ارزیابی و طراحی ارگونومیکی پست کاری اپراتور اتوبوس های درون شهری

آیدین اربابی
کارشناس ارشد در رشته مهندسی پزشکی - بیومکانیک
aidinarbabi@yahoo.com
دکتر سید محمد رجائی
استادیار دانشکده مکانیک - دانشگاه علم و صنعت ایران
s_rajaai@iust.ac.ir

واژه‌های کلیدی

"پست کاری اپراتور اتوبوس" "استاندارد وضعیت بدن درحین رانندگی اتوبوس" "متغیرهای طراحی پست کاری اتوبوس" "توابع طراحی"

چکیده

مسئله اصلی در طراحی پست کاری راننده اتوبوس ، برقراری ارتباطی صحیح میان فرمان ، پدالها و صندلی می باشد ، زیرا موقعیت استقرار این اجزا در پست کاری ، تاثیر مستقیمی را بر روی وضعیت آناتومیکی راننده دارد و عدم برقراری تناسب میان مشخصات طراحی این مجموعه ها ، با مشخصات بیومکانیکی ، آنتروپومتریکی و آناتومیکی انسان ، موجب می شود تا مشکلات عدیده ای مانند: آسیب دیدگی ماهیچه های اسکلتی نواحی پائین کمر و گردن ، اپراتورهای اتوبوس را تهدید نمایند .

روشهائی که تاکنون در زمینه طراحی پست کاری اپراتور اتوبوس مورد استفاده قرار گرفته اند ، عمدتا" مبتنی بر نتایج حاصل از تجربیات بوده اند . اگرچه این روشها ، اطلاعاتی را در مورد موقعیت اندامهای اپراتور در پست کاری ، فراهم می کنند ولی هیچگونه اشاره ای به رابطه هندسی موجود میان موقعیت اندامهای اپراتور و عناصر پست کاری ، ندارند [1] . در این مقاله روش طراحی جدیدی مبتنی بر وابستگی های درونی موجود در بین مجموعه های پست کاری ، مطرح شده است . در روش ارائه شده ، طراحی به کمک توابعی انجام می شود که با توجه به روابط هندسی موجود میان متغیرهای طراحی مجموعه های پست کاری و ابعاد آنتروپومتریکی ، تعریف می شوند . مزیت این روش ، انعطاف پذیری بالای توابع طراحی استخراج شده نسبت به اطلاعات آنتروپومتریکی می باشد . این مشخصه ، امکان استفاده از روش طراحی مورد بحث را برای هر جمعیت آنتروپومتریکی فراهم می سازد.

مقدمه

غیبتها و بیماریهای غیر معمول زیادی در میان راننده های اتوبوس رخ می دهند که تعداد آنها در برخی از موارد ، در مقایسه با دیگرکارهای صنعتی بیشتر از سه برابرمی باشد[2] . عوامل زیادی در افزایش بیش از اندازه نرخ ناخوشی و صدمه دیدگی در بین اپراتورهای اتوبوس دخیل هستند که تمامی آنها از رعایت نکردن اصول ارگونومیکی در طراحی پست کاری اپراتور ، سرچشمه می گیرند . رایج ترین بیماری که اپراتورهای اتوبوس از آن رنج می برند ، آسیب دیدگی ماهیچه های اسکلتی ناحیه گردن و پائین کمر می باشد[2] . مطالعات نشان داده اند که ۸۰/۵ درصد از راننده های اتوبوس ، در طول دوران کاری خود ، درجاتی از گردن درد و کمر درد را تجربه می کنند ، در حالیکه این آمار در دیگر کارگران حدود ۵۰ در صد می باشد[3] . همچنین اپراتورهای اتوبوس در مقایسه با دیگر کارگران ، ۲۰ درصد بیشتر از کمردرد رنج می برند[3] . قرارگیری مداوم بدن در وضعیتهای نادرست آناتومیکی ، تلاشهای بیش از حد ماهیچه ای ، نشستن طولانی مدت در یک موقعیت ثابت و قرار گرفتن طولانی مدت بدن در معرض ارتعاشات و شوک ، همگی موجب فعالیت بیش از اندازه ستون فقرات کمری و دیگر ساختمانهای حمایت کننده آن شده و درد در ناحیه پائین کمر ، کمربند شانه ای و پاها را باعث می شوند .

با توجه به اهمیت موضوع ، بر آن شدیم تا روش طراحی را ارائه دهیم که با بکار بستن آن بتوان بر تمامی مشکلاتی که در حال حاضر اپراتورهای اتوبوس از آنها رنج می برند ، فائق آمد .

