نشریه مهندسی مکانیک
نشریه علمی انجمن مهندسان مکانیک ایران
ISME

دوره ۳۲، شماره ۴، شماره پیاپی ۱۵۱، مهر و آبان ۱۴۰۲، صفحه ۶۲-۵۰
ISSN: 1605-9719

DOI: https://doi.org/10.30506/mmep.2023.562038.2047

طراحی تعاملات و پیکره سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار خط تولید خودرو

حسام دانش
دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد طراحی صنعتی، گروه هنر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

علی فرجی *
استادیار، گروه طراحی صنعتی، دانشکدگان هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران

چکیده: موضوع این پژوهش حمل بار و چالشی که به آن پرداخته، چگونگی انجام آن در خطوط تولید کارخانه های خودروسازی است. حمل بار، جابجایی یک محموله از انبار قطعات به خط تولید و بالعکس است. این خطوط به طور پیوسته مشغول تولید بوده و هر لحظه توقف، زیان های سنگینی وارد می آورد. بنابراین حمل هوشمند بار الزامی می گردد. هدف و ماهیت این پژوهش به‌ترتیب کاربردی و کیفی-توصیفی است. از روش پیمایشی برای جمع آوری داده‌ها استفاده کرده و به صورت میدانی، از پرسش نامه کلامی-تصویری و از واکاوی گروه دلفی بهره برده است. با کاربرد طراحی نامه که مبتنی بر روش طراحی تعامل و کاربر محوری است و به کارگیری تحلیل سلسله مراتبی، روش طراحی شکل گرفته است. طرح نمای پیکره سامانه حمل بار به صورت پژوهش کتابخانه ای تحقق یافته است. پژوهش میدانی به‌روش کلینیک کاربران و سامانه، دنبال شده و پس از ایده پردازی در طرحستان، از طریق طرح آورد، دستاورد پژوهش با عنوان پیکره سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار خط تولید خودرو با برند دان رو رقم خورده است. نسبت به محصولات مشابه مزایایی از جمله هزینه های تعمیر و نگهداری پایین تر، آموزش سریع تر کاربران، توانایی کار به‌جای نوار نقاله و حذف آن، توانایی چرخش ۳۶۰ درجه درجا و حرکت در جهات عمود بر هم را به ارمغان می آورد.

واژه‌های راهنما: پیکره تعاملی، سامانه حمل بار هدایت پذیر خودکار، خط تولید خودرو، طراحی تعامل، طراحی صنعتی

مقاله علمی پژوهشی
دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۲
بازنگری: ۱۴۰۲/۰۷/۰۴
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۰

Design an automated guided vehicle system and its interactions for car production line

Hessam Danesh
M.A. Industrial Design, Department of Art, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran

Ali Faraji*
Assistant Professor, Department of Industrial Design, College of Fine Arts, University of Tehran

Abstract: The topic of this research is cargo transportation and the challenge that has been addressed is how to do it in the production lines of automobile factories. Cargo transportation is the movement of a shipment from the parts warehouse to the production line and vice versa. These lines are continuously engaged in production and every time the line stops, it causes heavy losses. Therefore, intelligent cargo transportation is required. The purpose and nature of this research is applied and qualitative-descriptive. It used a survey method to collect data and, used the verbal-visual questionnaire and the Delphi group in the field research. By applying the so-called Design up, which is based on interaction and user-centered design, and the use of Analytical Hierarchy Process, the design method has been formed. The automated guided vehicle (AGV) scope, which includes the needs as well as subject view, has been realized in the form of library research. Field research has been followed by the method of users and product clinics, and in the design stage, the AGV and its brand logo have been designed via battlefield designs. This achievement is obtained under the name of DanRo. In comparison to similar products, it has advantages such as lower maintenance costs, faster training of users, the ability to work instead of the production line conveyor belt and its removal, the ability to rotate 360 degrees in place and move in perpendicular directions, and increases the flexibility and speed of production.

Keywords: Interactive configuration, Automated guided vehicle (AGV), Automobile production line, Interaction design, Industrial design

