ارزیابی مواجهه راهبران مترو با ارتعاش تمام بدن بر اساس روش های پایه و VDV استاندارد ISO 2631-1

علی خوانین[۱] - کیکاوس ازره[۲*] - رمضان میرزایی[۳] - سید باقر مرتضوی[۱] - حسن اصیلیان[۴] - اردلان سلیمانیان[۵]

azrah.1365@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۴

چکیده

مقدمه: ارتعاش تمام بدن زمانی اتفاق می افتد که انسان روی سطحی که در حال لرزش است قرار می گیرد و ارتعاش بر قسمتی از بدن که از محل تماس دور است اثر می‌گذارد. تا به امروز اثرات بهداشتی متعددی ازجمله کمردرد، درد عصب سیاتیک، عوارض گوارشی،مشکلات دستگاه تناسلی و آسیب شنوایی در ارتباط با ارتعاش تمام بدن گزارش شده است. در این مطالعه حدود ۲۰۰۰ دقیقه اندازه گیری ارتعاش بر روی ۲۳ قطار در ۴ خط فعال مترو تهران جهت تعیین میزان مواجهه با ارتعاش تمام بدن راهبران قطارها انجام شد.

روش کار: برای اندازه گیری ارتعاش تمام بدن، از دستگاه ارتعاش سنج و آنالیزور SVAN 958 ساخت کمپانی Svantek استفاده شد و بر طبق استاندارد ISO 2631-1 میزان شتاب r.m.s وزنی – فرکانسی برای هر محور، ترکیب محورها، فاکتور قله، VDV و نسبت های مطرح در استاندارد جهت تعیین نوع معیار ارزیابی، اندازه گیری و محاسبه شدند.

یافته ها: نتایج نشان داد که مواجهه همه راهبران با ارتعاش طبق روش پایه از حد پایین ناحیه احتیاط راهنمای بهداشتی (< ۰/۴۵ m/s^2)، کمتر و طبق روش ارزیابی با استفاده از مقدار دوز ارتعاشی، VDV، تعداد ۱۲ نمونه بالاتر از حد پایین ناحیه احتیاط راهنمای بهداشتی(<۸/۵ $m/s^{1.75}$)، و فقط ۱۱ مورد در محدوده پایین‌تر از مقدار مذکور قرار گرفتند.

نتیجه گیری: بررسی نتایج به‌دست آمده با استفاده از روش‌های پایه و مقدار دوز ارتعاشی، میزان مواجهه متفاوتی را در دو روش بیان می‌کند که در روش VDV میزان ریسک پیش بینی شده بسیار بیشتر از روش پایه ارزیابی ارتعاش است که این موضوع می تواند مدعایی بر این واقعیت باشد که برخی از شاخص‌های ارایه شده، بیانگر محدوده ای ایمن در ارزیابی ارتعاش انسانی نیستند.

کلمات کلیدی: *ارزیابی ارتعاش، ارتعاش تمام بدن، VDV، ارتعاش راهبران مترو، مترو تهران*

۱- دانشیار گروه بهداشت حرفه‌ای ، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۲- مربی گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد
۳- دانشیار گروه بهداشت حرفه‌ای ، دانشکده بهداشت و مرکز ارتقای سلامت دانشگاه علوم پزشکی زاهدان
۴- استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای ، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۵- مربی گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

مقدمه

امروزه کارگران بسیاری از مشاغل در بخش حمل و نقل (جاده های درون شهری و برون شهری) ، صنعت ، کشاورزی ،معدن و... در معرض ارتعاش تمام بدن قرار دارند (Paddan and Griffin, 2002) ارتعاش تمام بدن زمانی اتفاق می افتد که انسان روی یک سطح لرزشی قرار گیرد. در این حالت ارتعاش بر قسمتی از بدن که دورتر از محل تماس قرار دارد اثر می کند.این نوع ارتعاش از چندین مسیر به بدن وارد شده و به طور بالقوه می‌تواند بر روی ارگان‌هایی که در مجاورت نقطه ورود ارتعاش نیستند، اثر بگذارد. از جمله مهم‌ترین نقاط ورود ارتعاش به بدن می‌توان به پاها، نشیمن‌گاه، کمر و پشت سر اشاره نمود. (Mansfield, 2005; South, 2004) مطالعات متعدد روی اثرات طولانی مدت ارتعاش مکانیکی تمام بدن نشان داده است که این ارتعاشات در بدن انسان موجب تغییرات غیر اختصاصی در قسمت های مختلف اندام‌ها وسیستم‌های بدن مثل سیستم‌های تولید مثلی در خانم‌ها، اندام‌های حسی و سیستم محیطی گردش خون می‌شود. (Holmberg *et al,* 2005) در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۶ توسط johanning و همکاران انجام شد نشان داد که درد کمر در مهندسین خطوط ریلی در معرض ارتعاش تمام بدن به طور معنی داری نسبت به گروه کنترل بالاتر بود. همچنین درد شانه نیز در این گروه مورد مطالعه بالاتر از گروه کنترل گزارش شده است. در مطالعه دیگری که در دانشگاه آمستردام توسط هندریک وهمکارانش انجام گرفت، مقایسه بین درد پشت رانندگان تراکتور (در مواجهه با ارتعاش) و افرادی‌که راننده تراکتور نبودند، نشان داد که رانندگان تراکتور ۱۰ درصد درد پشت بیشتری نسبت به گروه شاهد داشتند، در مطالعه میرزایی و همکاران در سال ۲۰۱۰ که در بررسی میزان مواجهه با ارتعاش و اختلالات اسکلتی عضلانی رانندگان تراکتور انجام شد، بیشترین فراوانی درد در بین رانندگان را درد کمر (۵۶/۸ درصد) اعلام نمود. با این تفاسیر می‌توان به اهمیت توجه بیشتر به مساله ارتعاش در بین رانندگان پی برد و در این راستا مطالعات بیشتری را پیش بینی نمود. (Hendriek *et al.,* 1990; Mirzaei *et al,* 2010; Johanning *et al.,* 2006) در حال حاضر جهت ارزیابی ارتعاش با توجه به پاسخ انسان به ارتعاش تمام بدن ،دو استاندارد اصلی وجود دارد (ISO 2631-1 :1997 و BS 6841: 1987).

