب بروز مشکلاتی در جنبه های مختلف زندگی و سلامت افراد می گردد (Korpinen et al., 2009; Grave, 1992). عوامل زیان آور متعددی در محیط های کاری وجود دارند که سبب خستگی، فرسودگی بیماری و هدر رفتن انرژی، هزینه و زمان می شوند (Esbati et al., 2012). در این بین اختلالات اسکلتی - عضلانی از شایع ترین خطر ها و صدمات شغلی ناشی از محیط های کاری به شمار می روند (Bongers et al., 2002). شیوع و اهمیت پرداختن به اختلالات اسکلتی - عضلانی شغلی در حدی است که سازمان بهداشت جهانی دهه ۲۰۰۰ را دهه پیشگیری از اختلالات اسکلتی - عضلانی نامیده و اداره بهداشت و ایمنی انگلیس کنترل و پیشگیری از این اختلالات را یکی از اولویت های اصلی خود در بهبود و ارتقا بهداشت حرفه ای قرار داده است (Janbozorgi et al., 2012). اختلالات اسکلتی - عضلانی ناشی از شغل (WMSDs)، یکی از علل صدمات شغلی و ناتوانی در کشورهای صنعتی و در حال توسعه بوده و از مشکلات عمده سلامتی نیروی کار است که سالیانه باعث از دست رفتن روزهای کاری، افزایش غیبت از کار و تحمیل هزینه های انسانی، اقتصادی و اجتماعی فراوان می شوند. (Choobineh et al., 2013) این اختلالات دارای مشخصه های ایجاد ناراحتی، ناتوانی و درد مزمن در عضلات، تاندون ها، مفاصل و بافت های نرم بدن بوده و بر اثر عواملی مانند حرکات تکرار شونده، پوسچر کاری نامناسب و بد، اعمال نیروی زیاد و استرس های روانی - اجتماعی محیط کار تشدید می شوند. (Bhattacharya 2014; widanarko and legg, 2011) براساس گزارش سالیانه دفتر تحقیقات بهداشت شغلی

از سوی دیگر، مشاغل سخت و زیان آور طبق تعریف قانونی خود به کارهایی اطلاق می‌شود که در آنها عوامل فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و بیولوژیکی محیط کار غیر استاندارد بوده و در اثر اشتغال کارگر، تنشی به مراتب بالاتر از ظرفیت‌های طبیعی (جسمی و روانی) در وی ایجاد می‌گردد که نتیجه آن بیماری شغلی و عوارض ناشی از آن می‌باشد (Esbati et al., 2012). علاوه بر گروه‌های مشمول که در آیین نامه جدید مشاغل سخت و زیان آور مصوب ۱۳۸۵ تصریح گردیده، مشاغل دیگر نیز با تشخیص شورای عالی حفاظت فنی و کمیته های استانی قابل بررسی است ولیکن مستلزم طی مراحل قانونی و ارایه ادله فراوان می‌باشد (IGR-DHJ, 2007). از این رو، مشاغل بسیاری در سطح جامعه علیرغم ریسک بالای مواجهه شغلی، کماکان به عنوان شغل سخت و زیان آور طبقه بندی نمی‌شوند.

یکی از این دسته مشاغل که تعداد شاغلین آن در شهرهای بزرگ به سرعت روبه افزایش است، فروشندگی در باجه‌های حاشیه خیابان‌هاست. اگر چه فروشندگی ذاتا جزو مشاغل سخت ارزیابی نمی‌شود، ولی شرایط خاص محل و تجهیزات می‌تواند ریسک‌های سلامتی را در آن به شدت افزایش دهد (MHME, 2013). مطالعات گوناگونی در مورد طراحی و بهینه سازی باجه‌ها با کاربردهای مختلف انجام شده است (Rowe and Smith, 2005; Wiler et al., 2010; Wishart, 1986). در اغلب این تحقیقات، یک یا چند ویژگی خاص مانند ارتباط با مشتریان و یا راحتی کارکنان به تنهایی در نظر گرفته شده است در این پژوهش، سعی می‌شود تا با در نظر گرفتن محدودیت‌های مختلف، عوامل بحرانی شناسایی شده و مورد بررسی قرار گیرند.

باجه‌های مورد بررسی در این تحقیق، معمولا با استفاده از سازه‌های پیش ساخته و با بدنه فلزی بوده و کف آن با فاصله کمی از زمین بر روی پایه مستقر می‌شود. فضای داخل کابین معمولا از  $1/5 \times 1/5$  متر مربع با ارتفاع  $2/5$  تا  $3$  متر تجاوز نمی‌کند. برای سهولت دیدن مشتریان و همچنین کنترل فضای درونی برای بازرسی و سرپرستان، دیواره‌ها دارای پنجره است. در سمت جلو برای ارتباط صوتی و تبادل وجه و کارت با مشتری دریچه ی باز یا قابل باز شدن (در این مقاله آن را گیشه می‌نامیم) تعبیه می‌شود. تجهیزات اصلی داخل باجه‌ها شامل میز و صندلی برای فروشنده باجه، دستگاه رومیزی شارژ الکترونیکی و همچنین صندوق نسوز برای نگهداری وجه نقد می‌باشد. همچنین از وسایل حرارتی و برودتی ساده مانند هیترها و یا کولرهای آبی برای تنظیم دمای داخل کابین استفاده می‌گردد. سایر عوامل بازدارنده بالقوه در این گونه باجه‌ها که ممکن است کیفیت کار را تحت تاثیر قرار دهند، به صورت زیر خلاصه می‌شوند:

- فضای محدود و بسته کاری که مانور حرکتی برای دسترسی های ضروری و تبادل وجه و کارت را دشوار می‌سازد.

- تجهیزات ناهماهنگ و چیدمان نامناسب داخل باجه (مانند محل گیشه، عرض میز کار و ارتفاع صندلی) به نحوی که در ساعات پرتقاضا، فروشنده باید به صورت ایستاده کار کند یا دائما وضعیت خود را از نشسته به ایستاده تغییر دهد.

- تغییرات شدید دما و رطوبت به دلیل فلزی بودن کابین، باز بودن گیشه و ناکارایی سیستم‌های حرارتی-برودتی در فضاهای محدود.