* نویسنده مسئول، faraji@ut.ac.ir

۱- مقدمه

موضوع این پژوهش حمل بار و چالش، در خطوط تولید کارخانه های خودروسازی انجام آن است [۱]. حمل بار به معنی جابجایی یک محموله از نقطه مبدأ به مقصد است که در کارخانه‌های خودروسازی نقطه مبدأ انبار قطعات است. به‌دلیل سرمایه‌گذاری بسیار سنگین انجام پذیرفته در خطوط تولید کارخانه‌های خودروسازی بایستی به‌طور پیوسته مشغول تولید بوده و هر لحظه توقف خط، زیان‌های سنگینی وارد می‌آورد. یکی از عواملی که در این امر نقش حیاتی دارد حمل بار و انتقال به‌موقع قطعات در خطوط تولید خودرو است. همچنین در کارخانه‌های خودروسازی که تعداد قطعات محصول بسیار زیاد است، طبق اعلام شرکت تویوتا، یک خودرو به‌طور میانگین از سی هزار قطعه تشکیل‌شده است [۲]، پیچیدگی کنترل فرایند توزیع قطعات به طور فزاینده‌ای افزایش خواهد یافت و کنترل موجودی قطعات در خطوط تولید اهمیت بسیاری خواهد یافت. یکی از مواردی که در این امر نقش حیاتی دارد حمل هوشمند بار در خطوط تولید خودرو است. از این جهت اهمیت دارد که کمبود قطعه موجب توقف خط می‌شود و مازاد قطعه نیز باعث افزایش ضایعات در قطعات می‌گردد. فرایند حمل بار در خطوط تولیدی می‌تواند به عوامل انسانی سپرده شود اما خطاهای ناشی از اشتباه‌های عملکرد افراد می‌تواند سبب توقف خط گردد. همچنین استفاده از نیروی انسانی برای حمل بار در خط تولید به‌دلیل حجم زیاد کار نیاز به تعداد زیادی نیروی انسانی دارد، علاوه بر این نیروی انسانی دارای مسائلی مانند مرخصی، افزایش حقوق، آسیب دیدگی و سایر موارد نیز می‌باشند که تمام این موارد منجر به افزایش هزینه‌های تولید می‌گردد.

امروزه به‌دلیل سلیقه‌های متفاوت مشتریان، این روش نیز پاسخ‌گو نیست و شرکت‌ها برای جلب هرچه بیشتر مشتریان مجبور به استفاده از سامانه‌های تولید انعطاف‌پذیر برای پاسخ گویی به طیف وسیع سلیقه مشتریان می‌باشند. محققان دانشگاه جان هاپکینز تولید انعطاف‌پذیر را توانایی تولید انواع محصولات به‌موقع مقرون‌به‌صرفه تعریف کرده‌اند [۳]. سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار[1](ای جی وی) در مقابل نوار نقاله‌ها و سایر تجهیزات حمل‌ونقل نسبت به تغییرات بسیار منعطف‌تر هستند. ازاین‌رو در شرایط نرخ متغیر تولید، تغییر نوع محصول و یا تغییر فرایندهای ساخت می‌توان این سامانه را با هزینه کم و بدون نیاز به تغییرات اساسی با شرایط جدید تطبیق داد.

در مقاله‌ای تحت عنوان یک روش یادگیری تقویتی برای زمان‌بندی در یک سامانه چندتایی «ای جی وی» در تولید، پس از روش زمان‌بندی به‌عنوان مسئله مارکوف با تعریف ویژگی‌های حالت، فضای کنش‌ها و تابع پاداش یک روش جدید زمان‌بندی با استفاده از یادگیری تقویتی پیشنهاد می‌شود. نتایج حاصله نشان‌می‌دهد در این روش «ای جی وی» ها اطلاعات کاملی را در مورد وضعیت لحظه‌ای هر ماشین و کاری که در حال اجرا است به اشتراک می‌گذارند، و تصمیم‌گیری را با درک کامل از کل جریان کار می‌گیرند. نتایج شبیه‌سازی نشان‌می‌دهد که این روش جدید راه‌حل بهینه یا نزدیک به بهینه را از تجربه گذشته می‌آموزد و عملکرد بهتری نسبت به‌روش زمان‌بندی چند عاملی در یک محیط پویا ارائه می‌دهد [۴]. در پایان‌نامه‌ای تحت عنوان بهینه‌سازی مسیر «ای جی وی» در کارخانه با استفاده از الگوریتم گرگ‌های خاکستری نتایج به‌دست‌آمده نشان‌می‌دهد که یک الگوریتم کارآمد، به‌ویژه برای مسائل بزرگ، برای حل این مسئله است. با توجه به بررسی‌های به‌عمل‌آمده، این الگوریتم قادر است برای مسائل بزرگ نیز در زمان قابل‌قبول، حل نزدیک به بهینه را ارائه نماید [۵]. در پژوهشی تحت عنوان چالش‌های معرفی «ای جی وی» در خطوط تولید (مطالعات موردی در صنعت خودرو) باهدف بررسی محدودیت‌ها و شرایط ضروری‌ای که هنگام پیاده‌سازی فناوری آن برای خودکارسازی فرایندهای لجستیک باید در نظر گرفته شود، مطالعه موردی بر روی دو خط تولید خودرو در دو کشور پرتغال و جمهوری چک انجام گرفت و بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده یک روش سه مرحله‌ای با در نظر گرفتن جنبه‌های فناورانه، سازمانی و ایمنی به‌عنوان خروجی اصلی پیشنهاد شد. طرح پایه همچنین شامل پیشنهاد برخی از عوامل حیاتی موفقیت و شاخص‌های کلیدی عملکرد است که باید به‌منظور ارزیابی کارایی اجرای این فناوری در پروژه‌ها مدنظر قرار گیرد [۶]. در پایان‌نامه‌ای تحت عنوان تحقیق و توسعه یک سیستم هوشمند جابجایی مواد[2]مبتنی بر «ای جی وی» برای کاربردهای صنعتی به توسعه یک مدل کم‌هزینه که قادر به انجام جابجایی مواد در یک محیط صنعتی است، پرداخته‌شده است. نتایج به‌دست‌آمده در این پایان‌نامه شامل توسعه یک سیستم کوپلینگ مستقل،[3] یکپارچه‌سازی دستگاه‌های ایمنی کلیدی و توسعه یک راهبرد کنترل هوشمند که می‌تواند برای کنترل