تفاوت‌های متعددی در روش های اندازه گیری، ارزیابی و روش های تعیین شده وجود دارد: مثلاً استاندارد انگلیسی BS 6841: 1987 توصیه می کند که اندازه گیری در چهار جهت ارتعاشی بر روی سطح نشیمن گاه (ارتعاش عمودی، عرضی، طولی (جلو به پشت) و همچنین ارتعاش پشتی صندلی (جلو به پشت) انجام گردد و در مرحله بعد، برآیند این چهار جهت مورد ارزیابی قرار گیرد.(BS 6841, 1987) اما استاندارد ISO 2631 که مطالعه حاضر بر اساس آن انجام شده است، از این ایده پیروی می‌کند که ارزیابی ارتعاش تمام بدن فقط باید بر اساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری سه جهت اصلی بر روی نشیمن‌گاه انجام گردد. این استاندارد با وجود این که به اندازه گیری ارتعاش پشتی صندلی نیز توجه می‌کند، اما در محاسبات ارزیابی فقط نتایج سه محور اصلی ارتعاشی را مد نظر قرار می‌دهد. این استاندارد بیان می‌کند که بالاترین مقدار شتاب w.r.m.s و VDV برای مقایسه با حد HGCZ مربوط به ۸ ساعت مواجهه روزانه انتخاب شود. استاندارد ISO 2631-1 برای ارزیابی ارتعاش همراه

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

با شوک - که معروف به روش ارزیابی پایه است – بیان می کند که در این روش ارزیابی ممکن است خطر مواجهه، کمتر از حد واقعی سنجیده شود. هنگام اندازه گیری اگر تکانه ارتعاشی تکرار شونده یا موردی قابل توجه وجود داشته باشد، سیگنال دریافتی حاوی فراز و فرودهایی بوده و زمانی که این تکانه ها تکرار شوند تاثیر قابل توجهی خواهند داشت و به سبب اینکه تاثیر این وقایع تا زمان سپری نشود از بین نمیرود بنابراین استاندارد روش ثانویه‌ای را برای ارتعاشاتی ارایه می‌کند که سیگنال ارتعاشی آنها حاوی شوک‌های متعدد می‌باشد. در بررسی سیگنال ارتعاشی میزان شتاب موثر پس از هر شوک کاهش می‌یابد و درواقع اثرات شوک ها به مرور خنثی می‌شود، در حالی که VDV به‌طور پیوسته در مراحل پس از شوک‌ها افزایش می‌یابد. (Mansfield, 2005; ISO, 1997; Eger *et al.*, 2008) در این مقاله از هر دو معیار ارزیابی پایه و VDV مطرح در استاندارد ISO 2631-1 استفاده شده است و نتایج حاصل از دو روش با هم مقایسه می‌گردند.

روش کار

مواجهه با ارتعاش تمام بدن

در ارتعاش تمام بدن محدوده فرکانسی حایز اهمیت از ۰/۵ تا ۸۰ هرتز است، اما به‌دلیل آن‌که خطر صدمات در همه فرکانس ها برابر نیستند، یک باند توزین فرکانسی جهت بیان احتمال صدمات در فرکانس های مختلف ارایه شده است. در نتیجه، هنگامی که فرکانس بالا می‌رود، شتاب وزن یافته افزایش می یابد. (European Committee for Standardization, 2003) در ارتعاش تمام بدن طبق توصیه استاندارد ISO2631-1 دو فیلتر توزین فرکانسی قراردادی با عناوین (Wd)، برای ارتعاش دو محور عرضی و طولی و (Wk)، برای ارتعاش محور عمودی در حالتی که فرد بر روی صندلی نشسته است مورد استفاده قرار می گیرد.

استاندارد ISO 2631-1:1997 پیشنهاد می کند که ارتعاش فقط در سه جهت انتقالی بر روی نشیمن‌گاه اندازه‌گیری گردد. اما فقط جهتی که بیشترین شدت (محور غالب) را دارد برای ارزیابی شدت ارتعاش به کار می رود (Paddan and Griffin, 2002). معمولاً ارزیابی اثرات ارتعاشی بهداشتی ،مطابق ISO 2631-1 با استفاده از میزان r.m.s وزن یافته فرکانسی انجام می گیرد، اما زمانی که فاکتور قله بالاتر از ۹ باشد، آن‌گاه استاندارد برای ارزیابی، دو روش جایگزین پیشنهاد می‌کند که شامل مقدار ارتعاش زودگذر حداکثر (MTVV) و مقدار دوز ارتعاشی (VDV) که MTVV به عنوان حداکثر مقدار r.m.s جاری در دوره اندازه گیری می‌باشد. منظور از r.m.s جاری بزرگترین شتاب در ثانیه قبلی است (johanning *et al.*, 2006). البته استاندارد ذکر می‌کند که حتی اگر MTVV یا VDV هم استفاده شود، r.m.s را باید گزارش نمود (Mansfield, 2005; ISO 2631, 1997). همچنین استاندارد بیان می دارد که علاوه بر تجاوز فاکتور قله بیشتر از ۹ در مقادیر اندازه‌گیری‌ها، هنگامی که نسبت‌های $Q1 = \frac{MTVV}{a_{wrms}} > 1.5$ و $Q2 = \frac{MTVV}{a_{wr.m.s} \cdot T^{1/4}} > 1.75$ باشد، نشانگر وجود ارتعاش حاوی شوک های تکراری مهم است. به بیان دیگر زمانی که یکی از سه شرط مذکور حاکم باشد، شوک های ارتعاشی اهمیت می یابند و باید علاوه بر توجه به میزان ارتعاش پایه در ارزیابی ارتعاش، فاکتورهایی مانند MTVV و VDV نیز مورد توجه قرار گیرند.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

در این مطالعه با توجه به این‌که مانند MTVV میزان بالاترین شتاب ارتعاشی در زمان یک ثانیه می‌باشد، اثر یک سیگنال ارتعاشی یک ثانیه‌ای در زمان‌های طولانی مدتی مانند ۴۰۰۰ ثانیه حایز اهمیت نمی‌باشد (Johanning, 2010).

تجزیه و تحلیل ارتعاش تمام بدن در این مطالعه طبق دستورالعمل اجرایی ISO 2631-1 انجام شد. برخی از معادلات مورد نیاز در انجام محاسبات در ادامه ارایه شده‌اند. جزییات کامل در مستندات ISO ارایه شده است.

شتاب r.m.s وزن یافته فرکانسی در معادله ۱ تعریف شده که در آن $a_{w\,rms}$، شتاب r.m.s وزن یافته فرکانسی T، مدت زمان اندازه‌گیری و $a_w(t)$؛ شتاب وزن یافته فرکانسی در زمان t است.

$$a_{w\,r.m.s} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T a_w^2(t)\,dt} \qquad m/s^2 \qquad (۱)$$

برای ترکیب کردن محورهای سه گانه شتاب r.m.s رابطه زیر استفاده گردید:

$$a_{xyz} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \qquad (۲)$$

axyz: برآیند شتاب ارتعاشی ترکیب شده و a_x، a_y و a_z: به ترتیب بزرگی شتاب ارتعاشی در محورهای X,Y,Z .