فرایند روش طراحی ارائه شده

به علت وجود پیچیدگی در طراحی پست کاری اپراتور اتوبوس ، نیاز به یک مجموعه مراحل دقیق و سیستماتیک در طی طراحی پست کاری راننده اتوبوس احساس می شد . به منظور ادغام کردن دانش ارگونومی و اصول طراحی ارگونومیکی ، از یک روش طراحی سیستماتیک استفاده نمودیم که شامل سه فاز مجزا بود . در فازهای اول و دوم ، مقدمات طراحی آماده شدند و در فاز نهائی ، توابع طراحی به کمک نتایج حاصل از فازهائی ابتدائی استخراج گردیدند.

در ادامه ، روند طی شده برای تعریف توابع طراحی ، به اختصار مورد بررسی قرار خواهد گرفت :

مرحله اول : جمع آوری اطلاعات مورد نیاز طراحی

۱- استاندارد وضعیت بدن در حین رانندگی اتوبوس

پیش از شروع به طراحی پست کاری اپراتور اتوبوس ، تعریف استانداردی که در آن وضعیت صحیح استاتیکی[۱] و دینامیکی[۲] بدن به هنگام رانندگی اتوبوس مشخص شده باشد ، بسیار ضروری بود .

این استاندارد باید بگونه ای تعریف می شد تا این اطمینان را در طراح بوجود می آورد که با اعمال آن در طراحی ، اپراتور اتوبوس قادر خواهد بود تمامی وظایف خود را بخوبی و با دسترسی آسان به تمامی کنترلها و پدالهای پائی (پدالهای گاز و ترمز) انجام دهد . همچنین برای تدوین چنین استانداردی ، فاکتورهای بیومکانیکی (ستون فقرات ، گردن ، شانه و بازوها) و ماهیچه های اسکلتی نیز باید لحاظ می گردیدند [3] ، زیرا موقعیت مفاصل بدن در این استاندارد ، تاثیر بسزائی را بر روی توانائی های ماهیچه ای راننده داشتند و مقدار نیروی لازم جهت انجام وظایف را مشخص می کردند. در واقع این استاندارد باید در نواحی حرکتی راحت مفاصل بدن تعریف می گردید .

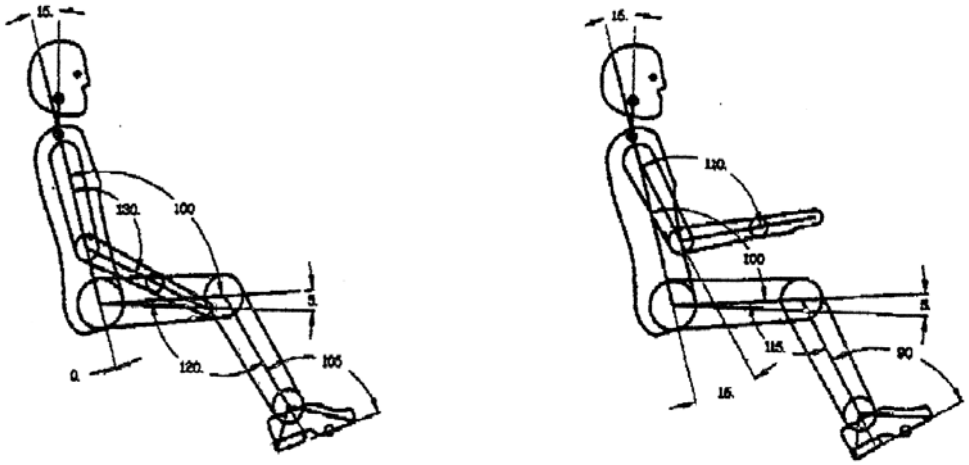
جدول ۱ دامنه حرکتی راحت مفاصل تحتانی بدن و استاندارد وضعیت بدن در حین رانندگی اتوبوس را نشان می دهد . همچنین شکل ۱ ، استاندارد تعریف شده را بصورت تصویری نمایش می دهد .

۱- دستهای راننده با زاویه۱۸۰ درجه بر روی فرمان قرار دارند . همچنین پای راننده نیز بر روی پدال گاز قرار دارد ، ولی فشاری را بر آن اعمال نمی کند .

۲- فشرده شدن کامل پدال گاز توسط راننده ، با حفظ زاویه صحیح مفاصل بدن در حالت استاتیکی .