[1] Automated guided vehicle (AGV) system
[2] Intelligent material handling system
[3] Autonomous coupling system

عملکرد چندین «ای جی وی» در یک منطقه مورداستفاده قرار گیرد، هستند [۷]. در مقاله‌ای تحت عنوان طراحی و توسعه یک رابط کاربری گرافیکی برای فرایند نظارت بر ناوگان وسایل‌نقلیه هدایت‌شونده خودکار نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که شش معیار طراحی: مدیریت، سازگاری، توانایی مشاهده، تجزیه وتحلیل، آگاهی از ربات و کار، و مداخله به‌عنوان مهم‌ترین نکات هنگام طراحی یک رابط کاربری گرافیکی برای این وسایل‌نقلیه باید در نظر گرفته شوند [۸]. در پایان‌نامه‌ای تحت عنوان نسل بعدی «ای جی وی» های ارزان با توجه به گران بودن آن‌ها و توان کم واحدهای صنعتی کوچک برای خرید این دستگاه‌ها اقدام به طراحی و ساخت دستگاهی شده که می‌تواند باقیمت بسیار پایین‌تر و بدون به خطر انداختن انعطاف‌پذیری و ویژگی‌های عملکردی واحدهای کوچک صنعتی به کار گرفته شود. نمونه اولیه با هزینه پروژه ۲۰۵۹۵ کرون تولید شده‌است و با ارزیابی نمونه اولیه مشخص شد دستگاه دارای حداکثر نیروی کششی ۳۰۰ نیوتن و ظرفیت بار ۴۰۰ کیلوگرم است. در این پروژه از حس‌گرهای ایمنی استفاده‌نشده است زیرا قرار بود دستگاه در یک محیط کنترل‌شده کار کند [۹].

مقاله حاضر باهدف بهینه شدن حمل بار و توزیع قطعات در خط تولید خودرو که باعث کاهش اتلاف وقت و انرژی می‌شود، کنترل شدن بهینه موجودی قطعات مورداستفاده در خط تولید خودرو که باعث کاهش ضایعات می‌شود، و بهبود پارامترهای مرتبط با نیروی کار من‌جمله کارآمدی، کارایی، رضایت‌مندی و بهبود شرایط کاری کارکنان در خط تولید خودرو اقدام به طراحی تعاملات و پیکره تعاملی سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار خط تولید خودرو کرده است [۱]. امروزه به‌دلیل سلیقه‌های متفاوت مشتریان، شرکت‌ها برای جلب هرچه بیشتر مشتریان مجبور به استفاده از سامانه‌های تولید انعطاف‌پذیر برای پاسخ‌گویی به طیف وسیع سلیقه مشتریان می‌باشند. نوآوری این پژوهش علاوه بر استفاده از پیکره تعاملی سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار خط تولید خودرو در جابجایی بار از انبار به خط تولید، جایگزین کردن این فناوری به‌جای خط مونتاژ به‌صورت نوار نقاله و حذف نوار نقاله به‌منظور افزایش سطح انعطاف‌پذیری در خطوط مونتاژ و تولید است. پیکره‌های تعاملی سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار در مقابل نوار نقاله‌ها و سایر تجهیزات حمل‌ونقل نسبت به تغییرات بسیار منعطف‌تر هستند ازاین‌رو در شرایط نرخ متغیر تولید، تغییر نوع محصول و یا تغییر فرآیندهای ساخت می‌توان پیکره‌های تعاملی سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار را با هزینه کم و بدون نیاز به تغییرات اساسی با شرایط جدید تطبیق داد.

۲- روش پژوهش و طراحی

این پژوهش از دیدگاه هدف کاربردی و از نقطه‌نظر ماهیت کیفی- توصیفی است. برای جمع‌آوری داده‌ها از روش پیمایشی[1] استفاده کرده که مهم‌ترین ابزار آن به‌صورت میدانی، کلامی-تصویری[2](پرسشنامه و مصاحبه محقق‌ساخته) بوده و نیز از واکاوی گروه دلفی سود برده‌است. با کاربرد طراحی نامه [۱۰] که مبتنی بر روش طراحی تعامل و کاربر محور [۱۱] است و به کارگیری تحلیل سلسله‌مراتبی[3][۱۲] به‌منظور ارزیابی در مراحل مختلف پروژه، روش طراحی بیان‌شده است (شکل ۱).

