سرمقاله

ارگونومی در طراحی و تولید خودرو

عادل مظلومی[۱]، اکبر رستم آبادی[۲]

مقدمه

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 لاینفکی 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 عمده 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 زیباشناسی وسیله نقلیه تاکید دارد[۱]. رویکرد دیگر برای طراحی وسایل نقلیه جدید طراحی از داخل به خارج ("inside-out") می باشد [۲]. این رویکرد علاوه بر رعایت اصول زیباشناسی، تاکید و تمرکز بیشتری در مورد وضعیت قرارگیری سرنشینان و کیفیت تطابق بین وسیله نقلیه و سرنشین ارائه می نماید. بعنوان مثال در این روش، میزان فضای داخلی مورد نیاز در وسیله نقلیه با مورد ملاحظه قرار دادن ابعاد آنتروپومتریکی، تعداد و سن سرنشینان، 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

۱. نویسنده مسئول، استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران. صندوق پستی: ۶۴۴۶-۱۴۱۵۵. تلفن: ۸۸۹۵۱۳۹۰-۰۲۱
amazlomi@tums.ac.ir
۲. کارشناس ارشد بهداشت حرفه‌ای دانشگاه علوم پزشکی تهران.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-06]

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

طراحی فضای داخلی خودرو (بسته سرنشین یا Occupant Packaging)

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

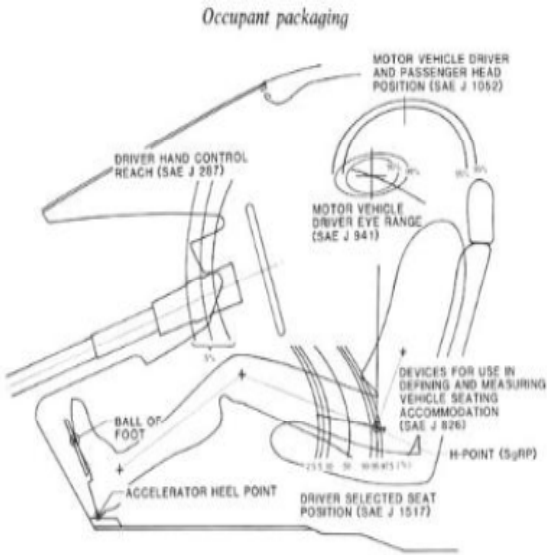
یکی از متدولوژی های بسیار مناسب و کمک کننده در طراحی بسته سرنشین استفاده از آنتروپومتری می‌باشد. کاربرد ابعاد آنتروپومتری جهت توصیف و تعیین تطابق فضایی راننده و سرنشینان و نحوه عملکرد آنان در خودرو بسیار کارآمد و مفید می باشد. بعنوان مثال با استفاده از آنتروپومتری استاتیک می توان عرض، ارتفاع و عمق صندلی ها، همچنین با استفاده از داده های مربوط به قوس ها و خمیدگی های آناتومیک قسمت‌های مختلف بدن می توان محل بهینه تعبیه کیسه‌های هوا و کمربند ایمنی را تعیین نمود. با استفاده از آنتروپومتری دینامیک می توان مکان مناسب قرارگیری کنترل ها و فضای دسترسی مورد نیاز برای دستها و پاها و سر را جانمایی نمود. بعلاوه با استفاده از بیومکانیک، می توان دامنه حرکتی مفاصل، نیروی مورد نیاز، سرعت و صحیح بودن حرکات اندام ها و مفاصل را مورد ارزیابی قرار داد. همچنین در طراحی کنترل‌ها، چنین داده هایی جهت تعیین دامنه حرکتی مورد قبول مفاصل بدن و نیروهای عملکردی کاربرد دارند. دشواری و پیچیدگی هایی 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 پیش بینی نباشند. این موضوع سبب شده که دستورالعمل هایSAE (انجمن مهندسین خودرو، ایالات متحده آمریکا) در انجام طراحی‌ها به سمت مدل های آنتروپومتریک دینامیکی (کارکردی) و ابزارهای طراحی کامپیوتری سوق داده شوند. این مدل ها موقعیت و مکان احتمالی نقاط مرجع جهت تعیین مکان مناسب استقرار اندام ها و فضاهای دسترسی را مشخص نموده و می توانند محدودیت های طراحی را در صدک های 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 BOF (ball of foot)، نقطه اتکاء پاشنه-پدال گاز AHP(Accelerator Heel Point)، نقطه ارتفاع دید (Eyellipse)، نقطه مرجع نشستن SRT (Seat Reference Point) می باشد(شکل ۱). این نقاط مرجع جهت تعیین مکان استقرار بهینه اندام های بدن در داخل بسته سرنشین، نحوه عملکرد در داخل خودرو و در نهایت فضای مورد نیاز بسته سرنشین کاربرد دارند.