VDV بر اساس معادله ۳ محاسبه گردید که در آن T، زمان اندازه‌گیری و $a_w(t)$، شتاب وزن یافته فرکانسی در زمان t می‌باشد.

$$VDV(m/s^{1.75}) = \sqrt[4]{\int_0^T [a_w(t)]^4\,dt} \qquad m/s^{1.75} \qquad (۳)$$

مقادیر شتاب r.m.s وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته طبق معادله ۴ محاسبه می‌شود، که در آن a_{wn} شتاب r.m.s وزن یافته فرکانسی برای زیر وظیفه n و t_n زمان مواجهه بر حسب ساعت برای زیر وظیفه n با تعداد N زیر وظیفه شغلی.

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8}\sum_{n=1}^{N} a_{wn}^2 t_n} \qquad m/s^2 \qquad (۴)$$

VDV معادل ۸ ساعته (VDV_{total}) برطبق معادلات ۵ و ۶ تعریف شده است که درآنها $VDVn$، VDV کلی در زیر وظیفه n، tn کل زمان مواجهه با ارتعاش برای زیر وظیفه $t_{n\,measured}$، n مدت زمانی که VDV برای زیر وظیفه n اندازه‌گیری شده است، $VDV_{n\,measured}$؛ VDV اندازه‌گیری شده برای زیر وظیفه n و N؛ تعداد زیر وظایف شغلی است.

$$VDV_n = \sqrt[4]{\frac{t_n}{t_{n\,measured}} \times VDV^4_{n\,measured}} \qquad m/s^{1.75} \qquad (۵)$$

$$\mathrm{VDV_{total}} = \sqrt[4]{\sum_{n=1}^{N} VDV_n^4} \qquad m/s^{1.75} \qquad (۶)$$

مقادیر VDV بر اساس توان چهارم میانگین شتاب وزن یافته مواجهه بوده و به گونه‌ای است که تاکید می‌نماید مقادیر شتاب بزرگ‌تر نسبت به متوسط توان دوم محاسبات r.m.s ارزش بیشتری دارد. برای ترکیب کردن محورهای مختصات VDV ها رابطه زیر به‌کار می رود؛

$$VDV_{xyz} = \sqrt[4]{VDV_x^4 + VDV_y^4 + VDV_z^4} \qquad (۷)$$

$VDVxyz$: دوز ارتعاش ترکیب شده و $VDVx$، $VDVy$ و $VDVz$: به ترتیب دوز ارتعاش در محورهای X,Y,Z.

مشخصات محیط مطالعه

مطالعه بر روی ۲۳ قطار در ۴ خط مترو تهران، با میانگین کل زمان اندازه گیری ۱/۴ ساعت انجام شد.قطارهای مورد مطالعه از طریق هماهنگی با مدیریت شرکت بهره برداری مترو تهران به صورت تصادفی از خطوط مختلف انتخاب و اندازه گیری ارتعاش تمام بدن بر روی

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

صندلی راهبر در سه جهت ذکر شده در استاندارد ISO 2631-1 برای مدت زمانی که حداقل یک دوره کامل کاری در خطوط مختلف طول می کشید،انجام شد. قطارهای مورد استفاده در مترو تهران در خطوط ۱، ۲ و ۴ از دو نوع AC, DC بوده و در خط ۵ مترو از نوع TM2,TM1 می باشد که در اندازه گیری ها از همه انواع قطارهای موجود در خطوط نمونه هایی انتخاب گردید. هرچند که مهندسی طراحی کابین همه انواع قطارهای اندازه گیری شده قدیمی و مربوط به چند دهه قبل می‌باشد، ولی روی هم رفته قطارهای AC نسبت به DC و قطارهای TM1 نسبت به TM2 مدرن تر و دارای طراحی کابین راهبر بهتری بودند. هر راهبر در طول شیفت کاری ۱۰/۵ ساعته روزانه،۷/۵ ساعت در حال راهبری و مواجهه با ارتعاش و ۳ ساعت در محل تعیین شده استراحت می کنند. راهبران در خطوط ۱، ۲ و ۵ به طور معمول در هر شیفت کاری ۳ مسیر رفت و برگشت را می پیمایند و بعد از یک مسیر کامل رفت و برگشت حدود یک ساعت را در حال استراحت و بدون مواجهه با ارتعاش می گذرانند. در خط ۴ نیز میزان مواجهه کلی روزانه مشابه با سایر خطوط بوده و فقط به علت کوتاه بودن مسیر هر راهبر پس از طی دو مسیر رفت و برگشت حدود یک ساعت در محل استراحت راهبران به استراحت می‌پردازد. قطارهای مورد استفاده، عمدتاً ساخت کشور چین بوده و سیستم انرژی آنها از برق ۷۵۰ وات DC ریل سوم و قطار سریع السیر تهران – مهر شهر از نوع ۲۵۰۰۰ وات AC بوده و از طریق شبکه بالاسری تامین می شود. در خطوط مترو تهران با توجه به نوع انحنا و پیچیدگی های مسیر، نوع قطار و سایر ملاحظات تخصصی حداکثر سرعت مجاز ۹۰ و حداکثر سرعت ورود به ایستگاه ۵۰ کیلومتر بر ساعت تعریف شده است. فواصل بین ایستگاه‌ها در خطوط مختلف متفاوت و از ۰/۹ کیلومتر تا ۵ کیلومتر متغیر است. طولانی ترین مسیر مربوط به خط ۵ مترو با حدود ۳۹ کیلومتر و کوتاه‌ترین مسیر مربوط به خط ۴ با حدود ۱۰ کیلومتر در زمان اندازه گیری بود. حداکثر مقدار شیب نیز با میزان ۵ درصد مربوط به خط یک و کمترین مقدار شیب به میزان ۱ درصد مربوط به خط ۵ بود. خط ۲ نیز با حدود ۱۹ کیلومتر دارای بیشترین مسیر زیر زمینی و خط ۵ با حدود ۲/۵ کیلومتر دارای کمترین مسیر زیرزمینی بودند.