شکل ۱ طراحی نامه [۱۰]

۳- سامانه حمل بار و خط تولید خودرو

۳-۱- سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار

سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار نوعی ابزار جهت حمل‌ونقل مواد، قطعات و تجهیزات است که بدون نیاز به اپراتور و با استفاده از تجهیزات هدایت خودکار الکترومغناطیسی، نوری و یا لیزری، مسیر را دنبال می‌کند و بار خود را از نقطه مبدأ تا نقطه یا نقاط مقصد می‌رساند [۱۳]. این سامانه انواع مختلفی دارند. یک نوع از دسته‌بندی‌ها بر اساس نوع سیستم هدایت‌گر است. این دسته بندی عبارت‌اند از هدایت با سیم، هدایت با استفاده از نوار مغناطیسی یا رنگی، هدایت بااستفاده از نقاط مغناطیسی، هدایت لیزری و هدایت چشمی. تاریخچه سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار از حدود ۷۰ سال پیش و بعد از پایان گرفتن جنگ جهانی آغاز می‌شود. در این دوران رؤیای همیشگی انسان که انجام کارها توسط ماشین به‌جای انسان بود و همچنین پیشرفت

[1] Survey method
[2] Verbal-visual
[3] AHP (Analytial Hirarchy Process)

های سریع در زمینه حس‌گرها، کنترل‌کننده‌ها و میکروالکترونیک راه را برای ایجاد سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار هموار کرد.

استفاده از این سامانه را می‌توان به چهار دوره تقسیم کرد. اولین دوره از حدود سال ۱۹۵۰ در آمریکا و اندکی بعد در اروپا آغاز شد و حدود ۲۰ سال به طول انجامید. از نظر فنی دستگاه های اولیه با سامانه‌های هدایتی ساده و حس‌گرهای لمسی خود مشخص‌شده‌اند، مانند ضربه‌گیرها و دستگیره‌های توقف دستی و کلیدهای مکانیکی. ایده اولیه این دستگاه‌ها این بود که راننده یک تراکتور حمل بار را با یک سیستم خودکار جایگزین کنند.

دوره دوم از ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۰ طول کشید. در این دوره بردهای ساده الکترونیکی تولید شدند که در کابینت‌های بزرگ برای کنترل بلوک‌ها استفاده شدند. در این دوره هدایت از طریق یک نوار مغناطیسی که در زمین کار گذاشته‌شده بود رواج پیدا کرد و داده‌ها به‌وسیله سیم، اینفرارد یا حتی امواج رادیویی انتقال پیدا می‌کرد.

دوره سوم از اواسط دهه ۱۹۹۰ تا حدود ۲۰۱۰ ادامه داشت و طی آن استانداردهای فناوری تعیین و بازارهای جدیدی تأسیس شد. این دستگاه‌ها دارای هدایت الکترونیکی و حس گرهای بدون تماس بودند. آن‌ها با یک رایانه استاندارد هدایت می‌شدند و همچنین دارای میکروپروسسور بودند. در این دوره هدایت کابل رسانایی دیگر نقشی ندارد. فناوری‌های ناوبری کلاسیک در این دوره، ناوبری مغناطیسی و لیزری بودند. استفاده از فناوری وای فای به‌عنوان ابزاری برای انتقال اطلاعات از این دوره آغاز شد. در این دوره سامانه‌های حمل بار هدایت‌پذیر خودکار به‌عنوان وسیله‌ای قابل‌اعتماد و اثبات‌شده برای حمل ونقل و ترابری داخلی موردتوجه قرار گرفتند.

در دوره چهارم دنیای سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار وارد مرحله جدیدی از تکامل شده‌است که تأثیر به سزایی هم در فناوری و هم در برنامه‌های جدید خواهد داشت. اگرچه، این دوره کاملاً جایگزین دوره قبلی نشده است اما در حال ایجاد دستاوردهای خود است. اساس فناوری‌هایی که باعث تغییرات شده‌اند در سامانه‌های حسگرهای جدید، کم‌هزینه و هوشمند و همچنین توسعه نرم‌افزاری که از طریق اینترنت اجرا می‌شود، یافت می‌شوند [۱۴].

۳-۲- خط تولید خودرو

خط تولید روشی در ساخت محصولات است به‌این‌ترتیب که اجزا به‌صورت جزء‌به‌جزء یا به‌صورت نیمه‌کامل (قبلاً در ایستگاه‌های پیش مونتاژ به‌صورت مجموعه‌های کوچک مونتاژ شده‌اند) به ترتیب به یکدیگر افزوده می‌شوند تا محصول نهایی تکمیل شود. با حرکت دادن قطعات بر روی خط تولید از یک ایستگاه به ایستگاه دیگر به‌جای جابه‌جا کردن آن‌ها توسط نیروی انسانی، راندمان و سرعت کار افزایش می‌یابد.

۳-۳- انواع روش‌های هدایت سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار

برای هدایت سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار از روش‌های هدایت با سیم، هدایت با استفاده از نوار مغناطیسی یا رنگی، هدایت با استفاده از نقاط مغناطیسی، هدایت‌لیزری و هدایت چشمی استفاده می‌شود. در روش هدایت با سیم مغناطیسی، حس‌گر مغناطیسی در پایین ربات قرارگرفته است. یک شکاف روی زمین ایجاد می‌گردد و سیم حدود یک اینچ زیرزمین قرار می‌گیرد. حسگر با استفاده از میدان مغناطیسی ایجادشده در اطراف سیم مسیر را تشخیص می‌دهد.

