



سرمقاله

ارگونومی در طراحی و تولید خودرو

عادل مظلومی^۱، اکبر رستم آبادی^۲

مقدمه

رعایت اصول زیبایشناسی، تاکید و تمرکز بیشتری در مورد وضعیت قرارگیری سرنوشتینان و کیفیت تطابق بین وسیله نقلیه و سرنوشتین ارائه می نماید. عنوان مثال در این روش، میزان فضای داخلی مورد نیاز در وسیله نقلیه با مورد ملاحظه قرار دادن ابعاد آنتروپومتریکی، تعداد و سن سرنوشتینان، جزئیات مرتبط با پوسچرهای وضعیتی ایجاد شده حین رانندگی، خطوط دید و فضاهای دسترسی به کنترل ها تعیین می گردد.

مشخصات ارگونومیک وسایل نقلیه شامل پارامترهایی می باشند که در طی تعریف و آنالیز طراحی خودرو باید مورد مطالعه قرار گیرند. در ارتباط با فضای داخلی وسایل نقلیه موتوری این پارامترها می توانند بر سلامتی، ایمنی، مقبولیت فیزیکی-روانی، حدود دسترسی، راحتی، قابلیت استفاده، سهولت عملکرد، کیفیت و گستره میدان دید تاثیرگذار باشند . در واقع، نهادینه نمودن ارگونومی در وسایل نقلیه مستلزم بکارگیری و اعمال ضوابط، دستورالعمل ها و استانداردهای ارگونومیک در همان ابتدای فرایند طراحی یا فاز ایده می باشد. این مساله، این امکان را فراهم می آورد که این ضوابط تاثیر بسزایی در مراحل آغازین طراحی داشته و امکان ایجاد تغییر در کلیه مراحل طراحی فراهم گردد. تجزیه و تحلیل جنبه های ارگونومیک فضای داخلی خودرو از نقطه نظر مفهوم، روش و وسایل با توجه به فاز توسعه طرح از فاز غیرمادی

تا سال های اخیر بسیاری از کارخانجات خودرو سازی دارای یک ساختار نظام مند جهت تعیین و ارائه اصول ارگونومی در طراحی وسایل نقلیه نبودند. امروزه در صنعت خودروسازی تاکید بر رعایت اصول ارگونومی در طراحی خودرو جزء لینفکی از فرآیند طراحی محسوب می گردد. صرفنظر از رعایت قوانین و مقررات، صنایع سازنده خودرو دریافته اند که برای تامین مقبولیت، راحتی و ایمنی خودروهای تولیدی خود نیاز بسیار زیادی به بکارگیری اصول ارگونومیک در طراحی داخلی وسایل نقلیه دارند. طراحی با تمرکز بر مشخصات و نیازهای کاربران در کلیه سطوح تولید در حال افزایش است و جمعیت خریدار از مزایای رعایت مسائل ارگونومیک در طراحی بیشتر مطلع شده و بیش از گذشته در مورد کیفیت ارگونومیک محصولاتی که خریداری می نمایند، نکته سنجی می کنند. هم اکنون شرکت های عمدۀ سازنده خودرو، خود را مجهز به آزمایشگاهها و تجهیزاتی در رابطه با انجام تستها و مطالعات ارگونومیک نموده اند. رویه قدیمی که توسط بسیاری از کارخانجات برای طراحی یک وسیله نقلیه مورد استفاده قرار می گرفت، طراحی از خارج به داخل ("outside-in") خودرو بود، در این روش اولویت طراحی بیشتر بر رعایت اصول زیبایشناسی وسیله نقلیه تاکید دارد [۱]. رویکرد دیگر برای طراحی وسایل نقلیه جدید طراحی از داخل به خارج

۱. نویسنده مسئول، استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران. صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۴۴۶. تلفن: ۰۲۱-۸۸۹۵۱۳۹۰.

amazlomi@tums.ac.ir

۲. کارشناس ارشد بهداشت حرفه‌ای دانشگاه علوم پزشکی تهران.