روش جمع آوری داده ها

این مطالعه طبق روش های توصیه شده استاندارد، هنگامی که راهبران مشغول انجام فعالیت معمول روزانه بودند انجام شد. اندازه گیری ها در طول یک پریود کامل که حداقل یک مسیر رفت وبرگشت کامل را پوشش می داد، به منظور بررسی مواجهه کلی روزانه راهبران با ارتعاش بر روی نشیمن‌گاه صندلی آنان انجام گردید و در نهایت اندازه گیری انجام شده در مدت زمانی حدود یک سوم زمان مواجهه راهبران به کل شیفت کاری تعمیم داده شد، با این فرض که ویژگی‌های مختصات ارتعاش برای تمام شیفت مشابه با ویژگی های ارتعاشی در طول زمان اندازه گیری باشد. برای جلوگیری از ورود سیگنال‌های ارتعاشی غیر نرمال ثبت داده ها فقط در زمانی که راهبر بر روی صندلی کاملاً در حالت نشسته قرار داشت انجام شد. با توجه به این که در زمان انجام مطالعه، فراوانی نسبی قطارها در خطوط مختلف با هم یکسان نبود بنابراین تصمیم بر آن شد که در

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

هر خط حداقل ۴۰ درصد از قطارها مورد ارزیابی قرار گیرند. نهایتاً این قطارها به‌صورت تصادفی به نحوی که درصد فراوانی نسبی هر یک از انواع قطارهای موجود در هر خط نیز کمتر از ۴۰ درصد نباشد، انتخاب شدند.

جهت جمع آوری داده‌های ارایه شده در این مقاله از دستگاه ارتعاش سنج و آنالیزور SVAN ۹۵۸ ساخت کمپانی Svantek دارای دتکتورهای r.m.s و r.m.q دیجیتال همراه با تشخیص پیک دارای ثابت زمانی از ۱۰۰ میلی ثانیه تا ۱۰ ثانیه و شتاب سنج نشیمن‌گاه سه محوری SV39A/L (در محدوده فرکانسی ۰/۵ تا ۳ کیلو هرتز) مطابق با استاندارد ISO 2631-1 و SAE j1013 طراحی شده و درون یک پد لاستیکی با ضخامت ۱۲ mm قرار دارد، استفاده شد. هنگام اندازه گیری فیلتر باند توزین فرکانسی مورد استفاده در محورهای X، Y و Z به ترتیب Wkو Wd،Wd بود. میانگین زمان های اندازه گیری برای هر یک از خطوط مترو در جدول ۲ بیان شده است. بر اساس توصیه استانداردها اندازه گیری باید حداقل در طول زمانی معادل ۲۰ دقیقه انجام گردد و در موارد خاص، زمان اندازه گیری حداقل ۳ دقیقه انجام گیرد. در اندازه گیری های بیش از ۲۰ دقیقه باید در صورت امکان نمونه‌های تکراری گرفته شود. اگرچه اندازه‌گیری‌های طولانی مدت، ۲ ساعته و یا بیشتر قابل قبول‌تر می‌باشد. (ISO 2631, 1997; European Committee for Standardization, 2003; Iov *et al,*. 2008).

یافته ها

نتایج به‌دست آمده در این مطالعه بر طبق دو معیار ارایه شده در استاندارد ISO 2631-1 تفسیر شده اند:

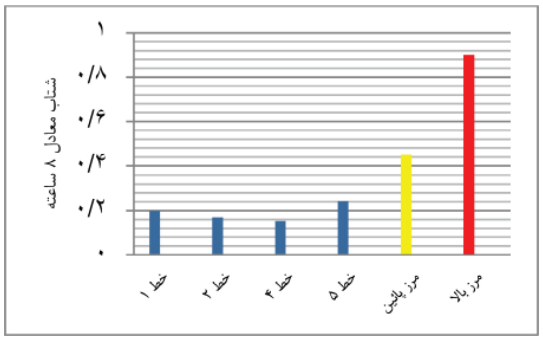
روش ارزیابی پایه

روش ارزیابی پایه ارایه شده توسط استاندارد ISO 2631-1 جهت ارزیابی پاسخ انسان به مواجهه با ارتعاش که قبلاً ذکر شد شامل میزان شتاب r.m.s وزن یافته سیگنال ارتعاش در حساسیت فرکانسی مربوط به انسان است. در این مطالعه سرعت متوسط حرکت قطارها در خطوط مختلف حدود ۶۵ کیلومتر بر ساعت محاسبه گردید و مقادیر شتاب r.m.s در جهات مختلف ارتعاشی مطابق جدول و شکل شماره ۱ می باشد. بر اساس نتایج میانگین مقادیر شتاب r.m.s وزن یافته در هر سه خط ۲،۱ و ۴ در جهات مختلف تقریباً با هم یکسان و در خط ۵ محور غالب در جهت Z می باشد. بالاترین مقدار شتاب وزن یافته فرکانسی، a_w ،اندازه گیری شده بر طبق متد ارزیابی پایه، در جهت عرضی روی صندلی برابر با ۰/۳۰۶ متر بر مجذور ثانیه بود. (جهت Y) طبق مقادیر اندازه‌گیری شده w.r.m.s در محورهای سه گانه، در ۱۱ نمونه محور غالب Y، در ۷ نمونه محور غالب Z و در ۵ نمونه نیز محور X محور غالب بود. ۶ مورد از ۱۱ مورد غالب در محور عرضی مربوط به خط ۱ مترو بود. در واقع از ۹ نمونه گرفته شده در خط ۱، محور غالب در ۶ مورد در جهت Y بود. همچنین در تمامی نمونه‌های گرفته شده در خط ۵ (تهران - مهرشهر) محور عمودی (محور Z) محور غالب بود. استاندارد توصیه می کند که ارزیابی ارتعاش به طور مستقل و جداگانه برای هر محور انجام گیرد، اما در این مطالعه مقادیر r.m.s در تمامی محورها پایین تر از حد پایین HGCZ (< ۰/۴۵) می‌باشد به‌طوری که میانگین در محور افقی ۰/۱۷ ، محور عرضی ۰/۱۹ و در محور عمودی ۰/۱۶ متر بر مجذور ثانیه و آزمون t در مقایسه با حد پایین توصیه شده توسط

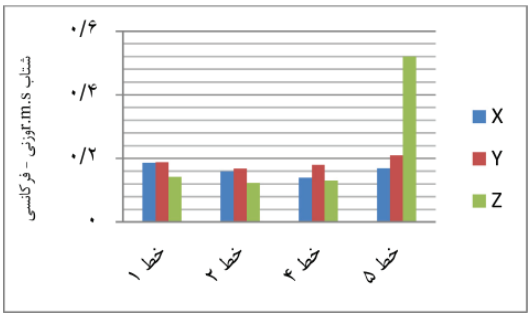
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