نوع حرکت در مفاصل		میزان دامنه حرکتی راحت مفاصل (درجه)	استاندارد وضعیت بدن در حین رانندگی	
			حالت استاتیکی	حالت دینامیکی
ران	فلکشن ران	[۹۵و۱۲۰]	۱۰۰	۱۰۰
	ابداکشن ران	[-۵و۲۰]	۱۰	۰
	دوران ران	[-۱۵و۱۵]	۰	۰
پا Leg	فلکشن زانو	[۹۵و۱۳۵]	۱۱۵	۱۲۰
پا Foot	فلکشن مچ پا	[۸۵و۱۱۰]	۹۰	۱۰۶
	ابداکشن مچ پا	[0و15]	۰	۲

جدول ۱- دامنه حرکتی راحت مفاصل تحتانی بدن و استاندارد وضعیت بدن در حین رانندگی اتوبوس [2]



(ب) **(الف)**

شکل۱- (الف)وضعیت صحیح استاتیکی بدن در حین رانندگی اتوبوس [2]
ب)وضعیت صحیح دینامیکی بدن در حین رانندگی اتوبوس [2]

لازم بذکر است که دامنه حرکتی راحت مفاصل بدن ، برابر با حد وسط حداکثر حدود حرکتی مفاصل بدن در نظر گرفته شد و زاویه هر یک از مفاصل بدن در این استاندارد ، بر پایه دامنه حرکتی راحت مفاصل تعیین گردید .

۲- تعریف متغیرهای طراحی پست کاری اپراتور اتوبوس

اقدام بعدی در زمینه طراحی پست کاری اتوبوس ، تعریف متغیرهای طراحی و یا بعبارتی مجهولات طراحی بود . به این منظور ، ابتدا پست کاری راننده اتوبوس را به ۷ مجموعه اصلی صندلی ، فرمان ، پدالها ، پنلهای ابزاری ، آئینه ها ، شیشه جلوی اتوبوس و پست کاری محیطی راننده تقسیم نمودیم . سپس هر یک از این مجموعه ها را به زیر مجموعه های کوچکتر دیگری تقسیم کردیم تا بتوانیم با جزئیات بیشتری به طراحی خود ادامه دهیم . بعنوان مثال می توان به صندلی اپراتور اشاره کرد که به چهار زیرمجموعه تکیه گاه سر ، پشتی،کفی وکمربند تقسیم گردید . علاوه بر این تقسیم بندی ها ، ۱۴ نسبت ابعادی نیز (شامل طول ، عرض ، دامنه تنظیم ، زاویه ، جنس ،

قطر ، ضخامت ، شکل ، فاصله و...) به منظور توصیف هر چه دقیقتر متغیرهای طراحی مورد استفاده قرار گرفتند .

پس از تقسیم بندی پست کاری اپراتور اتوبوس به مجموعه ها و زیرمجموعه ها و سپس نسبت دادن نسبتهای ابعادی به این زیرمجموعه ها ، ۲۴۲ متغیرطراحی برای طراحی پست کاری اپراتور اتوبوس مشخص گردیدند ، که جدول۲ نمونه ای از این متغیرهای طراحی تعریف شده را نشان می دهد[۳] . همچنین به منظور رجوع ساده تر به متغیرهای طراحی ، یک کد به هر متغیر اختصاص داده شد .

کد	برخی از متغیرهای طراحی تعریف شده			
	متغیر طراحی بدست آمده	نسبتهای ابعادی	زیرمجموعه	مجموعه
SB11	زاویه قائم پشتی صندلی برای ۵۰٪ افراد	زاویه	پشتی صندلی	صندلی
SB12	دامنه تنظیم زاویه پشتی صندلی	دامنه تنظیم		
SP9	زاویه افقی کفی صندلی برای ۵۰٪ افراد	زاویه	کفی صندلی	
SP10	دامنه تنظیم زاویه افقی کفی صندلی	دامنه تنظیم		
TW1	قطر غربالک	قطر	غربالک فرمان	فرمان
TW7	دامنه تنظیم تلسکوپی فرمان	دامنه تنظیم		
PB1	طول صفحه پدال ترمز	طول	صفحه پدال	پدال ترمز
PB6	زاویه افقی صفحه پدال ترمز	زاویه		
PA3	ضخامت صفحه پدال گاز	ضخامت	صفحه پدال	پدال گاز
IL5	زاویه افقی پنل ابزاری چپ	زاویه	پنل ابزاری چپ	پنلهای ابزاری
IC9	جنس رویه پنل ابزاری مرکزی	جنس	پنل ابزاری مرکزی	
IR4	شکل پنل ابزاری راست	شکل	پنل ابزاری راست	
ML1	طول آئینه صاف سمت چپ	طول	آئینه صاف سمت چپ	آئینه ها
ML13	شکل آئینه محدب سمت چپ	شکل	آئینه محدب سمت چپ	
MV4	زاویه عمودی آئینه چپ	زاویه	آئینه عقب	
WW2	عرض شیشه جلوی اتوبوس	عرض	شیشه جلوی اتوبوس	شیشه جلوی اتوبوس
EP6	مکان قفل شخصی اپراتور	موقعیت	قفل شخصی اپراتور	پست کاری محیطی اپراتور