- آلودگی هوای داخل کابین به دلیل عدم تهویه مناسب و استقرار در محل‌های پرتراфик به خصوص در مجاورت ایستگاه‌های اتوبوس.

۱. اطلاعات پرسنلی و دموگرافیکی شامل سن، جنسیت، وزن و قد، سابقه کار و برنامه کاری در هفته.

۲. شرایط محیطی کار شامل دما، کیفیت هوا، نور و سروصدا.

۳. شرایط جسمی و حرکتی شامل وضعیت‌های بدنی نامناسب، ناهنجاری‌های بدنی، درد و ناراحتی در عضلات و مفاصل، سوابق بیماری و مراجعه به پزشک در رابطه با کار.

۴. استرس روانی کار شامل خستگی، اضطراب و پرخاشگری و احساس نارضایتی از کار.

۵. ارتباط با مشتری شامل رویت، شنیدن صدا، دسترسی و تبادل مناسب وجه و کارت.

۶. ایمنی محل کار شامل حفاظت در برابر سرقت و یا تعرض مالی و هم‌چنین حریق و آسیب‌های طبیعی مانند سیل و زلزله.

این پرسشنامه توسط اساتید دانشگاه، خبرگان و کارشناسان شهرداری مورد بررسی قرار گرفت و روایی بودن آن با اعتبار محتوای ۸۰٪ مورد تایید قرار گرفت. هم‌چنین شاخص پایایی درونی پرسشنامه بر اساس مقادیر آلفای کرونباخ برابر ۰/۷۰۶، ۰/۷۹۶، ۰/۷۳۱، ۰/۷۳۰، ۰/۷۸۳ و ۰/۷۲۳ به ترتیب برای ۶ تا بخش فوق، به دست آمد که حاکی از پایایی پرسشنامه است.

طبق آمار سازمان اتوبوس‌رانی مشهد در مهرماه ۱۳۹۲، تعداد ۹۲ باجه فروش و شارژ بلیت الکترونیک در سطح شهر مشهد وجود داشته است. توزیع پرسشنامه توسط بازرسان شرکت پیمانکار در بین کل باجه‌ها صورت پذیرفت که در نهایت ۴۷ پرسشنامه (N=47) تکمیل و جمع‌آوری گردید. پس از گردآوری پرسشنامه‌ها، اطلاعات مربوط به هر بخش به صورت جداگانه استخراج و داده‌های مربوطه، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

- آلودگی صوتی به دلیل استقرار در حاشیه خیابان و به خصوص در مجاورت ایستگاه‌های اتوبوس که ارتباط کلامی با مشتریان را نیز با مشکل مواجه می‌کند.

- شتابزدگی، اشتباه در شمارش وجه و خستگی شدید به دلیل میزان نا همگن ورود مشتریان در ساعات مختلف شیفت و تعجیل مشتریان در خرید جهت سوار شدن به مترو یا اتوبوس.

- انفرادی بودن کار در محیط بسته که باعث بی‌حوصلگی و خستگی روحی فرد می‌شود (البته به ندرت باجه‌ها به صورت دو یا چند نفره اداره می‌شوند، ولی در این تحقیق مورد بررسی قرار نگرفته‌اند).

- عدم دسترسی به سرویس بهداشتی، غذاخوری و سایر امکانات رفاهی.

با در نظر گرفتن مجموعه شرایط فوق، شاغلین در باجه‌های فروش و شارژ بلیت الکترونیکی مستقر در حاشیه خیابان‌ها در شهر مشهد به عنوان جامعه هدف که در معرض آسیب می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای تهیه اطلاعات آماری و مستند، پرسشنامه‌های کتبی برای ایشان ارسال گردیده و بر اساس پاسخ‌های دریافتی و تحلیل‌های جانبی از میان عوارض مختلف ناشی از کار، بر اختلالات اسکلتی-عضلانی با بالاترین ریسک تمرکز گردیده است. سپس با مدل‌سازی سه بعدی در نرم افزار CATIA V5 R20 (Wiley, 2010) و استفاده از روش RULA (McAtamney and Corlett, 1993)، میزان ریسک در وضعیت‌های مختلف بدنی تحلیل شده و برترین راهکارها پیشنهاد گردیده است.

### روش کار

برای نظر سنجی و جمع‌آوری داده‌های آماری، پرسشنامه‌ای در ۶ بخش طراحی و تهیه گردید. بخش‌های پرسشنامه به ترتیب زیر می‌باشند:

اسکلتی - عضلانی موجود در چک لیست مقایسه گردید. در نهایت سطح شدت آسیب‌های وارده برای ناحیه‌های نامبرده در سطوح کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد مشخص می‌شود.

علاوه بر پرسشنامه و نظرسنجی، مشاهده کار با فیلم‌برداری و همچنین ضبط تصاویر در موقعیت‌های کاری مختلف انجام شده و مورد بررسی قرار گرفت. همچنین به منظور بررسی دقیق آسیب‌های اسکلتی - عضلانی، وضعیت‌های بدنی مختلف در نرم‌افزار CATIA V5 R20، به طور کامل شبیه‌سازی شده و سپس مراحل کار به صورت گام به گام با روش RULA مورد ارزیابی قرار گرفت.

### یافته‌ها

اطلاعات جامعه آماری به تفکیک اطلاعات عمومی و شخصی حاصل از بخش ۱ پرسشنامه به تفکیک در جدول ۱ و ۲ خلاصه شده است.

با اجرای آنالیز واریانس یک‌طرفه با آزمون F و سطح معنی داری ۰/۰۵، مقادیر p-value برای متغیرهای سن، وزن و قد از جدول ۱ به ترتیب برابر ۰/۱۲۳، ۰/۰۰۸ و ۰/۷۳۶ و برای سابقه کار و ساعات کاری از جدول ۲ به ترتیب برابر ۰/۷۸۱ و ۰/۲۵۵ محاسبه می‌گردد. بنابراین فرض صفر فقط در مورد متغیر وزن در دو گروه زنان و مردان رد شده و بنابراین دو گروه فقط از نظر وزنی دارای میانگین متفاوتی هستند. در نتیجه، برای بررسی‌های این پژوهش تا