جدول ۱: نتایج میانگین مقادیر شتاب r.m.s وزنی- فرکانسی محورهای سه گانه ارتعاشی، ترکیب محورهای شتاب r.m.s ، فاکتور قله و نسبت های Q1 و Q2 در طول زمان راهبری قطارها

خطوط مترو	تعداد نمونه	میانگین زمان اندازه گیری (h)	شتاب r.m.s وزنی فرکانسی (m/s^2)				فاکتور قله			Q1			Q2		
			x	y	z	برایند محورها	x	y	z	x	y	z	x	y	z
خط ۱	۹	۱/۵۴	۰/۱۸۶	۰/۱۸۸	۰/۱۴۲	۰/۲۹۵	۹/۹۷	۲۷/۴۲	۵۱/۴	۹/۹۷	۱۶/۰۳	۲۰/۲	۱/۹۳	۱/۴۹	۳/۶۱
خط ۲	۷	۱/۴۲	۰/۱۵۹	۰/۱۶۹	۰/۱۲۳	۰/۲۶	۱۴/۸	۲۷/۱۹	۳۶	۱۴/۸	۱۲/۲	۲۷/۶	۱/۷۶	۱/۴۵	۴/۳۲
خط ۴	۲	۰/۷	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۲۶۲	۲۴/۶	۳۲/۳	۴۳/۷	۲۴/۶	۱۳/۱	۳۵/۱	۱/۱	۱/۲۲	۳/۲۲
خط ۵	۵	۱/۴۱	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۵۲	۰/۳۷	۱۴/۹	۲۲	۵۸/۱	۱۴/۹	۱۰/۱	۱۳/۱	۱/۶۳	۱/۰۲	۱/۵۹
کل	۲۳	۱/۳	۰/۱۶۴	۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۳	۱۶/۱	۲۷/۲	۴۸/۵	۱۶/۱	۱۲/۹	24	۱/۶۱	۱/۳	۳/۱۹
انحراف معیار	-----	۰/۳۸	۰/۰۱۹	۰/۰۲	۰/۱۹	۰/۰۵	۶/۱	۴/۲	۹/۲	۶/۱۴	۲/۴۶	۹/۴۸	۰/۳۶	۰/۲۲	۱/۱۶



شکل ۱: مقایسه میانگین مقادیر شتاب r.m.s در خطوط مختلف مترو با حدود بالا و پایین HGCZ



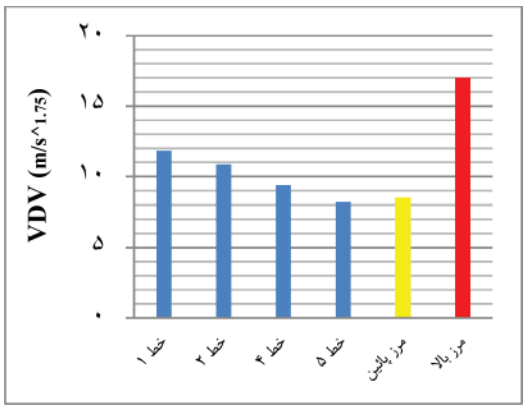
شکل ۲: مقایسه میانگین مقادیر شتاب r.m.s در محورهای ارتعاشی مختلف

استاندارد (۰/۴۵) از نظر این که مقادیر مواجهه کمتر از حداقل استاندارد پیشنهادی بود، در نظر گرفته شد. در هر سه محور اختلاف‌ها با استاندارد معنی‌دار شد ($P<0.05$). بنابراین تمامی مقادیر به‌دست آمده با استفاده از این معیار دارای ریسک پایینی هستند. در استاندارد ISO 2631-1:1997 یک "ناحیه راهنمای هشدار بهداشتی" HGCZ، به منظور تفسیر نتایج مربوط به محوری که مقدار شتاب وزن یافته فرکانسی غالبی دارد موجود است. مرز پایینی ناحیه احتیاطی راهنمای بهداشتی (HGCZ) مواجهه مجاز ۸ ساعته تقریباً ۰/۴۵ m/s^2 و مرز بالایی آن جهت ۸ ساعت مواجهه حدود ۰/۹ m/s^2 می باشد. پایین بودن مقادیر میانگین از حد پایینی HGCZ بیانگر این موضوع است که آثار بهداشتی با این سطح از مواجهه به ثبت نرسیده است. در ارتباط با مقادیر فاکتور قله نیز، غیر از یک نمونه که در محور عرضی فاکتور قله ای کمتر از ۹ داشت، در موارد دیگر در هر سه جهت مقادیر فاکتور قله از ۹ بالاتر بود که البته با توجه به مدت زمان طولانی اندازه‌گیری‌ها این موضوع موجه به نظر می‌رسد. همچنین نسبت Q_1 محاسبه شده در تمامی موارد از میزان ۱/۵ معیار توسط استاندارد بالاتر بوده و نسبت Q_2 نیز به طور کلی در حدود نیمی از موارد بالاتر از معیار ۱/۷۵ توصیه شده

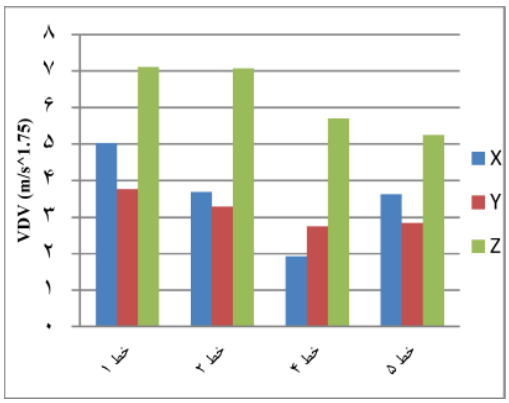
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

جدول ۲: مقادیر میانگین VDV محورهای مختلف ومیانگین مقادیر مواجهه راهبران خطوط مختلف

شماره خط مترو	میانگین بزرگی ارتعاش روی صندلی (محور غالب) (m/s^2 r.m.s)	میانگین شتاب ۸ ساعته (m/s^2 r.m.s)	میانگین مقادیر VDV				میانگین روی صندلی VDV در زمان اندازه گیری ($m/s^{1.75}$)	میانگین ($m/s^{1.75}$)	میانگین V ($m/s^{1.75}$)
			x	y	z	برایند			
خط ۱	۰/۲۰۵	۰/۱۹۸	۵/۰۳	۳/۷۶	۷/۱	۷/۹۷	۷/۹۷	۱۱/۸	۱۱/۸
خط ۲	۰/۱۷۶	۰/۱۷	۳/۶۸	۳/۳	۷/۰۷	۷/۳۱	۷/۳۱	۱۰/۹	۱۰/۹
خط ۴	۰/۱۸	۰/۱۷	۱/۹۳	۲/۷۵	۵/۷	۵/۶۹	۵/۶۹	۱۰/۲	۱۰/۲
خط ۵	۰/۲۴۹	۰/۲۴	۳/۶۲	۲/۸۵	۵/۲۵	۵/۳۸	۵/۳۸	۸/۲	۸/۲
کل	۰/۲۰۳	۰/۱۹	۳/۵۶	۳/۱۷	۶/۲۸	۶/۵۴	۶/۵۴	۱۰/۳	۱۰/۳
انحراف معیار	۰/۰۳۴	۰/۰۳	۱/۲۷	۰/۴۶	۰/۹۵	۱/۲۲	۱/۲۲	۱/۵۳	۱/۵۳