جدول ۲- نمونه ای از متغیرهای طراحی تعریف شده پست کاری اپراتور اتوبوس

۳- دسته بندی متغیرهای طراحی بر اساس مشخصات طراحی

در طول تعریف متغیرهای طراحی ، این نکته کاملا" مشهود بود که مقدار برخی از متغیرها ، بر اساس اصول ارگونومیکی و برخی دیگر بر اساس مفاهیم مکانیکی و یا برخی تنها بر اساس اصول زیبائی تعیین خواهند شد . بعنوان مثال ، تعیین قطر فرمان (TW1) ، باید بر اساس یک آنالیز ارگونومیکی صورت می پذیرفت ، در حالیکه ضریب میرائی صندلی (SP19) ، به کمک آنالیز مکانیکی بدست می آمد و یا پوشش صندلی (SB14) ، تنها با توجه به ذوق و سلیقه طراح انتخاب می گردید .

از اینرو ، برای اینکه تمرکز خود را تنها بر روی متغیرهائی معطوف نمائیم که مقدار آنها باید بر پایه اصول ارگونومیکی تعیین می شد ، متغیرها را با توجه به مشخصات طراحیشان به سه گروه متغیرهای طراحی ارگونومیکی (ED) ، متغیرهای طراحی مکانیکی (MD) و متغیرهای طراحی زیبائی (AD) تقسیم نمودیم .

۳- برای مشاهده لیست کامل متغیرهای طراحی تعریف شده ، می توانید به منبع [1] رجوع نمائید .

۴- دسته بندی متغیرهای طراحی بر اساس نوع رابطه

به منظور در نظرگرفتن روابط پیچیده موجود در میان متغیرهای طراحی ، متغیرها را با توجه به تاثیرگذار بودن بر روی دیگر متغیرها و یا تاثیرپذیر بودن از سایر متغیرها ، به چهار گروه متغیرهای طراحی ساده ، پیچیده ، کلیدی و وابسته تقسیم نمودیم.

متغیرهای طراحی ساده ، متغیرهائی بودند که رابطه بسیار کمی با دیگر متغیرها داشتند و بطور مستقل طراحی می شدند . به عبارتی در طراحی این دسته از متغیرها ، نیازی به استفاده از ابعاد سایر متغیرها نبود . بعنوان مثال، طول صفحه پدال ترمز (PB1) ، به عنوان یک متغیر طراحی ساده در نظر گرفته شد چراکه برای طراحی آن ، کافی بود تا فقط ابعاد آنتروپومتریکی افراد را مد نظر قرار داد .

در مقابل ، متغیرهای طراحی پیچیده ، متغیرهائی بودند که با دیگر متغیرها رابطه پیچیده ای داشتند و برای طراحی آنها می بایست تلاش و دقت زیادی را صرف می کردیم (در این تحقیق به متغیرهای طراحی پیچیده ، پرداخته نشده است) .

متغیرهائی در گروه متغیرهای طراحی کلیدی قرار گرفتند که تاثیر بسزائی بر روی دیگر متغیرها داشتند ، ولی بسیار کم تحت تاثیر دیگر متغیرها قرار می گرفتند . از سوئی دیگر متغیرهای طراحی وابسته ، متغیرهائی بودند که تاثیر اندکی بر روی متغیرهای دیگر داشتند ، در حالیکه مقدارشان وابستگی شدیدی به تعداد بسیاری از متغیرهای طراحی دیگر داشت . بعنوان مثال ، زاویه افقی کفی صندلی (SP9) ، بعنوان متغیر طراحی کلیدی در نظر گرفته شد ، زیرا مقدار این متغیر بر روی بسیاری از متغیرهای طراحی مانند : دامنه تنظیم زاویه کفی صندلی (SP10) و زاویه افقی صفحه پدال ترمز (PB6) و غیره تاثیرگذار بود . بطور عکس ، زاویه افقی صفحه پدال ترمز (PB6) ، بعنوان متغیر طراحی وابسته در نظر گرفته شد ، زیرا مقدار این متغیر تنها بر روی تعداد اندکی از دیگر متغیرهای طراحی تاثیرگذار بود ، در حالیکه برای محاسبه مقدار آن نیازمند استفاده از مقادیر بسیاری از متغیرهای طراحی دیگر بودیم .