هر پرسشنامه مجموعاً حاوی ۳۸ سوال با پاسخ بله/خیر و امکان ارایه توضیحات می‌باشد. در مورد سوالات بخش ۳، به منظور تطبیق با پرسشنامه نوردیک روش امتیاز دهی با مقیاس ۱۰ به کار گرفته می‌شود. برای تعیین شاخص‌های ارگونومیکی (Ergonomic condition) مربوط به هر بخش از رابطه زیر استفاده می‌گردد:

$$EC_{ij}\% = \left( \sum_{m=1}^N X_m \right) \times 100/N$$

$X_m$  متغیر صفر و یک متناظر با پاسخ‌های مثبت یا منفی به هر سوال (بسته به نوع سوال j) است که حاکی از شرایط نامناسب کاری و ارگونومیکی می‌باشند.  $K_i$  نیز تعداد سوالات در هر بخش پرسشنامه،  $i=1,2,3,4,5,6$  است. شاخص ارگونومیکی هر بخش (Ergonomic condition index) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$ECI_i\% = \frac{\sum_{j=1}^{k_i} EC_{ij}}{k_i}, \quad i = 2, \dots, 6$$

در این پژوهش برای بررسی داده‌های مربوط به بخش ۳ پرسشنامه، از پرسشنامه نوردیک جهت بررسی اختلالات اسکلتی - عضلانی استفاده گردید (Dawson et al., 2009; Kuorinka et al., 1987). سپس با تهیه چک لیست QEC ناحیه‌های شانه و بازو، کمر، گردن و دست و مچ به تفکیک امتیازدهی شده (David et al., 2008) و با جداول شدت خطرات

جدول ۱. اطلاعات عمومی جامعه آماری

توزیع جامعه آماری	تعداد	سن		وزن		قد		راست دستی	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	تعداد
زن	۳۲	۲۸	۵	۶۲	۲۲	۱۶۴/۳۲	۵/۲۰۷	۸۸,۲٪	۲۹
مرد	۱۵	۳۱	۸	۸۸	۴۳	۱۶۲/۵۰	۲۹/۷۲۴	۸۰٪	۹
مجموع	۴۷	۲۹	۷	۷۱	۳۲	۱۶۳/۶۱	۱۸/۴۶۷	۸۶,۴٪	۳۸

جدول ۲. اطلاعات شخصی جامعه آماری

توزیع جامعه آماری	سابقه کار (برحسب ماه)		ساعات کاری روزانه		تعداد روزهای کاری در هفته		برنامه کاری ثابت	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	تعداد	درصد
مرد	۱۸	۱۲	۷/۵۲	۰/۴۸	۷	۰	۴۷	۱۰۰٪
زن	۱۷	۱۰	۷/۶۸	۰/۳۵	۷	۰	۴۷	۱۰۰٪
مجموع	۱۸	۱۰	۷/۶۳	۰/۳۹	۷	۰	۴۷	۱۰۰٪

جدول ۳: مقادیر شاخص‌های ارگونومیکی جامعه آماری

i	j					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۲	$E_{Cij}$	-۰/۲۳۴	-۰/۶۳۸	-۰/۲۱۳	-۰/۶۱۷	-۰/۳۶۲
	$E_{Cij}$	۴۱/۲۸				
۳	$E_{Cij}$	-۰/۵۳۲	-۰/۸۹۴	-۰/۴۲۶	-۰/۵۱۱	-۰/۱۴۹
	$E_{Cij}$	۴۵/۳۹				
۴	$E_{Cij}$	-۰/۲۷۷	-۰/۵۷۵	-۰/۲۱۳	-۰/۴۸۹	-۰/۳۱۹
	$E_{Cij}$	۴۰/۷۸				
۵	$E_{Cij}$	-۰/۰۰۴	-۰/۴۰۴	-۰/۲۱۳	-۰/۳۸۳	-۰/۱۷۰
	$E_{Cij}$	۲۴/۲۶				
۶	$E_{Cij}$	-۰/۴۸۹	-۰/۱۰۶	-۰/۵۷۴	-----	-----
	$E_{Cij}$	۳۸/۹۹				

و امتیازات بر مبنای نوردیک به شرح جدول ۴ به دست آمد. با مشاهده مستقیم و ثبت تصاویر در هنگام کار فروشندگان باجه‌ها، چک لیست QEC برای ارزیابی ریسک تهیه گردید. امتیاز حاصل از طریق چک لیست QEC برای ناحیه کمر عدد ۲۶، شانه و بازو عدد ۳۸، دست و مچ عدد ۲۲ و گردن عدد ۱۸ است. با مقایسه امتیازات داده شده با جدول شدت ریسک آسیب‌های اسکلتی - عضلانی در چک لیست QEC، ریسک نواحی مذکور به ترتیب زیاد، زیاد، متوسط و خیلی زیاد است.

بر اساس یافته‌های فوق، ارایه روشی جهت بهبود وضعیت فیزیکی کارکنان گیشه‌ها با تاکید بر نواحی بالاتنه، به خصوص در کمر، شانه و دست‌ها مورد توجه قرار گرفت. به دلیل لزوم مقایسه دقیق وضعیت قبلی و پیشنهادی، لازم است تا از روش استاندارد استفاده شود. از آنجایی که اعمال تغییرات در گیشه‌ها و سپس مطالعه مجدد از روش

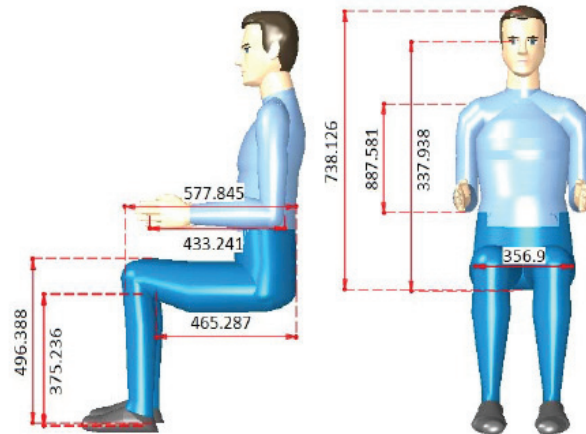
زمانی که عامل وزن موثر نباشد، می‌توان نتایج حاصل از هر گروه داده را به گروه دیگر نیز تعمیم داد.