در روش هدایت با استفاده از نوار مغناطیسی یا رنگی، یک نوار مغناطیسی یا رنگی جهت راهنمایی مسیر استفاده می‌گردد. یکی از مزایای اصلی هدایت نواری نسبت به سیمی قابلیت جابجایی آسان در صورت تغییر مسیر است. نوار رنگی در بدو امر ارزان‌تر است اما در مناطق با ترافیک و آلودگی زیاد که ممکن است نوار آسیب ببیند توصیه نمی‌گردد. نوار مغناطیسی انعطاف پذیر همچنین می‌توانند در کف همانند سیم تعبیه گردد. در روش هدایت به‌وسیله نقاط مغناطیسی، پیکره سامانه مجهز به حسگرهای مغناطیسی در زیر پیکره است و پیکره‌ها با ره‌گیری نقاط مغناطیسی استوانه‌ای کوچکی که داخل زمین تعبیه‌شده‌اند حرکت می‌کنند. نقاط مغناطیسی معمولاً آهنرباهای استوانه‌ای با ابعاد حدودی ۲۰*۱۰ میلی‌متر هستند این نقاط در هر ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر تعبیه می‌شوند.

در روش هدایت به‌وسیله حسگر لیزری، هدایت از طریق نصب نوار بر روی دیواره‌ها، قطب‌ها و یا ماشین‌آلات انجام‌می‌شود. سامانه دارای یک فرستنده و گیرنده لیزری است که بر روی یک برجک بر روی پیکره آن نصب‌شده‌است. لیزر فرستاده‌شده و پس از منعکس شدن توسط گیرنده لیزری دریافت می‌شود. کنترلر پیکره سامانه زاویه و فاصله را به‌طور خودکار محاسبه کرده و در حافظه خود ذخیره می‌کند. نقشه منعکس‌شده در حافظه ذخیره می‌گردد و می‌تواند موقعیت خود را بر اساس اشتباهات بین اندازه گیری‌های مورد انتظار دریافت و اصلاح کند.

در روش هدایت با چشم الکترونیکی، به‌وسیله چشم الکتریکی، هدایت سامانه را می‌توان بدون هیچ تغییری در محیط یا زیرساخت لازم انجام داد. این سیستم با استفاده از دوربین هایی جهت ثبت تصاویر در طول مسیر به سامانه حمل بار هدایت پذیر خودکار این امکان را می‌دهد تا با استفاده از این تصاویر و ویژگی‌های ثبت‌شده به مسیر خود ادامه دهد [۱۴].

۳-۴- چگونگی استفاده از سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار خط تولید خودرو

برای استفاده از این سامانه ابتدا کاربر برنامه‌ریزی و نقشه ایستگاه ها را در سامانه وارد می‌کند. سپس کارمند انبار قطعات ارسالی را آماده کرده هرکدام را ثبت می‌کند و اطلاعات را به سامانه می فرستد. در این مرحله سامانه برنامه ارسال قطعات را که کدام قطعه باید به کدام ایستگاه برود و مسیر حرکت را به پیکره می فرستد و پیکره شروع به حرکت به‌سمت ایستگاه اول می‌کند. در بین راه پیکره با محیط تعامل دارد و از برخورد با اشیا و موانع مسیر اجتناب می‌کند.

در ایستگاه اول کاربر خط تولید قطعات مربوط به ایستگاه خود را برداشته و اطلاعات قطعات را در سامانه وارد می‌کند. در صورتی که قطعه‌ای از این ایستگاه لازم باشد تا به ایستگاه دیگری ارسال شود کاربر خط تولید قطعه را در پیکره قرار داده و اطلاعات قطعه را در سامانه وارد می‌کند و پیکره به‌سمت ایستگاه بعد حرکت می‌کند. این روند تا اتمام کار پیکره و بازگشت به انبار ادامه می‌یابد و در آخر پیکره در محل استقرار تعریف‌شده قرار می‌گیرد تا نوبت‌کاری بعد شروع شود.

۴- پژوهش میدانی: کلینیک کاربران و پیکره سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار خط تولید خودرو

کاربران پیکره تعاملی سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار خط تولید خودرو اپراتور (کاردان)، کاربران خط تولید، کاربران انبار و پشتیبان هستند (شکل ۲). اولویت‌بندی سطح ارجحیت کاربران در میزان تعامل آن‌ها با سامانه توسط روش تحلیل سلسله مراتبی مورد نظرسنجی گروه دلفی قرار گرفت. این نظرسنجی در بهار سال یک‌هزار و چهارصد هجری شمسی به‌صورت اینترنتی و از طریق پرسلاین تحت پرسشنامه انجام گرفت که در آن از نظر ۱۶ نفر از دانشجویان مقطع ارشد طراحی صنعتی دانشگاه علوم و تحقیقات استفاده‌شده است. نتایج این نظرسنجی با نرخ سازگاری [1] ۰/۰۴ به‌دست آمد (شکل ۳).