شکل ۳: مقایسه میانگین مقادیر VDV در خطوط مختلف مترو با حدود بالا و پایین HGCZ



شکل ۴: مقایسه میانگین مقادیر VDV در محورهای ارتعاشی مختلف

می‌باشند این مقادیر بیانگر وجود شوک‌های مکرر و تکانه‌های ارتعاشی در زمان شیفت کاری است. بنابراین طبق توصیه استاندارد مقادیر اندازه گیری شده VDV باید جهت ارزیابی مواجهه راهبران مورد توجه قرار گیرد.

روش VDV

بر اساس استاندارد هنگامی که مقادیر CF، یا شاخص های Q_1 و Q_2 بالاتر از میزان خاص باشند بیانگر وجود تکانه‌ها و شوک‌های ارتعاشی قابل توجه می‌باشد که لزوم توجه به شاخص VDV و ارزیابی اثرات بهداشتی بر اساس این روش را بیان می‌کند. میانگین مقادیر VDV در هر خط مترو در جهات مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است.

شکل شماره ۳ میانگین مقادیر VDV در محور غالب در خطوط مختلف مترو مقادیر VDV اندازه گیری شده برای جهات مختلف ورود ارتعاش به بدن را نشان می‌دهد. همچنین میانگین*VDVn* (وظیفه شغلی خاص) محاسبه شده با استفاده از مقادیر اخیر در جدول شماره ۲ ارایه شده است و برآورد میزان دوز ارتعاش کلی روزانه (VDV_{total}) برای هر نمونه طبق توصیه ISO 2631-1 به‌کار رفته

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

است. پس از انجام محاسبات مشخص گردید که مقادیر محاسبه شده VDV کل در ۴ مورد بالاتر از مرز بالایی HGCZ، ($۱۷m/s^{1.75}$) ارایه شده توسط ISO 2631 می باشد که ۳ مورد از این ۴ مورد مربوط به خط ۱ بوده و از کل ۲۳ نمونه ۸ مورد در ناحیه احتیاط بهداشتی راهنمای HGCZ $۸/۵-۱۷\ m/s^{1.75}$ قرار می گیرد. از این ۸ مورد ۳ مورد مربوط به خط ۱، ۳مورد خط ۲، ۱ مورد خط ۴ و ۱ مورد نیز مربوط به خط ۵ بود. مابقی ۱۱ مورد باقیمانده کمتر از مرز پایینی HGCZ (۸/۵>) توصیه شده توسط ISO 2631-1 بود. مطابق شکل شماره ۴ ، مقادیر میانگین VDV در جهت Z در همه خطوط به طور معنی داری بالاتر از جهات X و Y ورود ارتعاش به بدن می‌باشد. در ارزیابی‌هایی که مطابق روش VDV انجام می‌گیرد، محدوده‌های پایین HGCZ، $۸/۵\ m/s^{1.75}$ بیان شده است که در این مطالعه بیشترین مقدار مواجهه در محورZ ها و میانگین مقدار اندازه‌گیری شده ۶/۲۸ در بین راهبران بوده است. با وجود این در تجزیه وتحلیل مقادیر شتاب r.m.s و VDV، نسبت‌های Q_1 (این $\frac{MTVV}{a_{wrms}}$) و Q_2 ($\frac{MTVV}{a_{wr.m.s}\cdot T^{1/4}}$)، با آزمون غیر پارامتری کروسکال والیس (Kruska lwallis test) در خطوط مختلف و نیز قطارهای مختلف در محور Z ها اختلاف معنی‌دار شد ($P<0.05$) این اختلافات به‌ویژه در خصوص فاکتور های Q_1 و Q_2 نشانگر وجود ارتعاش حاوی شوک های تکراری و مهم است که به بیان دیگر شوک های ارتعاشی دارای اهمیت بوده و توجه به اقدامات کنترلی را ملزم می داند. همچنین این نتیجه در انتخاب و استفاده از لکوموتیو های مناسب مفید است.

بحث

نتایج مطالعه نشان داد زمانی که میزان مقادیر Q_1، CF و Q_2 از حدود معین شده استاندارد بالاتر باشند ارزیابی خطرات بهداشتی ارتعاش انسانی بر اساس متد پایه میزان واقعی خطر وارده را نشان نداده و باید به منظور ارزیابی اثرات بهداشتی از شاخص تجمعی VDV که توان چهارم میانگین شتاب وزنی مواجهه است، استفاده گردد. دوز ارتعاش کمیتی است که تنها برای اندازه گیری های ارتعاش انسانی به کار می رود. این کمیت که در نتیجه تحقیقات تجربی به دست آمده است نشان داده که بین بزرگی ارتعاش و حالت عدم آسایش رابطه توان چهارم وجود دارد. بنابراین، این مقدار بیشتر از شتاب موثر به شوک ها توجه داشته و به سبب خاصیت تجمعی، در طول مدت زمانی که بزرگی ارتعاش کم می شود، کاهش نمی‌یابد، در حالی که شتاب موثر در چنین شرایطی ثابت می ماند. Lewis و Griffen گزارش نموده‌اند که استفاده از VDV جهت ارزیابی اثرات بهداشتی ناشی از ارتعاش حاوی شوک های مهم، ارزیابی ایمن تر و محتاطانه تری را نسبت به روش پایه ارزیابی نشان می‌دهد. (Mansfield, 2005; Lewis,1998) تفاوت میان این دو روش ارزیابی را به خوبی می‌توان در این مطالعه مشاهده نمود زیرا زمانی که ارزیابی بر اساس روش پایه صورت گرفت تمامی مقادیر به‌دست آمده در تمام موارد در محورهای غالب و بالطبع مقادیر میانگین محاسبه شده در خطوط مختلف نیز، کمتر از حد پایینی HGCZ اریه شده توسط استاندارد بود. بر اساس نتایج اندازه گیری ها زمانی که ارزیابی خطر بهداشتی بر طبق روش VDV انجام شد، در مجموع حدود نیمی از موارد از مرز پایینی HGCZ کمتر بود و در بیشتر از