شاخص‌های ارگونومیکی بر اساس اطلاعات حاصل از پرسشنامه در جدول ۳ خلاصه شده است. در بین شاخص‌های تعیین شده، شاخص ۳ مربوط به شرایط جسمی و حرکتی فروشنده در باجه به میزان ۴۵/۳۹ بوده و بالاترین مقدار و در نتیجه مخاطره را نشان می‌دهد. پس از آن، شاخص ۲ مربوط به شرایط محیطی قرار می‌گیرد و نیاز به رسیدگی و توجه دارد. با توجه به نتایج جدول ۳، شاخص ۳ به طور ویژه و شاخص ۲ به طور ضمنی مورد بررسی قرار می‌گیرد و شاخص‌های ۴، ۵ و ۶ که در رتبه‌های بعدی اهمیت قرار دارند به پژوهش‌های آتی محول می‌گردند.

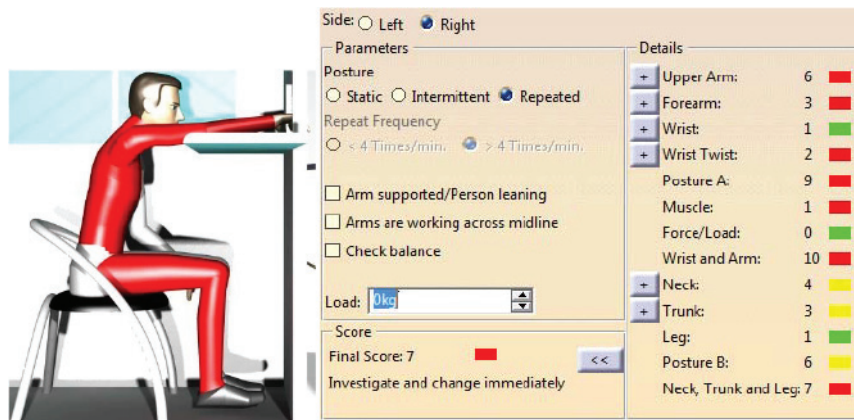
با توجه به اولویت شاخص جسمی - حرکتی و برای تحلیل بهتر آن، از تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها بر اساس روش مواجهه QEC استفاده شد

جدول ۴: توزیع سطح مواجهه برای نقاط مختلف بدن

توزیع سطح مواجهه	گردن	کتف و شانه	کمر	آرنج	مچ‌ها و دست‌ها	زانوها
$\geq 5$	٪۴۶/۸۰	٪۴۴/۶۸	٪۶۸/۰۸	٪۶/۳۸	٪۲۷/۶۶	٪۳۲
$\leq 5$	٪۶/۳۸	٪۱۷/۰۲	٪۱۰/۶۴	٪۲۵/۵۳	٪۲۵/۵۳	٪۱۵
احساس درد یا ناراحتی	٪۵۲/۲۰	٪۶۱/۷۰	٪۷۶/۷۲	٪۳۱/۹۲	٪۵۳/۲۰	٪۴۶/۸۱



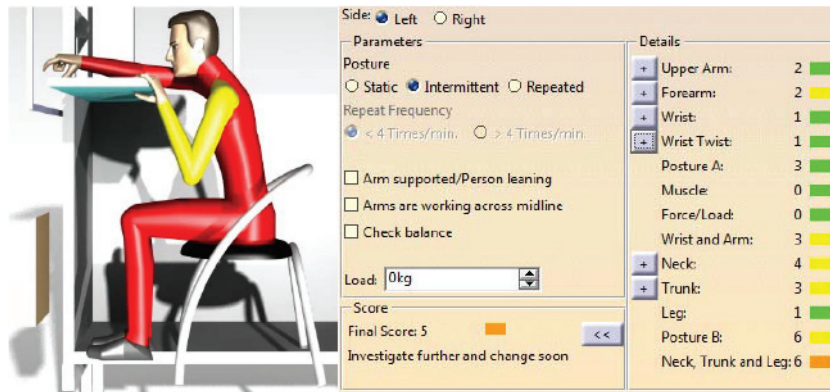
شکل ۱. مدل سه بعدی و برخی اندازه‌های آنترپومتریکی تعریف شده



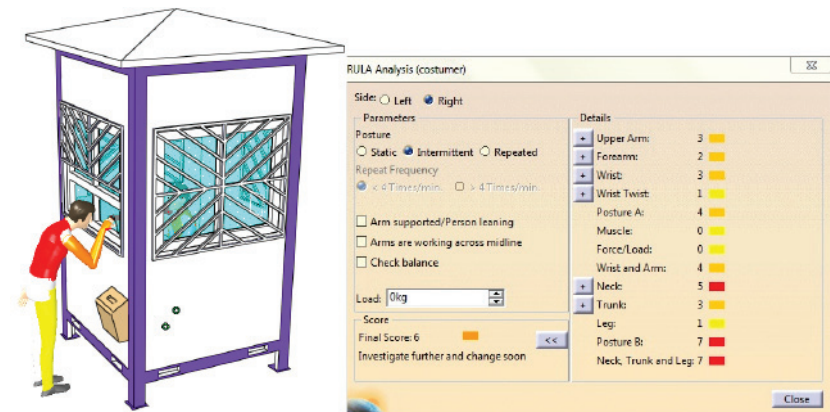
شکل ۲. تحلیل وضعیت سمت راست بدن به روش RULA برای مدل شبیه سازی شده

فرد به هنگام عملیات شارژر و یا خرید "بلیت الکترونیکی" شبیه سازی و با آنالیز RULA، تحلیل گردید. اگر چه، در این بررسی ۶۸،۱٪ کارکنان گیشه‌ها را کارمندان زن تشکیل می‌دهند، لیکن با توجه به نتایج آزمون فرض آماری، استفاده از مدل با جنسیت مرد تغییری در نتایج نخواهد داد.