شکل ۲ کاربران پیکره سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار خط تولید خودرو

کاربران هدف	درصد میانگین وزن ها
اپراتور (کاردان)	100%
کاربران خط تولید	61%
کاربران انبار	32%
پشتیبان	14%
نرخ سازگاری	0.039

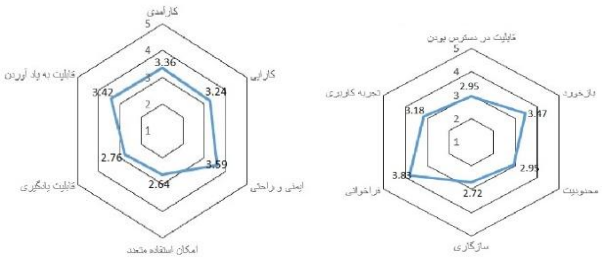
شکل ۳ سطح ارجحیت کاربران در استفاده از محصول

برای درک نظرات گروه هدف در مورد محصولات مشابهی که استفاده می‌کنند، با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از مراحل قبل اقدام به طراحی پرسشنامه برای هر گروه کاربر شد. پرسش‌های مدنظر به سه گروه سؤال تقسیم‌بندی شد و سه پرسشنامه حاصل شد که یکی برای گروه اپراتور، یکی برای گروه کاربران خط تولید و انبار و یکی برای گروه پشتیبان تدوین گردید و تحت بستر سایت اینترنتی پرسلاین که ابزاری جهت ساخت و اجرای پرسشنامه است، انجام گردید. به‌منظور دریافت پاسخ‌های کاربران لینک‌های هر یک از پرسشنامه‌ها در اختیار شرکت جهان رو که در زمینه تولید موتورسیکلت و قطعات موتورسیکلت فعالیت دارند قرار گرفت تا به کارکنان خود که در ارتباط با سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار خط تولید بودند، ارجاع داده شود.

[1] Consistency Ratio

این پژوهش در خرداد و تیر ۱۴۰۰ انجام‌گرفته‌است. در پاسخ به این پرسشنامه‌ها مجموعاً ۱۸ نفر مشارکت کردند که ۷ نفر کارمند خط تولید و انبار، ۶ نفر اپراتور دستگاه و ۵ نفر پشتیبان بودند. محصول مورداستفاده برای همه شرکت‌کنندگان یکی بود (دستگاه اکی ای جی وی لورکینگ تایپ[1]) (شکل ۴). پاسخ‌های هر گروه از کاربران در قبال محصول مشابهی که استفاده می کردند در یکی از ۱۱ عنصر کاربردپذیری و اصول طراحی تعامل: کارآمدی کارایی، ایمنی و راحتی، قابلیت استفاده مجدد، قابلیت یادگیری، قابلیت به یاد آوردن، قابلیت رؤیت، بازخورد، محدودیت ها سازگاری، فراخوانی و تجربه کاربری دسته‌بندی شدند. علاوه بر این پرسش‌ها، سؤالاتی در مورد ترجیح شرکت‌کنندگان در رابطه با فرم و ظاهر دستگاه و همچنین اطلاعاتی درباره شرکت کنندگان نیز پرسیده شده‌است. برآیند نتایج سه پرسشنامه که روایی (صحت) آن توسط گروه دلفی مورد تائید قرارگرفته و پایایی (قابلیت اطمینان) نظرسنجی با عدد آلفای کرونباخ ۰/۷۷ به‌دست‌آمده است، ارائه گردید (شکل ۵) .

شکل ۴ سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار شرکت جهان رو



شکل ۵ میانگین نتایج به‌دست‌آمده از پرسشنامه‌ها درباره تجربه استفاده از محصول مشابه توسط گروه‌های کاربران در هر یک از ویژگی‌های دوازده‌گانه تعامل با محصول مشابه

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پرسشنامه‌هایی که توسط گروه هدف کام گردید و معیارهای طراحی بالادستی حاصل از پژوهش کتابخانه‌ای [۱] الزامات طراحی در سه گروه عملکردی، ارگونومی و زیبایی‌شناسی تدوین گردید (شکل ۶ تا ۸).

شکل ۶ الزامات طراحی از دیدگاه عملکردی

شکل ۷ الزامات طراحی از دیدگاه ارگونومی

شکل ۸ الزامات طراحی از دیدگاه زیبایی‌شناسی

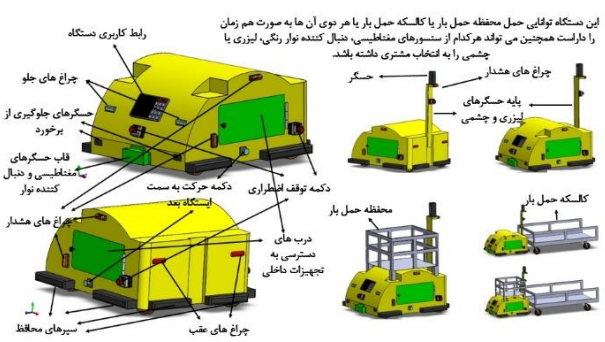
۵- طرحستان، طرح آورد و دستاورد: سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار دان رو