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

۵۰ درصد از نمونه ها مقادیر در ناحیه احتیاط و ناحیه خطر بهداشتی محتمل قرار گرفته بودند، به نحوی که ۴ نمونه حتی بالاتر از مرز بالایی HGCZ (۱۷m/s$^{1.75}$) با خطرات بهداشتی محتمل و ۸ نمونه از کل ۲۳ مورد نیز در ناحیه احتیاط بهداشتی قرار گرفتند. میانگین مقادیر در خطوط مختلف نیز بالطبع، همان‌طور که در شکل شماره ۳ مشاهده می‌کنید در محدوده بین دو حد پایین و بالای HGCZ قرار گرفته اند. در ارزیابی هایی که مطابق با روش VDV انجام می گیرد ، محدوده های بالا و پایین HGCZ ، به ترتیب ۸/۵ m/s$^{1.75}$ و ۱۷m/s$^{1.75}$ می باشد. (Johanning *et al*, 2006; ISO 2631, 1997) در استاندارد BS 6841 از VDV برابر با ۱۵ به عنوان معیار خطر بهداشتی استفاده شده است. البته این استاندارد حتی در آستانه VDV ۱۵ به عنوان مرز ایمنی احتیاط نموده و فقط آن‌را یک شاخص عمومی معرفی می‌کند. (BS 6841, 1987) اتحادیه اروپا نیز طی دستورالعمل با عنوان "دستورالعمل عوامل فیزیکی (ارتعاش)" دو معیار حد عمل و حد مواجهه روزانه ارتعاش تمام بدن جهت r.m.s و VDV ارایه داده است که شباهت زیادی به مقادیر حدود بالا و پایین HGCZ دارند. (EN 1032, 2003). در سال Alem 2005 برای پیش بینی خطر تغییراتی را برای حدود HGCZ مربوط به VDV ارایه داد و بیان نمود که حدود استاندارد ISO 2631-1 ممکن است بسیار بالا باشد. او پیشنهاد می کند که حد پایین HGCZ، (ارایه شده در Annex B, ISO 2631-1) باید ۳/۵ m/s$^{1.75}$ و حد بالای ۴/۸ m/s$^{1.75}$ باشد. (Alem, 2005) اگر در این مطالعه مقادیر اخیر مد نظر قرار گیرد ،غیر از یک نمونه که VDV کلی آن برابر با ۳/۶۸ m/s$^{1.75}$ بود و در ناحیه با احتمال ریسک بالقوه اثرات بهداشتی قرار می گیرد، بقیه موارد بالاتر از حد بالایی تعیین شده قرار می‌گیرند. در صورتی که ارزیابی بر طبق معیار ۰/۳۱۵ m/s$^{1.75}$ شتاب ارتعاشی در فرکانس ۸-۴ هرتز برای ۸ ساعت کاری طبق توصیه ی ACGIH انجام گیرد، مقادیر A (8h) با وجودی‌که همگی زیر حد مجاز قرار می‌گیرند ولی در مواردی به این حد نزدیک شده و بنابراین احتمال تاثیرات نامطلوب بهداشتی در درصدی از افراد درمعرض ارتعاش که حساسیت بیشتری دارند، پیش‌بینی می‌شود از طرفی اگر به مرز ایمنی تعیین شده توسط BS 6841 توجه داشته باشیم خطر بهداشتی بالاتری را در مواجهه راهبران بایستی بپذیریم. همچنین با توجه به این‌که محورهای غالب در ۱۱ نمونه محور Y، در ۷ نمونه محور Z و در ۵ نمونه محور X بوده است و این‌که ۶ مورد از ۱۱ مورد غالب در محور عرضی مربوط به خط ۱ مترو که لکوموتیو ها از نوع AC وDC می‌باشد، این موضوع را می‌توان هم به‌دلیل نوع قطار و هم به علت پیچیدگی و انحنای مسیر خط ۱ دانست. به‌علاوه محور غالب ارتعاشی در تمامی نمونه های گرفته شده در خط ۵ (تهران - مهرشهر) محور عمودی است که می‌تواند این گونه توجیه شود که این مسیر دارای پستی و بلندی های بیشتری نسبت به ۳ مسیر دیگر است و به همین علت محور Z محور غالب است. شکل شماره ۱ نشان می‌دهد که تمامی مقادیر محاسبه شده A (8h) در هر ۴ خط، پایین تر از حد پایین HGCZ می‌باشد. در مورد VDV شکل شماره ۳ نشان می دهد که میانگین مقادیر به ترتیب در خطوط ۱، ۲، ۴ و ۵ رو به کاهش است و تقریباً همگی در "محدوده احتیاطی راهنمای بهداشتی" (HGCZ) توصیه شده قرار دارد. در

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

ارتباط با این شاخص نیز همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می شود، بیشترین میانگین مقادیر در همه خطوط در جهت عمودی بود .در مقایسه انواع قطارها با همدیگر، زمانی که از شتاب r.m.s جهت ارزیابی استفاده شد، مقادیر محاسبه شده قطارهای TM_1, TM_2, DC و AC به‌ترتیب برابر با ۰/۳۹، ۰/۲۴۴ ، ۰/۲۴۳ و ۰/۲۳ بود که کاملاً واضح است برای قطارهای نوع TM_2 بیشترین میزان شتاب موثر و برای قطارهای نوع AC کمترین میزان شتاب موثر ثبت شده است. از مقادیر محاسبه شده Q_1 و Q_2 نیز می‌توان این‌گونه دریافت که سیگنال ارتعاشی اندازه‌گیری شده حاوی تعداد زیادی شوک‌های مکرر حایز اهمیت بوده است که در مورد شاخص Q_1 بیشترین مقدار مربوط به جهت Z در خطوط ۴ و ۲ می باشد و نیز بالاترین مقدار Q_2 نیز در خط ۲ مترو در جهت عمودی محاسبه شد.