در جدول۳ نمونه ای از متغیرهای طراحی گروه بندی شده بر اساس مشخصات طراحی و نیز بر پایه رابطه با دیگر متغیرها ، به نمایش گذاشته شده است[۴].

مرحله دوم : آنالیز شدت روابط مابین متغیرهای طراحی تعریف شده

در فاز دوم طراحی ، آنالیزی به منظور سنجش شدت روابط میان متغیرهای طراحی انجام گرفت . هدف از این آنالیز ، مشخص کردن میزان تاثیرگذاری و یا تاثیرپذیری متغیرهای طراحی هر یک از مجموعه های پست کاری راننده بود ، تا بتوانیم بر اساس نتایج بدست آمده ، تقدم مجموعه های پست کاری از لحاظ طراحی را تعیین نمائیم .

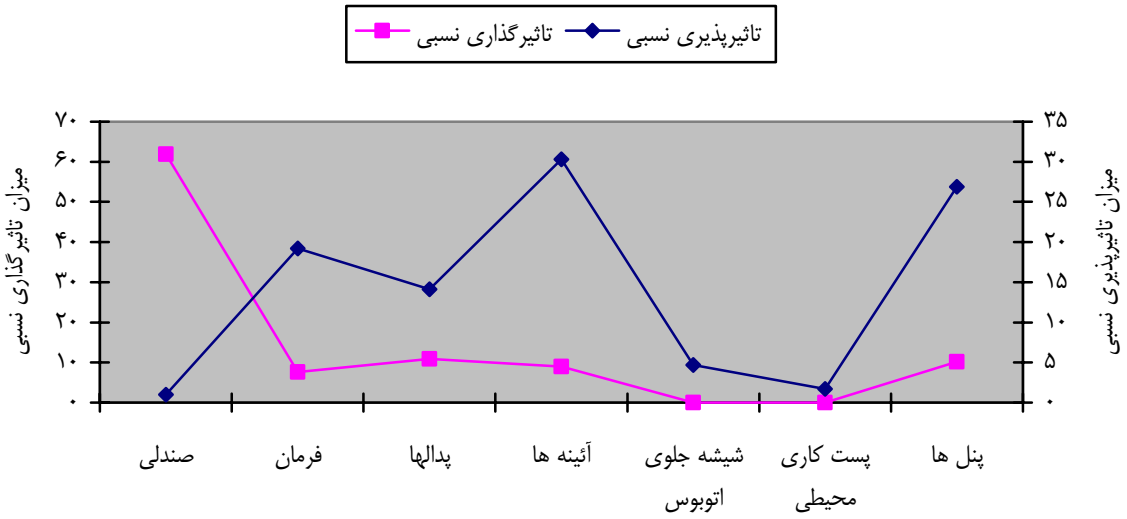
نتایج حاصل از آنالیز (نمودار ۲) نشان می داد که صندلی یک مجموعه بسیار مهم طراحی است ، زیرا متغیرهای طراحی این مجموعه ، تاثیر بسیاری را بر روی ابعاد طراحی دیگر مجموعه های پست کاری اتوبوس داشتند . بنابراین ، بسیار ضروری بود تا با دقت بیشتری به آنالیز ابعادی صندلی بپردازیم تا بدین ترتیب بتوانیم نتایج صحیح تری را در طراحی بدست آوریم .

با توجه به نتایج حاصله (نمودار ۲) ، کاملا" آشکار بود که موقعیت استقرار فرمان ، پدالها ، پنلهای ابزاری و آئینه ها ، به میزان زیادی وابسته به ابعاد طراحی صندلی می باشد و از طرفی دیگر ، شیشه جلوی اتوبوس و پست کاری محیطی اپراتور اتوبوس بطور مستقل طراحی می گردند . لذا باید طراحی از صندلی آغاز و به پست کاری محیطی ختم می گردید .

۴- برای مشاهده لیست کامل متغیرهای طراحی دسته بندی شده ، به منبع [1] رجوع کنید .