در این مرحله ابتدا به بررسی قطعاتی که از الزامات پیکره تعاملی حمل بار هدایت‌پذیر خودکار هستند و باید در پیکره تعاملی آن استفاده شوند، پرداخته شد و از هر قطعه یک نمونه برای استفاده در طراحی انتخاب شد. سپس با توجه به ابعاد این قطعات و

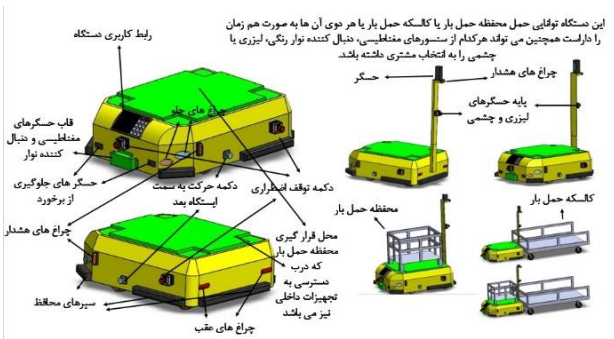
[1] OKAGV lurking type

همچنین الزامات و معیارهای طراحی که در قسمت گذشته به دست آمدند، ایده‌های مربوط به پیکره تعاملی سامانه هدایت‌پذیر خودکار خط تولید خودرو درباره فرم بدنه، پایه حس‌گرهای لیزری و چشمی، محفظه حمل بار و کالسکه حمل بار داده شد و طرح‌های مقدماتی ارائه گردید.

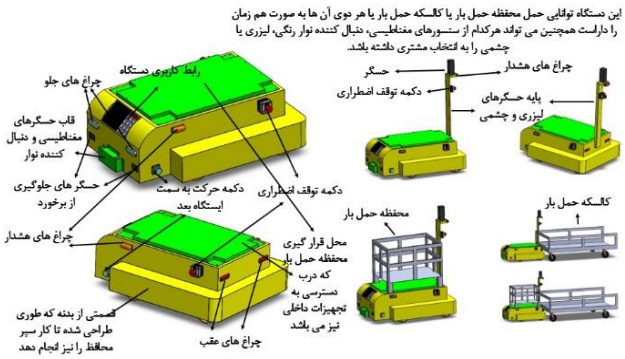
با توجه به طرح ابتدایی طراحی‌شده و همچنین نیازها و محدودیت‌ها و الزامات در صنایع خودروسازی به‌طور مثال فیکسچرها و محفظه‌های متفاوت موردنیاز برای حمل قطعات مختلف طرح‌های پیشنهادی به‌گونه‌ای لحاظ شد که توانایی حمل قطعه روی خود پیکره برای قطعات کوچک‌تر، حمل قطعه در یک محفظه حمل باربر روی پیکره که توسط کارخانه استفاده کننده و با توجه به نیازها و محدودیت‌های خود کارخانه در حمل قطعات ساخته می‌شود و همچنین توانایی کشیدن یک کالسکه به‌دنبال خود برای قطعات بزرگ‌تر که این کالسکه نیز توسط کارگاه‌های استفاده‌کننده با توجه به نیازهایشان ساخته می‌شود را داشته‌باشد. سپس به بررسی محصولات مشابه پرداخته شد و با دسته‌بندی این محصولات در سه گروه با توجه به طرح‌های ابتدایی پیشنهادی و این گروه‌ها، اقدام به طراحی برای هر گروه شد. در این مرحله پنج طرح ایده پردازی شد. در ادامه یک‌بار دیگر اقدام به جمع‌بندی طرح‌ها، ایده پردازی‌های جدید و تکمیل طرح‌های قبل گردید تا چهار طرح نهایی به‌دست آمد که به‌عنوان طرح‌ها منتخب ارائه شدند (شکل ۹).



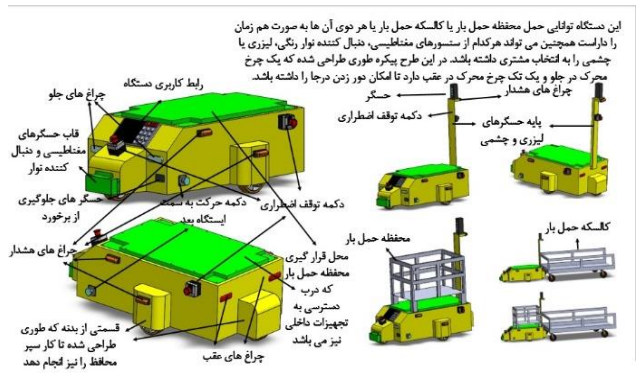
(الف)



(ب)



(پ)



(ت)