QEC امکان پذیر نمی باشد و ایجاد شرایط معادل با واقعیت در آزمایشگاه مقدور نیست، از روش شبیه سازی پوسچرهای بدنی در وضعیت فعلی و پیشنهادی استفاده می گردد. به این ترتیب، اطلاعات آنترپومتری لازم در نرم افزار CATIA V5 R20، وارد شد و رفتار



شکل ۳. تحلیل وضعیت سمت چپ بدن به روش RULA برای مدل شبیه سازی شده



شکل ۴: تحلیل وضعیت بدن مشتری به روش RULA برای مدل شبیه سازی شده

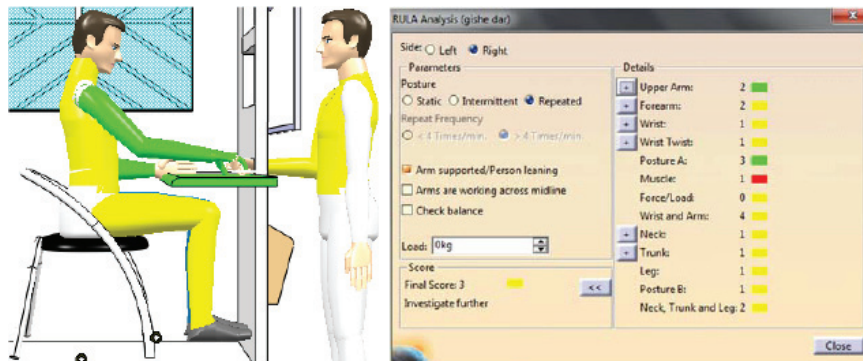
تحلیل RULA، اعمال شد. برای این وضعیت عدد ۵ (رنگ نارنجی) به دست آمد. این وضعیت نامطلوب و نیازمند اصلاح بود.

در همه موارد اتاقک فروش به ایستگاه اتوبوس نزدیک بوده و پنجره گیشه نیز به سمت خیابان است. به سبب تردد وسایل نقلیه و توقف و حرکت اتوبوس‌ها در ایستگاه، سر و صدای ایجاد شده مانع از شنیدن صدای مشتریان به هنگام مبادله کارت و پول با فروشنده می‌شود. علاوه بر نامطلوب بودن صدای محیط برای فروشنده، مشاهده می‌شود که مشتریان برای صحبت با کارکنان خود را به سمت سوراخ کوچک تعبیه شده در پنجره گیشه خم

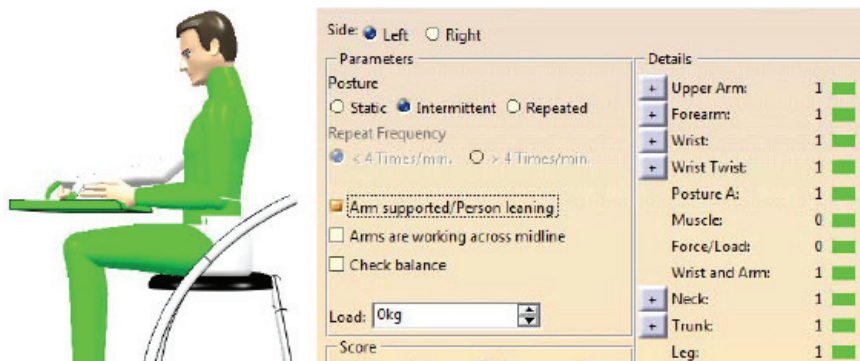
همین طور با استفاده از داده‌های آنتروپومتری برای مشتریان گیشه‌ها جنسیت مرد با میانگین عدد ۱۷/۱۴، ۱۷ میلی‌متر در نظر گرفته شد (Hos-seini Nasab, 2008). با توجه به این که ۸۶/۴٪ از افراد مورد بررسی راست دست هستند، پوسچر تبادل برای نیمه راست بدن با استفاده از مدل سه بعدی مطابق شکل ۲، مورد تحلیل RULA قرار گرفت. نتیجه حاصل از این تحلیل، عدد ۷ (به رنگ قرمز) بود که ریسک بالایی را نشان می‌داد و هر چه سریعتر باید اصلاح می‌شد.

برای نیمه چپ بدن فروشنده نیز که درگیر انجام کار نیست، مطابق شکل ۳ به هنگام استراحت





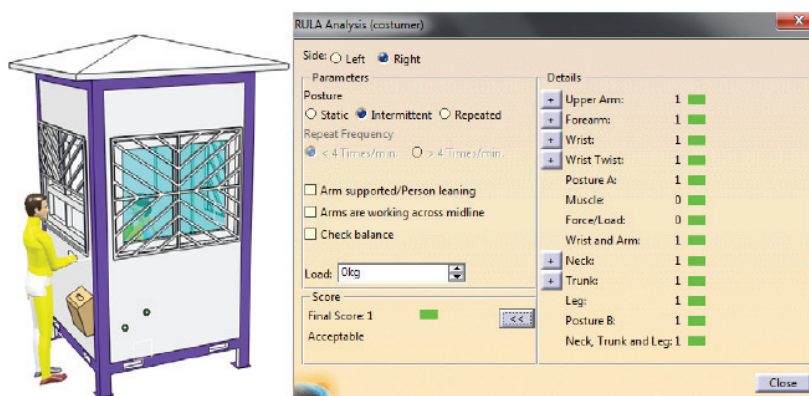
شکل ۵. الف: تحلیل RULA براساس پوسچر سه بعدی تغییر یافته (سمت راست بدن)



شکل ۵. ب: تحلیل RULA براساس پوسچر سه بعدی تغییر یافته (سمت چپ بدن)

با تغییرات ابعاد میز داخل گیشه و شبیه سازی مکرر نحوه نشستن و گرفتن کارت و پول به هنگام کار، ارتفاع بهینه بر اساس میانگین قد افراد ۷۴۰ میلی متر به دست آمد. وضعیت تصحیح شده در شکل ۵- الف برای سمت راست بدن نمایش داده شده است. آنالیز RULA برای این پوسچر عدد ۳ را نشان می‌دهد که نشان دهنده بهبود شرایط کار است. نتیجه تحلیل ریسک برای سمت چپ بدن نیز در شکل ۵- ب نشان داده شده است. بنابراین دست چپ هم در وضعیت مطلوبی قرار می‌گیرد، به طوری که ساعد و بازو زاویه تقریبی ۹۰ درجه داشته و به راحتی بر روی میز قرار می‌گیرد. آنالیز RULA برای این پوسچر عدد ۱ می‌باشد که بیان کننده قابل قبول بودن پوسچر پیشنهادی است. مطابق شکل ۶ محل مبادله کارت و پول

می‌کنند. این وضعیت مشتریان مطابق شکل ۴ با در نظر گرفتن ابعاد آنتروپومتری استاتیک در نرم افزار CATIA V5 R20 شبیه سازی شد. ریسک به دست آمده از آنالیز RULA برای این وضعیت عدد ۶ می‌باشد. ارتفاع میز کار نیز به گونه‌ای است که بازوی فروشنده بالاتر از شانه قرار می‌گیرد که این حالت در درازمدت، موجب درد و ناراحتی در ناحیه بازو، کتف و گردن می‌شود. همچنین این وضعیت، سبب می‌شود، فرد خود را به سمت جلو خم کند که خود ریسک آسیب‌های وارده به کمر را افزایش می‌دهد. این ارتفاع در وضعیت فعلی نسبت به کف باجه ۱ متر و در خارج از باجه برابر با ۱۳۶۰ میلی متر از سطح خیابان یا پیاده رو است که برای مشتریان نیز نامطلوب می‌باشد.