متغیر های طراحی	کد	دسته بندی بر اساس مشخصات طراحی	دسته بندی بر اساس رابطه
زاویه قائم پشتی صندلی برای ۵۰٪ افراد	SB11	ED	متغیر طراحی کلیدی
دامنه تنظیم زاویه پشتی صندلی	SB12	ED	متغیر طراحی کلیدی
زاویه افقی کفی صندلی برای ۵۰٪ افراد	SP9	ED	متغیر طراحی کلیدی
دامنه تنظیم زاویه افقی کفی صندلی	SP10	ED	متغیر طراحی کلیدی
قطر غربالک	TW1	ED , MD	متغیر طراحی کلیدی
دامنه تنظیم تلسکوپی فرمان	TW7	ED	متغیر طراحی وابسته
طول صفحه پدال ترمز	PB1	ED	متغیر طراحی ساده
زاویه افقی صفحه پدال ترمز	PB6	ED	متغیر طراحی وابسته
ضخامت صفحه پدال گاز	PA3	ED	متغیر طراحی وابسته
عرض بازوی پدال گاز	PA13	MD	متغیر طراحی ساده
زاویه افقی پنل ابزاری چپ	IL5	ED	متغیر طراحی وابسته
دامنه تنظیم زاویه افقی پنل ابزاری چپ	IL6	AD	متغیر طراحی وابسته
جنس رویه پنل ابزاری مرکزی	IC9	AD	متغیر طراحی ساده
شکل پنل ابزاری راست	IR4	ED	متغیر طراحی ساده
ضخامت پنل ابزاری راست	IR3	MD	متغیر طراحی ساده
مکان قفل شخصی راننده	EP6	AD	متغیر طراحی ساده

جدول ۳- نمونه ای از متغیرهای طراحی دسته بندی شده بر اساس مشخصات طراحی و نوع رابطه با دیگر متغیرها



مجموعه های تشکیل دهنده پست کاری اپراتور

نمودار۲- نتایج آنالیز شدت روابط مابین متغیرهای طراحی هر یک از مجموعه های تشکیل دهنده پست کاری اپراتوراتوبوس (بر حسب درصد)

مرحله نهائی : استخراج توابع طراحی

در فاز آخر روش طراحی ارائه شده ، توابع طراحی- بر اساس نتایج حاصله از مراحل اولیه طراحی- استخراج شدند . تابع طراحی یک متغیر طراحی ، تابعی است که رابطه هندسی میان آن متغیر و متغیرهای طراحی و آنتروپومتریکی که با آن در ارتباط هستند را نمایش می دهد (همانطور که پیشتر به آن اشاره گردید ، ممکن بود مقدار یک متغیر طراحی ، تاثیرگذار بر روی دیگر متغیرها و یا وابسته به دیگر متغیرهای طراحی باشد و یا به عبارت ساده تر ، ممکن بود برای تعیین مقدار یک متغیر ، نیازمند استفاده از مقادیر سایر متغیرها باشیم).

مزیت توابع طراحی در این است که هیچ ابهامی در طراحی نهائی وجود نخواهد داشت ، زیرا هر یک از متغیرهای طراحی پست کاری با تعریف روابط هندسی که میان متغیرهای طراحی و آنتروپومتریکی وجود دارند ، تعیین شده اند . به کمک توابع طراحی استخراج شده ، می توان طراحی انجام گرفته را برای هر جمعیت آنتروپومتریکی براحتی تکرار نمود ، زیرا تنها نیاز است که اطلاعات آنتروپومتریکی مربوط به آن جمعیت را در توابع طراحی وارد کرد .

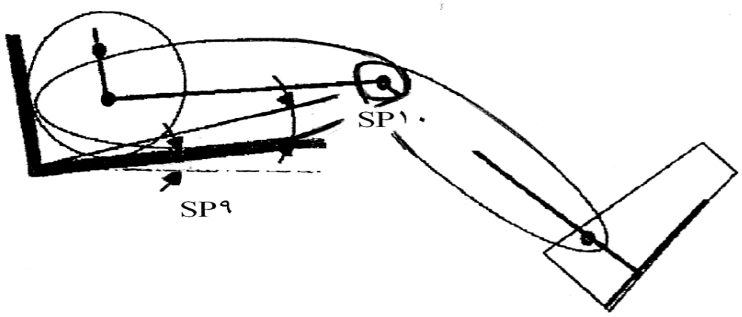
روند استخراج توابع طراحی

روندکلی استخراج تابع طراحی یک متغیر طراحی ، بدین شرح بود که در قدم اول ، متغیرهای طراحی که با متغیر مورد نظر در ارتباط بودند ، تعیین گشتند (با توجه به آنالیز شدت روابط انجام گرفته در فاز دوم طراحی) . در قدم دوم ، ناحیه ای از پست کاری اپراتور که متغیر طراحی مورد نظر در آن واقع بود ، بوسیله یک رسم هندسی به نمایش در آمد و سپس بر اساس رسم هندسی انجام گرفته ، مشخص گردید که برای استخراج تابع طراحی متغیر مورد نظر ، باید از کدام ابعاد آنتروپومتریکی استفاده شود (در استخراج توابع طراحی برخی از متغیرها ، نیازی به استفاده از اطلاعات آنتروپومتریکی نبود) . در نهایت بر اساس رسم هندسی صورت گرفته ، یک معادله ریاضی (تابع طراحی) استخراج گردید .