از آنتروپومتری دینامیک می‌توان مکان مناسب قرارگیری کنترل‌ها و فضای دسترسی مورد نیاز برای دستها و پاها و سر را جانمایی نمود. بعلاوه با استفاده از بیومکانیک، می‌توان دامنه حرکتی مفاصل، نیروی مورد نیاز، سرعت و صحیح بودن حرکات اندام‌ها و مفاصل را مورد ارزیابی قرار داد. همچنین در طراحی کنترل‌ها، چنین داده‌هایی جهت تعیین دامنه حرکتی مورد قبول مفاصل بدن و نیروهای عملکردی کاربرد دارند. دشواری و پیچیدگی‌هایی که در تعیین مکان واقعی صدک‌ها بمنظور بدست آوردن دیاگرام حدود دسترسی وجود دارد، باعث شده که تعیین فضاهای کار همیشه با متغیرهای آنتروپومتریک استاتیک قابل پیش‌بینی نباشد. این موضوع سبب شده که دستورالعمل‌های SAE (انجمن مهندسین خودرو، ایالات متحده آمریکا) در انجام طراحی‌ها به سمت مدل‌های آنتروپومتریک دینامیکی (کارکردی) و ابزارهای طراحی کامپیوتراً سوق داده شوند. این مدل‌ها موقعیت و مکان احتمالی نقاط مرجع جهت تعیین مکان مناسب استقرار اندام‌ها و فضاهای دسترسی را مشخص نموده و می‌توانند محدودیت‌های طراحی را در صدک‌های مختلف جهت دستیابی به سطوح تطابق بهینه مشخص نمایند.

برخی از ابعاد آنتروپومتریک دینامیکی مورد کاربرد در طراحی فضای داخلی خودرو (بسته سرنشین) شامل نقطه مرجع باسن (H-Point)، نقطه مرجع پنجه پا (ball of foot)، نقطه اتكاء پاشنه-پدال گاز AHP(Accelerator Heel Point) SRT (Seat Reference Point) می‌باشد(شکل ۱). این نقاط مرجع جهت تعیین مکان استقرار بهینه اندام‌های بدن در داخل بسته سرنشین، نحوه عملکرد در داخل خودرو و در نهایت فضای مورد نیاز بسته سرنشین کاربرد دارند.

استانداردها، راهنمایها و دستورالعمل‌های مرتبط با طراحی فضای داخلی وسایل نقلیه
ضوابط و دستورالعمل‌های ارگونومیک مرتبط با طراحی داخلی وسایل نقلیه توسط دستورالعمل‌های

یا مرحله ایده (non-material idea) تا مرحله تهیه نمونه اولیه خودرو (prototype) متفاوت می‌باشد. هدف از مبحث حاضر، مروری در مورد تکنیک‌ها، دستورالعمل‌ها و ابزارآلات مورد کاربرد در طراحی فضای داخلی خودرو می‌باشد.

طراحی فضای داخلی خودرو (بسته سرنشین) يا Occupant Packaging

به عقیده محققان موضوع بسیار مهمی که باید در طراحی خودرو در نظر داشت کیفیت تطابق بین سرنشین و وسیله نقلیه می‌باشد. یکی از مراحل مهم جهت دستیابی به این تطابق، طراحی ارگونومیک بسته سرنشین (فضای داخلی خودرو) می‌باشد. این فرآیند شامل تعیین فضای داخلی مورد نیاز، نحوه چیدمان و جانمایی صحیح اجزاء و ساختارهای داخلی خودرو مانند صندلی‌ها، کنترل‌ها، نمایشگرها وغیره است، بگونه‌ای که منطبق با مشخصات آنتروپومتریکی، ایمنی، راحتی و حتی ویژگی‌های روانی راننده و سایر سرنشینان باشد. طراحی بسته سرنشین به منابع اطلاعاتی مرتبط با فاکتورهای انسانی که طی سال‌ها تحقیق بدست آمده اند بستگی دارد. تحقیقات آزمایشگاهی و کاربردی انجام شده بر روی صدھا نفر منجر به استانداردسازی اندازه‌ها و آنالیز دقیق فضای مورد نیاز بسته سرنشین شده است. بطوریکه، مکان مناسب قرارگیری سر، چشم‌ها، حدود دسترسی، صندلیها و دیگر اندازه‌های مرتبط با فضای کاری سرنشینان تعیین شده اند.