شکل ۶: تحلیل RULA بر اساس پوسچر سه بعدی تغییر یافته برای مشتری

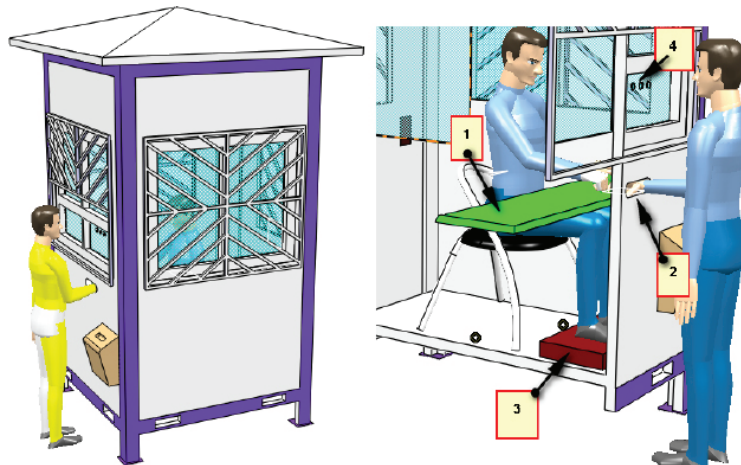
عضلانی و پس از آن شرایط محیطی می‌باشد. بر اساس روش‌های QEC و پرسشنامه نوردیک نواحی کمر و شانه و بازو در معرض بیشترین ناهنجاری می‌باشند.

نتیجه تحقیق حاضر با بسیاری از نتایج تحقیقات مشابه همسو می‌باشد. برای نمونه در پژوهش خدابخشی و همکارانش در ارزیابی ریسک اختلالات اسکلتی-عضلانی در کاربران رایانه ادارات توپسرکان به روش RULA، میزان شیوع درد، در کاربران به ترتیب در نواحی گردن، کمر، شانه، ناحیه پشت، مچ دست، آرنج و زانوها با درصد بالایی مشاهده شده است (Khodabakhshi *et al.*, 2014). محمدی و همکاران، شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی اندام‌های فوقانی و ارزیابی ریسک ابتلا به را در کاربران رایانه یک شرکت برق با روش RULA، بررسی و گزارش کردند که بیشترین ناراحتی مربوط به کمر (۸۰ درصد)، گردن (۷۳ درصد)، مچ و دست (۷۳ درصد) و شانه (۴۷ درصد) بوده است (Dormohammadi *et al.*, 2014). همچنین نتایج تحقیق Schibye و همکارانش که بر روی ۳۲۷ اپراتور ماشین خیاطی، با استفاده از پرسشنامه نوردیک انجام پذیرفته است، نشان می‌دهد شیوع بالایی از علائم اسکلتی-عضلانی در شانه‌ها و

مشتری با فروشنده نیز هم ارتفاع با میز کار در نظر گرفته شده تا فرآیند انجام کار آسانتر باشد. این ارتفاع برای مشتریان نسبت به سطح زمین ۱۰۹۰ میلی‌متر است. سه سوراخ کوچک نیز بر روی شیشه جلویی در نظر گرفته شده تا به هنگام صحبت با فروشنده، مشتریان ناگزیر نباشند تا خود را به سمت پایین خم کنند. ارتفاع ۱۵۳۰ میلی‌متر نسبت به زمین به عنوان ارتفاع بهینه برای سوراخ‌ها می‌باشد. آنالیز RULA برای مشتری در این حالت، عدد ۱ را نشان می‌دهد که بازگو کننده قابل قبول بودن پوسچر جدید است.

### بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش، شرایط کار در گیشه‌های فروش و شارژ بلیت الکترونیکی در سطح شهر مشهد مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا با استفاده از روش‌های مصاحبه، پرسشنامه و فیلمبرداری، اطلاعات لازم در ۶ بخش تهیه گردید. این اطلاعات شامل بخش‌های عمومی و فردی، جسمی-حرکتی، محیطی، روانی، ایمنی و همچنین ارتباطی می‌باشد. سپس با تجزیه و تحلیل شاخص‌های ارگونومیکی حاصل، مشخص گردید که بیشترین سطح مواجهه شغلی و مخاطره مربوط به وضعیت اسکلتی-



شکل ۷. تغییرات پیشنهادی در طراحی و چیدمان باجه (شماره‌ها در جدول ۵ توضیح داده شده‌اند)

جدول ۵. تغییرات پیشنهادی برای کاهش مخاطرات شغلی

تغییرات پیشنهادی	نتایج حاصل
۱. تغییر ارتفاع میز از ۱۰۰۰ به ۷۴۰ میلی‌متر نسبت به کف باجه	تغییر عدد رولا از ۷ به ۳ و در نتیجه کاهش ریسک‌های اسکلتی-عضلانی. ساعد دست زاویه تقریبی ۹۰ درجه نسبت به بازو دارد و پایین تر از بازو قرار می‌گیرد، در نتیجه دست‌ها به هنگام استراحت در وضعیت مطلوبتری هستند.
۲. تغییر ارتفاع محل تبادل کارت و پول از ۱۳۶۰ به ۱۰۹۰ میلی‌متر نسبت به زمین	تغییر شاخص ریسک RULA از ۶ به ۱.
۳. استفاده از زیر پای برای فروشنده	عدم آویزان بودن پاها، کاهش درد زانو، عدم کشیدگی مفاصل و در نتیجه کاهش آسیب‌های وارده به کمر.
۴. ایجاد ۳ سوراخ بر روی شیشه پنجره در ارتفاع ۱۵۳۰ میلی‌متری از سطح زمین	عدم خم شدن مشتریان به پایین (محل تبادل کارت و پول) و در نتیجه کاهش ریسک اسکلتی-عضلانی (کاهش آسیب‌های وارد به گردن و کمر)
۵. استقرار باجه کمی دورتر از ایستگاه اتوبوس و تغییر جهت گیشه به میزان ۱۸۰ درجه، به طوری که پنجره جلویی پشت به خیابان بوده و درب باجه به سمت خیابان باشد.	کاهش سر و صدای ناشی از وسائط نقلیه، تسهیل در شنیدن صدای مشتری و کاهش ورود دود ناشی از اتوبوس‌ها به داخل اتاقک باجه.
۶. تغییر نحوه قرار گیری کابین باجه، به طوری که اتاقک بر روی سکو و یا ارتفاع زیاد قرار نگیرد.	ارتفاع محل تبادل کارت و پول، برای مشتریان مناسب شده و برقراری ارتباط با فروشنده آسانتر است.