در طول تحقیق ، توابع طراحی بیش از ۵۳ متغیر طراحی استخراج گردیدند ، که اکثر این متغیرها ، متغیرهای کلیدی و وابسته بودند . در جداول ۵ و۴ ، روند استخراج توابع طراحی دو متغیر طراحی نشان داده شده است.

متغیر طراحی مورد نظر	دامنه تنظیم کفی صندلی (SP10)
نوع متغیر	متغیر ارگونومیکی (ED)- کلیدی
قدم اول	زاویه افقی کفی صندلی برای صدک پنجاهم افراد (SP9)
قدم دوم	شکل ۳
قدم سوم	- با توجه به رسم هندسی ، برای استخراج تابع طراحی این متغیر نیازی به استفاده از ابعاد آنتروپومتریکی نمی باشد .
قدم چهارم (تابع طراحی)	SP10 مقدار $\leq$ SP9 SP10= [0 و 5] پس کفی صندلی راننده اتوبوس باید قابلیت تنظیم از ۰ تا ۵ درجه را داشته باشد .
توضیحات	الف- با توجه به استاندارد وضعیت بدن در حین رانندگی اتوبوس ، مقدار متغیر طراحی SP9 برابر با ۵ درجه می باشد . این مقدار زاویه مثبت ، از سرخوردن راننده به سمت جلو پیشگیری می کند و نیز دامنه حرکتی راحت مفصل ران (فلکشن ران) که باید ۹۵ تا ۱۲۰ درجه باشد (با توجه به جدول ۱) ، حفظ می گردد . ب- مقدار تعیین شده برای متغیر طراحیSP10 ، ضمن جلوگیری از سرخوردن اپراتور ، قابلیت تنظیم کافی برای مفصل ران راننده را نیز فراهم می نماید .

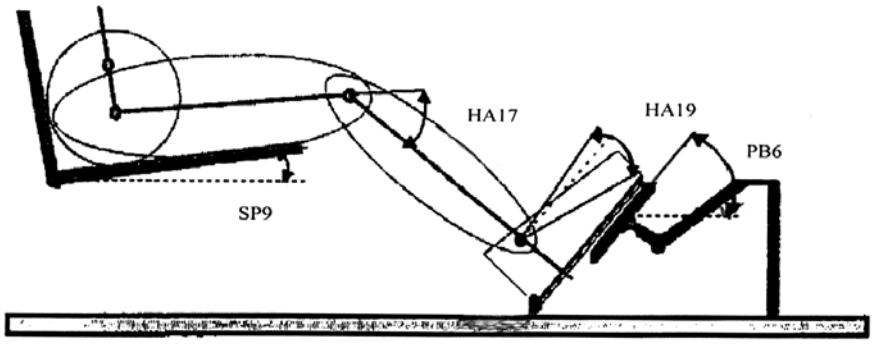
جدول ۴- فرایند استخراج تابع طراحی متغیر طراحی SP10



شکل۳ – ترسیم هندسی جهت استخراج تابع طراحی متغیرSP10 [2]