نتیجه گیری

نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده در این مطالعه بیانگر این موضوع هستند که طبق روش پایه ارزیابی ارایه شده توسط ISO 2631-1 تمامی نمونه ها در ناحیه ای قرار داشته که در آن ناحیه اثرات بهداشتی کاملاً مستند نبوده و عیناً مشاهده نشده اند و بررسی نتایج با استفاده از معیار VDV ارایه شده توسط استاندارد بیانگر این است که مواجهه تعدادی از راهبران در ناحیه‌ای قرار دارد که در آن ناحیه خطرات بهداشتی محتمل بوده و بنابراین این افراد تحت مقادیر غیر ایمن ارتعاشی در حال فعالیت می‌باشند. پس با اطمینان می‌توان گفت که شاخص VDV زمانی که سیگنال ارتعاشی حاوی شوک‌های مکرر و یا تصادفی باشد ارزیابی ایمن‌تری از شاخص شتاب r.m.s وزنی فرکانسی ارایه می‌دهد. در ارزیابی ارتعاش باید توجه داشت که نسبت های بدون دیمانسیون MTVV، CF، Q1 و Q2 این موضوع را بیان نمی‌کنند که شوک‌های ارتعاشی آن‌قدر بزرگ هستند که سبب ریسک‌های بهداشتی می‌گردند یا خیر و فقط به انتخاب روش و معیار ارزیابی ارتعاش کمک می‌کنند از طرفی بالا بودن مقادیر برخی از این فاکتورها مانند فاکتور قله بیانگر وجود سیگنال ارتعاشی حاوی شوک های مکرر است. همچنین باید یادآور شد که نتایج اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن از فاکتورهایی مانند نوع وسیله نقلیه، مسیر حرکت، وظایف عملیاتی راهبر و خصوصیات صندلی و کابین رانندگان تاثیر می‌پذیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته بهداشت حرفه‌ای بوده و با حمایت مالی دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس انجام شده است در پایان همچنین از مدیریت واحد بهداشت و طب کارشرکت بهره برداری مترو تهران و حومه و همکاران واحد های ایمنی و سلامت خطوط ۱و۴ و خطوط ۲ و۵ به خاطر همکاری بی شائبه در اجرای تحقیق حاضر قدردانی می نماییم.

منابع

Alem, N., 2005. Application of the new ISO 2631-5 to health hazard assessment of repeated shocks in US army vehicles. Industrial Health 43, 403–412.

British Standards Institution BS 6841, Measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

based study. Ann Agric Environ Med; 12: 261-268.

International Organization for Standardization, 1997. ISO 2631-1, Mechanical vibration and shock—evaluation of human exposure to whole-body vibration—part 1: general requirements. International Organization for Standardization, Switzerland.

Iov J.H. Tiemessen CTJH, Monique H.W. Frings-Dresen., 2008. Two way assessment of other physical work demands while measuring the whole body vibration magnitude. journal of sound and vibration.310(2008):1080-92.

Johanning, E., 2010, Vibration and shock exposure of maintenance-of-way vehicles in the railroad industry . Applied Ergonomics xxx 1-8.

Johanning, E., Landsbergis, P., Fischer, S., Christ, E., Gores, B., Luhrman, R., 2006, Whole-body vibration and ergonomic study of US railroad locomotives. Journal of Sound and Vibration 298, 594–600.

Mansfield, N., 2005.Human response to vibration, CRC PRESS, London.

Mirzaei R, Mohammadi M, 2010., Survey of Vibration Exposure and Musculoskeletal Disorder of Zahedan City Tractor Drivers by Nordics Questionnaire. International journal of occupational hygien. Vol 2, No 2, 46-50. .

Paddan, G., Griffin, M., 2002. Evaluation of whole-body vibration in vehicles, Journal of Sound and Vibration 253 (1) 195–213.

South T,2004. Managing Noise and Vibration at Work. Elsevier Butterworth-Heinemann.

shock, 1987.

British Standards, EN 1032, 2003, Mechanical vibration - Testing of mobile machinery in order to determine the vibration emission value.

C.H. Lewis MJG.,1998. a compairison of evaluations and assessments obtined using alternative standards for predicting the hazards of whole body vibration and repeated shocks. journal of sound and vibration.215(4):915-26.

Eger, T., Stevenson, J., Boileau, P., Salmoni, A VibRG, 2008. Predictions of health risks associated with the operation of load-haul-dump mining vehicles: Part 1—Analysis of whole-body vibration exposure using ISO 2631-1 and ISO-2631-5 standards. International Journal of Industrial Ergonomics 38, 726–738.

European Committee for Standardization, 2003. Mechanical vibration— European Directive 2002/44/EC of The European parliament, 2002. Guide to good practice on Whole Body Vibration – Non-binding guide to good practice with to implementation of directive 2002/44/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents.(vibrations).

Hendriek C, Boshuizen Paulien M, Bongers and Carel T. J. Hulshof., 1990. Self-reported back pain in tractor drivers exposed to whole-body vibration. International Archives of Occupational and Environmental Health; 62(2): 109-115.

Holmberg S, Thelin A, Stiemstron EL, Svardsudd K., 2005. Low back pain comorbidity among male farmers and rural referents: a population

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

Evaluating subway drivers' exposure to whole body vibration based on Basic and VDV methods (with ISO 2631-1 standard)

A. Khavanin[1]; K. Azrah[2]; R. Mirzaei[3]; S. B. Mortazavi [1]; H. Asilian[1]; Ardalan Soleimanian[1]*

[1]*Occupational Health Department of the Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.*

[2]*Department of Occupational Health Engineering, school of public health, Gonabad university of medical sciences,Gonabad*

[3]*Health promotion research center, zahedan university of medical sciences, Zahedan*

Abstract

Introduction: Whole body vibration occurs when human is on a vibrating surface and the vibration influences parts of the body which are far from the contacted part. Up to now, various health-related problems due to whole body vibration have been reported, including back pain, sciatica, gastrointestinal problems, genital problems and hearing impairment. In the present research, vibration was measured about 2000 minutes in 23 train of 4 active lines of Tehran metro in order to determine the rate of subway drivers' exposed to whole body vibration.

Material and Method: Vibration meter and SVAN 958 analyzer, made by Svantek company, were utilized for measuring the whole body vibration. The level of weighted r.m.s acceleration for each axis, the combination of axes, peak factor, VDV and other common exiting ratios in the standard were measured and calculated according to ISO 2631-1.

Result: Findings showed that according to Basic method drivers exposure to vibration is less than the lowest value of health guide critical region (<0.45m/s2). However, based on Vibration Dose Valuation (VDV), the exposure of 12 cases were higher than the lowest value (<8.5 m/s1.75) and only 11 cases were lower than the mentioned amount.

Conclusion: Investigation of the result obtained from Basic method and VDV method manifested different amounts of vibration exposure in a way that VDV predicts higher level of risk, compared to basic method. The results shows that some presented indicators can not presented the safe zone in human vibration evaluations.

Key words: *Vibration assessment, Whole body vibration, VDV, Metro drivers vibration, Tehran metro*

* Corresponding Author Email: *azrah.1365@gmail.com*

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]