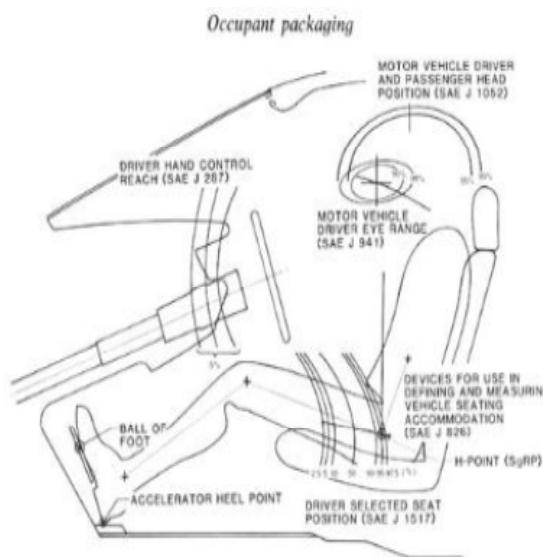
یکی از متداول‌ترین های بسیار مناسب و کمک کننده در طراحی بسته سرنشین استفاده از آنتروپومتری می‌باشد. کاربرد ابعاد آنتروپومتری جهت توصیف و تعیین تطابق فضایی راننده و سرنشینان و نحوه عملکرد آنان در خودرو بسیار کارآمد و مفید می‌باشد. بعنوان مثال با استفاده از آنتروپومتری استاتیک می‌توان عرض، ارتفاع و عمق صندلی‌ها، همچنین با استفاده از داده‌های مربوط به قوس‌ها و خمیدگی‌های آناتومیک قسمت‌های مختلف بدن می‌توان محل بهینه تعیینه کیسه‌های هوا و کمربند ایمنی را تعیین نمود. با استفاده



SAE J1052 در مورد تعیین انحصاراً یا کنترلهای قرارگیری سر راننده و سرنشین Driver and Passenger head position contours استاندارد SAE J287 در مورد تعیین فضاهای دسترسی Hand controls reach envelopes (ISO 4040/BS AU 199) می باشند (شکل ۱). این استانداردها و سایر استانداردهای مرتبط در Peacock, ROE(1993) و Karwowski (1993) مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۴، ۵]. همچنین این استانداردها در کتاب راهنمای SAE (۱۹۹۶) نیز در دسترس می باشند [۵].

روش‌ها و رویکردهای نرم افزاری برای طراحی ارگونومیک فضای داخلی خودرو (بسته سرنشین)
کاربرد نرم افزارهای کامپیوترا جهت شبیه سازی حرکات مربوط به ورود و خروج از وسیله نقلیه و چگونگی عملکرد کاربر در داخل وسیله نقلیه می باشند. با بکارگیری و استفاده از ماکت‌های دیجیتال (Computer CAD) که از سیستم های mock-up (Computer-aided design) استفاده می‌کنند، تعداد ماکت‌های بزرگ و قدیمی که هنگام طراحی خودرو بکار گرفته می‌شوند کاهش یافته است. این ماکت‌های بزرگ جهت تجسم و ارزیابی طراحی خودرو قبل از تولید، مورد استفاده قرار می‌گرفند.

معرفی و ورود کامپیوترا جهت شبیه سازی بسته ارگونومیک و طرح بندی سیستم کنترل - راننده، انقلاب و تحول بزرگی در فرایند طراحی داخلی خودرو ایجاد نموده است. هم اکنون برنامه های کامپیوترا نظریر JACK, RAMSIS, SAMMIE, CATIA SAFEWORK برای مدل سازی انسان و طراحی بسته سرنشین تهیه و بکار برده می شوند [۶]. سیستم‌های طراحی به کمک کامپیوترا(CAD) نسبت به مانکن‌های دو بعدی علاوه بر اینکه باعث می شوند مدلسازی در فاز ایده طرح (فاز مفهوم) بطور سریع انجام گردد این امکان را فراهم می آورند تا شبیه سازی افراد و محل های کار با صحت و قابلیت اعتماد بیشتری صورت



شکل ۱: ابعاد و اندازه های ارگونومیک در طراحی فضای داخل خودرو (بسته سرنشین)

SAE (انجمان مهندسین خودرو، ایالات متحده آمریکا) ارائه شده است. علاوه بر این، گستره وسیعی از استانداردها و دستورالعمل ها در بسیاری از حوزه های ارگونومی در مورد طراحی وسایل نقلیه در دسترس می باشند. این استانداردها اصول اساسی طراحی بسته سرنشین را ارائه می دهند. در صورتی که از این استانداردها در مراحل اولیه فرایند طراحی استفاده گردد، بی نهایت مفید و موثر واقع خواهد بود و استفاده از آنها بسیار ساده، سریع و در دسترس می باشند. بسیاری از این استانداردها بخشی از قوانین و دستورالعمل های مربوط به طراحی وسایل نقلیه را نیز شامل می شوند. مهمترین استانداردهایی که توسط ارگونومیست ها هنگام طراحی بسته سرنشین مورد استفاده قرار می گیرند شامل استاندارد SAE J826 در مورد تعیین نقطه مرجع H-point (ISO 6549)، استاندارد SAE J1100 در مورد تعیین نقطه مرجع Seating Reference Point، استاندارد SAE J1517 در مورد موقعیت انتخاب صندلی راننده، استاندارد SAE J941 در مورد تعیین نقطه ارتفاع دید، استاندارد Eyellipse (ISO 4513/BS AU 176)، استاندارد