استانداردها، راهنماها و دستورالعمل های مرتبط با طراحی فضای داخلی وسایل نقلیه

ضوابط و دستورالعمل های ارگونومیک مرتبط با طراحی داخلی وسایل نقلیه توسط دستورالعمل‌های

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-06]



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

SAE(انجمن مهندسین خودرو، ایالات متحده آمریکا) ارائه شده است. علاوه بر این، گستره وسیعی از استانداردها و دستورالعمل ها در بسیاری از حوزه‌های ارگونومی در مورد طراحی وسایل نقلیه در دسترس می‌باشند. این استانداردها اصول اساسی طراحی بسته سرنشین را ارائه می دهند. در صورتی که از این استانارها 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 دستورالعمل‌های مربوط به طراحی وسایل نقلیه را نیز شامل می شوند. مهمترین استانداردهایی که توسط ارگونومیست ها هنگام طراحی بسته سرنشین مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل استاندارد SAE J826 در مورد تعیین نقطه مرجع H-point (ISO 6549)، استانداردSAE J1100 در مورد تعیین نقطه مرجع نشستن Seating Reference Point، استاندارد SAE J1517 در مورد موقعیت انتخاب صندلی راننده Driver selected seat position، استاندارد SAE J941 در مورد تعیین نقطه ارتفاع دید Eyellipse (ISO 4513/BS AU 176) ، استاندارد SAE J1052 در مورد تعیین انحناها یا کنتورهای قرارگیری سر راننده و سرنشین Driver and Passenger head position contours، استاندارد SAE J287 در مورد تعیین فضاهای دسترسی به کنترل های دستی Hand controls reach envelopes (ISO 4040/BS AU 199) می باشند (شکل ۱). این استانداردها و سایر استانداردهای مرتبط در جزئیات بیشتری توسط ROE(1993), Peacock (1993) و Karwowski مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۳, ۴]. همچنین این استانداردها در کتاب راهنمای SAE (۱۹۹۶) نیز در دسترس می باشند[۵].

روش ها و رویکردهای نرم افزاری برای طراحی ارگونومیک فضای داخلی خودرو (بسته سرنشین)

کاربرد نرم افزارهای کامپیوتری 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 (digital mock-up) که از سیستم های Computer-) CAD aided design)" استفاده می‌کنند، تعداد ماکت‌های بزرگ و قدیمی که هنگام طراحی خودرو بکار گرفته می‌شدند کاهش یافته است. این ماکت های بزرگ جهت تجسم و ارزیابی طراحی خودرو قبل از تولید، مورد استفاده قرار می گرفتند.

معرفی و ورود کامپیوترها 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 کامپیوتری نظیر CATIA، JACK, RAMSIS, SAMMIE, SAFEWORK برای مدل سازی انسان و طراحی بسته سرنشین تهیه و بکار برده می شوند [۶]. سیستم‌های طراحی به کمک کامپیوتر(CAD) نسبت به مانکن های 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

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-06]

پذیرفته و تصویر واقعی تری از تقابلات انسان–ماشین تهیه گردد. این سیستم ها نه تنها طراحان و مهندسین را قادر می سازد تا مدل های سه بعدی از سرنشینان، ایستگاه های 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 کنترل ها، تعیین ابعاد آنتروپومتریک شامل مراکز مفصلی و دامنه حرکتی مفاصل، قدرت استاتیک یا بار گشتاوری(torque load) که بر مفاصل بدن حین رانندگی وارد می گردد، ارائه می نمایند. چنین سیستم‌هایی اغلب در فاز ایده (فاز مفهومی) طراحی بکار برده می شوند، هنگامی که می توان از آنها جهت بررسی و دستیابی به گزینه های ممکن برای طراحی استفاده نمود. با این وجود، محدودیت های بسیاری در طراحی وجود دارد که گاهی اوقات این محدودیت ها باعث می شوند که دستیابی به تطابق بهینه با چالش مواجه گردد. از جمله این محدودیت ها می توان به عدم توانایی این سیستم ها 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 سیستم های مدل سازی انسان به کمک کامپیوتر نباید جایگزین آزمون کاربر (user trial) با استفاده از ماکت‌ها که قادرند چنین جنبه هایی را نیز مورد ارزیابی قرار دهند، شوند.

نتیجه گیری

امروزه ضوابط ارگونومی بسیار بیش از گذشته بعنوان پیکره اصلی دانشی که روشهای پیشرفته و پیچیده تحقیق و مطالعه در مورد طراحی خودرو را ارئه می نماید، 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، اتومبیل هایی با طراحی مناسب و ارگونومیک تولید می‌نمایند که سبب شده در بازار داد و ستد، این جنبه از طراحی بعنوان یک عامل مهم در ایجاد رقابت بین شرکت های سازنده محسوب گردد. با توجه به مطالب پیش گفت، طراحی و ساخت وسایل نقلیه، مستلزم استفاده از استانداردها و دستورالعمل های ارگونومیک خودرو می باشد. از طرفی، بکارگیری استانداردهای مذکور و متعاقباً طراحی فضای داخلی خودرو بشدت تحت تاثیر پارامترهای ارگونومیک (آنتروپومتریک) جمعیت کاربران قرار دارد، متاسفانه بدلیل فقدان مطالعات و پژوهش‌های نظام مند در این زمینه در صنایع خودروسازی کشور، بنظر می رسد 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.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-06]