وضعیت بدنی در حین کار و حفظ وضعیت استاتیکی دارد که باید ویژگی‌های ارگونومیکی در طراحی ایستگاه‌ها، تجهیزات و چیدمان قرار گیری تجهیزات کاری افراد به طور مطلوبی در نظر گرفته شود. این ناهنجاری‌ها ممکن است به دلیل نامناسب بودن ارتفاع میز و محل تبادل کارت و پول بین مشتری و فروشنده باشد. زیرا فروشنده به هنگام کار باید در مدت زمان طولانی به تکرار به جلو خم شده و در وضعیتی قرار گیرد که دست او به سمت جلو کشیده شده و بالاتر از کتف باشد. هم‌چنین به هنگام استراحت نیز ارتفاع زیاد میز

گردن کاربران وجود داشته است. (Schibye et al., 1995) این مطابقت و گاهی تفاوت در درصد درد نواحی مختلف بدن، می‌تواند در تفاوت یا مطابقت نوع شغل، میزان ساعات کاری و نحوه تکرار فعالیت‌ها و موارد مشابه باشد، به طوری که در سایر مشاغل مشابه پوسچر کارکنان باجه‌های شارژ و فروش بلیت الکترونیک نیز موارد مشابهی از اختلالات در اندام فوقانی و تنه را گزارش کرده‌اند (Mahmoodi, et al., 2014). در هر حال درصد‌های بالای اختلالات اسکلتی-عضلانی گزارش شده نشان از نامناسب بودن

## منابع

- AFL-CIO, American Federation of Labor and Congress of Industrial Organizations, 2012. Report on 'Death on the Job, the Toll of Neglect: a National and State-bystate Profile of Worker Safety and Health in the United States'.
- Bhattacharya A. 2014, Costs of occupational musculo-skeletal disorders (MSDs) in the United States. *International Journal of Industrial Ergonomics*. (44):448-454.
- Bongers PM, Kremer AM, Ter Laak J. 2002, are psychosocial factors, risk factors foe symptoms and signs of the Shoulder, elbow, or hand/wrist? A review of the epidemiological literature. *Am J Ind Med*. 41(5):315-342.
- Choobineh A.; Daneshmandi.; Fallah Poor A.; Rahimi Fard H. 2013, Ergonomic assessment of musculoskeletal disorders risk level among workers of a petrochemical company. *Iran Occupational Health*, 10(3): 78-88.[Persian]
- David, G.; Woods, V.; Li G, Buckle P. 2008. The development of the Quick Exposure Check (QEC) for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Applied Ergonomics*. 39 (1): 57-69.
- Dawson A-P.; Steele E-J.; Hodges P- W.; Stewart S., 2009, Development and Test-Retest Reliability of an Extended Version of the Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ-E): A Screening Instrument for Musculoskeletal Pain. *The Journal of Pain*. 10 (5): 517-526.
- Dormohammadi A, Zareie E, Normohammadi M, سبب می‌شود تا دست‌ها به راحتی بر روی میز قرار نگیرد و ایجاد ناراحتی در فروشنده کند. از طرفی، فقدان زیر پای وضعیت نامطلوبی برای پاها به وجود می‌آورد به گونه‌ای که با آویزان بودن پاها به مرور زمان، درد در ناحیه زانو و پاها به کمر منتقل می‌شود. محل کابین نیز در بعضی موارد بالاتر از سطح زمین (بر روی سکو) است که ارتفاع گیشه را برای مشتریان زیاد می‌کند. به علاوه استقرار باجه‌ها در کنار ایستگاه‌های اتوبوس و رو به خیابان بودن آن‌ها علاوه بر ایجاد صداهای آزار دهنده برای فروشنده، در برقراری ارتباط با مشتریان اختلال ایجاد می‌کند. به هنگام تردد اتوبوس‌ها دود ناشی از آنها نیز کیفیت هوای داخل گیشه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.
- بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده، مدل سه بعدی برای فروشنده و مشتری در نرم افزار CATIA V5 R20 ایجاد شد و برای وضعیت فعلی تحلیل RULA انجام گردید. با توجه به ریسک بالای وضعیت‌های بدنی موجود، تغییراتی در وضعیت بدنی با تأکید بر نواحی با ریسک بالاتر، اعمال و تحلیل‌ها تکرار گردید. در وضعیت جدید سطوح ریسک فروشنده به ترتیب برای سمت راست و چپ بدن از ۷ و ۵ به ۳ و ۱ و برای مشتری از ۶ به ۱ بهبود یافت. برای تعمیم نتایج حاصل از این تحقیق، لازم است تا بررسی‌های تکمیلی بر روی تعداد بیشتری از باجه‌های فروش بلیط در سطح کشور انجام شده و سازه‌های مختلف، چیدمان متفاوت و کارکنان با ویژگی‌های آنتروپومتریکی متفاوت مورد مطالعه قرار گیرند.
- در جدول ۵ و شکل ۷ تغییرات پیشنهادی برای کاهش آسیب‌های اسکلتی - عضلانی و مشکلات محیطی و همچنین تأثیر آن‌ها خلاصه شده است.