متغیر طراحی مورد نظر	زاویه افقی صفحه پدال ترمز (PB6)
نوع متغیر	متغیر ارگونومیکی(ED)– وابسته
قدم اول	زاویه افقی کفی صندلی برای صدک پنجاهم افراد (SP9)
قدم دوم	شکل ۴
قدم سوم	– با توجه به رسم هندسی انجام گرفته ، برای استخراج تابع طراحی این متغیر ، نیازمند به استفاده از ابعاد آنتروپومتریکی زاویه فلکشن زانو (که در شکل با کد HA17 نشان داده شده است) و زاویه فلکشن مچ پا (که در شکل با کد HA19 نشان داده شده است) می باشیم .
قدم چهارم (تابع طراحی)	PB6 = 90+ SP9- HA17 - HA19
توضیحات	الف– با توجه به استاندارد وضعیت بدن در حین رانندگی اتوبوس ، مقدار متغیر طراحی SP9 برابر با ۵ درجه می باشد . این مقدار زاویه مثبت ، از سرخوردن راننده به سمت جلو پیشگیری می کند و نیز دامنه حرکتی راحت مفصل ران (فلکشن ران) که باید ۹۵ تا ۱۲۰ درجه باشد (با توجه به جدول ۱) ، حفظ می گردد . ب– به منظور تعیین مقدار متغیر طراحی PB6 ، باید ابعاد آنتروپومتریکی زاویه ای افراد جامعه مورد نظر را ، در تابع طراحی استخراج شده قرار داد . البته توجه به این نکته ضروریست که ابعاد باید طوری انتخاب شوند ، تا صدک پنجم زنان و صدک نود و پنجم آقایان براحتی بتوانند از پست کاری طراحی شده استفاده نمایند . ج– در استخراج تابع طراحی متغیر مورد نظر ، دو اصل زیر مد نظر قرار گرفته است : ۱. زاویه افقی صفحه پدال ترمز باید بگونه ای باشد تا راننده به هنگام کار با پدال ، در مچ پای خود احساس راحتی داشته باشد . ۲. اپراتور همواره باید قادر باشد تا حتی در حین فشردن پدال ترمز ، پاشنه پای خود را بر روی سکوی پست کاری قرار دهد .

جدول ۵– فرایند استخراج تابع طراحی متغیر طراحی PB6



شکل۴ – ترسیم هندسی جهت استخراج تابع طراحی متغیر PB6 [2]

نتیجه گیری

پست کاری اپراتور اتوبوس ، یک منطقه کاریست که در آن ، راننده مستقیما" با مجموعه هائی از قبیل: صندلی، فرمان و پدالها در تماس می باشد . اگر پست کاری اپراتور اتوبوس بدون توجه به مشخصات انسانی طراحی شود ، اثرات منفی ناخواسته ای ، چون: ناراحتی های ماهیچه ای و آسیبهای جسمی را بدنبال خواهد داشت . بنابراین برای جلوگیری از چنین مشکلاتی ، بکارگیری یک روش ارگونومیکی صحیح در طراحی پست کاری اتوبوس ، امری ضروری بنظر می رسد .

در این مقاله ، سعی کردیم تا گزارشی از یک تحقیق انجام گرفته در زمینه طراحی ارگونومیکی پست کاری اتوبوس را ارائه دهیم . در روش طراحی ارائه شده ، که شامل چندین مرحله بود ، ابتدا استاندارد وضعیت بدن در حین رانندگی اتوبوس و سپس متغیرهای طراحی تعریف شدند . در مرحله دوم ، شدت روابط میان متغیرهای طراحی تعریف شده ، تعیین گردیدند تا بدین ترتیب طراحی با تمرکز بیشتری بر روی متغیرهائی که اهمیت بیشتری دارند ، دنبال شود .

از آنجائیکه موضوع اصلی در طراحی پست کاری اپراتور اتوبوس ، مشخص کردن رابطه میان صندلی ، فرمان و پدالها بود ، در مرحله پایانی ، توابع طراحی بر پایه اطلاعات جمع آوری شده در مراحل پیشین طراحی و با توجه به روابط هندسی موجود میان متغیرهای طراحی و ابعاد آنتروپومتریکی ، استخراج شدند . این توابع ، انعطاف پذیری روش طراحی ارائه شده را افزایش می دهند ، چراکه می توان تنها با وارد کردن ابعاد آنتروپومتریکی افراد هر جامعه در این توابع ، طراحی متناسب با مشخصات انسانی آن جامعه را انجام داد .

منابع و مراجع

.۱
اربابی ، آیدین ، پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی پزشکی "بهینه سازی کابین اتوبوس از طریق طراحی ارگونومیکی" ، اسفند ۱۳۸۳

.2
"Bus Operators' Workstation Ergonomic Evaluation and design", Sponsored by the Federal Transit Administration and Conducted by the Transportation Research Board (US), February1997

.3
"Buses and Coaches: Design and Construction", Published by International Transport Workers' Federation, 2004

.۴
John Potter, "Bus cab Ergonomic Design", Auckland Tramways Union, 2002

.۵
Harry Saporta, "Durable Ergonomic seating for Urban Bus Operators", Oregon OSHA Redesign Program, November 2000

.۶
Rolland D.King, "Bus Occupant Safety ", Published by Transportation Research Board National Research Council, 1996

.۷
Professor M A J Kompier, "Bus Drivers: Occupational Stress and Stress Prevention", Published by International Labor Office, 1996

.۸
Www.tradeshal.org.nz/stagecoach/cabergon.html