می‌نمایند که سبب شده در بازار داد و ستد، این جنبه از طراحی بعنوان یک عامل مهم در ایجاد رقابت بین شرکت‌های سازنده محسوب گردد. با توجه به مطالب پیش گفت، طراحی و ساخت وسایل نقلیه، مستلزم استفاده از استانداردها و دستورالعمل‌های ارگونومیک خودرو می‌باشد. از طرفی، بکارگیری استانداردهای مذکور و متعاقباً طراحی فضای داخلی خودرو بشدت تحت تاثیر پارامترهای ارگونومیک (آنتروپومتریک) جمعیت کاربران قرار دارد، متساقته بدلیل فقدان مطالعات و پژوهش‌های نظام مند در این زمینه در صنایع خودروسازی کشور، بنظر می‌رسد پایه ریزی و انجام مطالعات هدفمند در جهت تولید و طراحی خودروی ارگونومیک ملی منطبق با معیارهای طراحی جهانی و مشخصات آنتروپومتریک کاربران ایرانی کمک شایان توجهی در تامین ایمنی و سلامتی کاربران و ارتقاء مقبولیت خودروهای داخلی نماید.

منابع

1. Tovey MJ. Intuitive and objective processes in automotive design. *Design Studies*. 1992.
2. Porter JM, Porter CS. Turning automotive design 'inside-out' *International Journal of Vehicle Design*. 1997; 19(4):385-401.
3. Roe R, W. Occupational Packaging. In: *Automotive Ergonomics*. eds: Peacock and Karwowski, Taylor and Francis. 1993.
4. Peacock B, Karwowski W. eds. *Automotive Ergonomics*, Taylor & Francis. 1993.
5. SAE Handbook. Society of Automotive Engineers; USA, 1996.
6. Porter JM, Case K, Freer M, T. Computer aided design and human models. In: *Handbook of Occupational Ergonomics*, eds. Karwowski, W. and Marras, W. Florida: CRC Press; 1999.

پذیرفته و تصویر واقعی تری از تقابلات انسان-ماشین تهیه گردد. این سیستم‌ها نه تنها طراحان و مهندسین را قادر می‌سازد تا مدل‌های سه بعدی از سرنشینان، ایستگاه‌های کار و تجهیزات داخلی خودرو تهیه نمایند بلکه اطلاعاتی را در مورد نماهای جانبی/عقب/جلو خودرو، مشخصات بیومکانیکی اندام‌های بدن حین انجام وظایف رانندگی، بهینه نمودن قابلیت دسترسی و عملکرد کنترل‌ها، تعیین ابعاد آنتروپومتریک شامل مراکز مفصلی و دامنه حرکتی مفاصل، قدرت استاتیک یا بار گشتاوری (torque load) که بر مفاصل بدن حین رانندگی وارد می‌گردد، ارائه می‌نمایند. چنین سیستم‌هایی اغلب در فاز ایده (فاز مفهومی) طراحی بکار برده می‌شوند، هنگامی که می‌توان از آنها جهت استفاده و دستیابی به گزینه‌های ممکن برای طراحی خودرو نمود. با این وجود، محدودیت‌های بسیاری در طراحی وجود دارد که گاهی اوقات این محدودیت‌ها باعث می‌شوند که دستیابی به تطابق بهینه با چالش مواجه گردد. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به عدم توانایی این سیستم‌ها در پیشگویی کیفیت راحتی، مقبولیت حسی، مقبولیت صوتی و پارامترهای دیگری از این قبیل اشاره نمود. به همین دلیل محققان همیشه تاکید داشته اند که سیستم‌های مدل سازی انسان به کمک کامپیوتر نباید جایگزین آزمون کاربر (user trial) با استفاده از ماکت‌ها که قادرند چنین جنبه‌هایی را نیز مورد ارزیابی قرار دهند، شوند.

نتیجه گیری

امروزه ضوابط ارگونومی بسیار بیش از گذشته بعنوان پیکره اصلی دانشی که روشهای پیشرفتی و پیچیده تحقیق و مطالعه در مورد طراحی خودرو را ارائه می‌نماید، مورد توجه واقع شده است. در تایید این موضوع این واقعیت مشخص شده است که در مراکز و صنایع ساخت وسایل نقلیه در سراسر جهان وجود متخصصین ارگونومی در کنار دیگر متخصصان و مهندسان اجتناب ناپذیر شده است. در حال حاضر، اغلب کارخانجات سازنده خودرو، اتومبیل‌هایی با طراحی مناسب و ارگونومیک تولید