- assessment of musculoskeletal disorders risk among the computer users by RULA technique and effects of an eight-week corrective exercises program on reduction of musculoskeletal pain, *Journal of Ergonomics*, 2(3): 44-56. [Persian]
- Kihlstedt A.; Hägg G- M., 2011, Checkout cashier work and counter design Video movement analysis, musculoskeletal disorders and customer interaction. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 41: 201-207.
- Korpinen L.; Suuronen N.; Latva-Teikari J.; Pääkönen R., 2009, A questionnaire on the health effects of new technical equipment. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 39(1): 105-114.
- Kuorinka I.; Jonsson B.; Kilbom A.; Vinterberg H.; Biering-Srensen F.; Gorgensen K., 1987, Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied Ergonomics*. 18(3):233-237.
- Lamel L.; Bennacef S.; Gauvain J-L.; Dartigues H.; Temem J-N, 2002, User evaluation of the Multimedia Service Kiosk. *Speech Communication*, 38:31-139.
- Mahmoodi F, Sahebozamani M, Sharifian I, Sharifi H., 2014, The effect of corrective exercises on the pain and degree of uneven shoulder deformity. *J Res Sport Rehabil*. 1(2):1-9. [Persian]
- McAtamney L.; Corlett E- N., 1993, RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*. Sarsangi V, Amjad Sardrodi H, Asghari M. 2014, Risk Assessment of Computer Users' Upper Musculoskeletal limbs Disorders in a Power Company by means of RULA Method and NMQ in 1390. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*, 20(4):521-529. [Persian]
- Esbati M.; Khaleghian M.; Parkani A., 2012, Complex regulations difficult and hazardous jobs: Fadak Isatis; [Persian]
- Grave R-J., 1992, Using ergonomics in engineering design to improve health and safety. *Safety Science*; 15(4-6): 327-349.
- Hosseini Nasab H.; Sadra Abarghooi N. 2008, Static Anthropometry in Iran. 1st Iranian National conference on Ergonomics: 492-501. [Persian]
- IGR- DHJ, Iranian Government Regulation Act for difficult and hazardous jobs, 2007, <http://www.tamin.ir/News/Item/1646/2/1646.html>. [Persian]
- ISSOAS, Iran Social Security Organization Annual Statistical Report; 2013. [Persian]
- Janbozorgi A, Karimi A, Rahnama N, Karimian R, Ghasemi GhA. 2012, An ergonomic analysis of musculoskeletal disorder risk in tutors by Quick Exposure Check (QEC) method and the effect of 8-week selective corrective exercises and ergonomic intervention on their encounter. *J Res Rehabil Sci*. 8(5):919-927. [Persian]
- Khodabakhshi Z, Saadatmand S. A, Anbarian M, Heydari Moghadam R, 2014, An ergonomic

- Sjogaard G., 1995, Musculoskeletal symptoms among sewing machine operators. *Scand J Work Environ Health*. 21(6):427-34.
- Tirgar A, Aghalari Z , Salari F., 2014, Musculoskeletal disorders and ergonomic considerations in computer use among medical sciences students. *Journal of Ergonomics*. 1(3):55-64. [Persian]
- Wiler ,J-L.; Gentle ,C.; Halfpenny ,J-M.; Heins ,A.; Mehrotra A,Mikhail M-G,Diana, F., 2010, Optimizing Emergency Department Front-End Operations. *Annals of Emergency Medicine*. 55(2):142-160.
- Wiley, 2010, TICKOO S. CATIA V5R20: For engineers and designers.
- Wishart, G-A., 1986, An improved counter design for bank tellers. A case study. In: *Trends in the Ergonomics of Work*. Proc 23rd ann conf Erg Soc. Australia.: 24-28.
- 24(2): 91-99.
- MHME, Ministry of health and medical education. 2013, Threshold limits for occupational exposures.; Book 1&2. [Persian]
- Naidoo S, Kromhout H, London L, Naidoo RN, Burdorf A. 2009, Musculoskeletal Disorders Pain in Women Working in Small- Scale Agriculture in South Africa. *Am J Ind Med*.52:202-209.
- Rahimian JT, Choobineh A, Dehghan N, Rahimian RT, Kolahi H, Abbasi M, Abbaszadeh M. 2014, Ergonomic Evaluation of Exposure to Musculoskeletal Disorders Risk Factors in Welders. *Journal of Ergonomics*. 1(3):18-26. [Persian]
- Rowe I.; Smith D., 2005, Developing a design for the new ticket offices at King's Cross Underground Station. *Contemporary Ergonomics*: 626-634.
- Schibye B, Skov T, Ekner D, Christiansen JU,

## Ergonomic Assessment and Design of Electronic Ticket Booths in Mashhad City

*H. Razavi*<sup>1\*</sup>; *A. Behbudi*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Associate Professor, Industrial Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad

<sup>2</sup> B.s.c, Industrial Management, Allameh Tabataba'ii University

### Abstract

**Introduction:** Work conditions in kerbside ticket booths intensify the risk of health threats. In this research, it is aimed to introduce solutions for improving ergonomics conditions of these booths, by ranking and analysis the risk factors.

**Material and Method:** Demographic information as well as physical, mental, and safety conditions of 47 booths are collected through questionnaires, interview and video recording. Following, critical index was identified using a hybrid method including QEC checklist, ANOVA statistical test and innovative methods for determining ergonomic indices. Improvement strategies for the critical index were analysed, using CATIA V5 R20 software and RULA technique, and solutions were presented.

**Result:** Based on F-test at the 0.05 significance level, anthropometric characteristics and personal information showed no difference between male and female vendors, except for weight. Comparison of ergonomic indices manifested the maximum occupational exposure for physical-motor factors (45.39) and environmental factors (41.28). Additionally, the highest risks determined by Nordic questionnaire and QEC checklists belonged to arms and shoulders (38) and wrist (26). Three dimensional model of vendor with current and suggested postures were analysed using RULA and accordingly it was found that risk levels were improved for right and left side of the vendor body from 7 and 5 to 3 and 1, and for customers from 6 to 1.

**Conclusion:** Vendors of electronic ticket booths are exposed to musculoskeletal and environmental health threats, in Mashhad. Relocating the booths, adjusting counter and desk height can significantly reduce the risk of mentioned hazards

**Keywords:** *Ergonomic assessment, Ticket booth, RULA, QEC checklist, Nordic questionnaire*

\* Corresponding Author Email: [h-razavi@um.ac.ir](mailto:h-razavi@um.ac.ir)