شکل ۹ (الف تا ت) به‌ترتیب طرح‌های اول تا چهارم

در بخش طرح آورد اقدام به نظرسنجی برای انتخاب طرح برگزیده با کمک پرسشنامه شد. برای این منظور چهار طرح منتخب به‌صورت پرسش‌نامه در اختیار چهار گروه کاربران، شامل کاربران خط تولید، کاربران انبار، پشتیبان و اپراتور که سابقه کار با دستگاهی مشابه این دستگاه را داشتند در مردادماه ۱۴۰۱ و به‌طور مجازی و از طریق سایت پرسلاین قرار گرفت. درمجموع بیست‌ودو نفر از گروه کاربران به این پرسش‌نامه پاسخ دادند که از این تعداد چهارده نفر کاربر خط تولید، چهار نفر کاربر انبار، سه نفر اپراتور و یک نفر پشتیبان بودند. روایی (صحت) پرسش ها توسط گروه دلفی مورد تائید قرارگرفته و پایایی (قابلیت اطمینان) نظرسنجی با عدد آلفای کرونباخ ۰/۷۵ به‌دست‌آمده است. نتایج امتیازدهی کاربران در مورد انتخاب طرح برگزیده نشان داد که طرح چهار از نظر شرکت‌کنندگان طرح برگزیده است (شکل ۱۰).

برای برند و نشان تجاری این محصول پس از ایده پردازی با در نظر گرفتن نوع کار، خودکار بودن، بر پایه دانش و فناورانه بودن و همچنین حرکت و جابجایی آن چند طرح آماده شد که از میان این طرح‌ها نام «دان رو» به‌همراه یک نشان انتخاب گردید (شکل ۱۱).

شکل ۱۰ میانگین نظرسنجی گروه کاربران به هرکدام از چهار طرح

شکل ۱۱ نام و نشان تجاری سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار

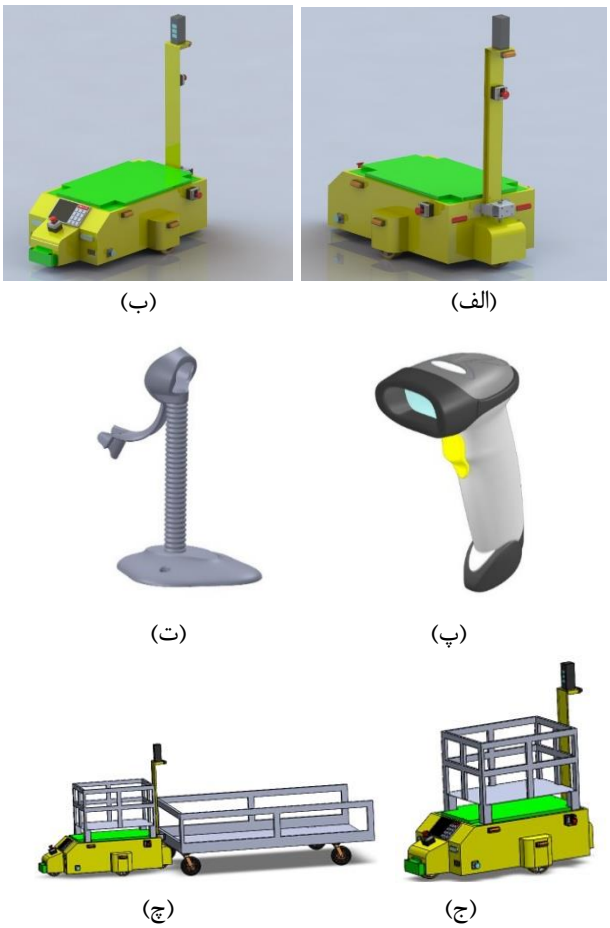
۶- سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار «دان رو»

۶-۱- سناریوی استفاده از سامانه «دان رو»

پیکره تعاملی سامانه حمل بار «دان رو» دستگاهی است که با توجه به مسئله پژوهش که حمل بار در خطوط تولید کارخانه‌ها خودروسازی می‌باشد، طراحی‌شده است (شکل ۱۲). در طراحی این محصول بیش از هر چیز به عملکرد آن توجه شده‌است. زیرا محیطی که این دستگاه در آن کار می‌کند خط تولید و انبار کارخانه‌های خودروسازی است. مهم‌ترین عامل برای این دستگاه در این محیط‌ها عملکرد دستگاه می‌باشد.

برای این دستگاه با توجه به محیط کاری آن‌که در ارتباط دائم با قطعات سنگین و فلزی می‌باشد بدنه فلزی در نظر گرفته شد. ابتدا به‌وسیله برش لیزری ورق‌های مورداستفاده در بدنه دستگاه مطابق نقشه‌های ساخت برش خورده سپس با استفاده از فرایندهای ورق‌کاری از جمله پرس برک به‌شکل موردنظر فرم داده می‌شوند. شاسی دستگاه نیز با توجه به باری که باید تحمل کند یک شاسی فلزی در نظر گرفته‌شده که از پروفیل‌های فلزی با روش جوشکاری ساخته خواهد شد. برای قسمت محرک پیکره دو واحد محرک که یکی در جلو و یکی در عقب پیکره جاگذاری شده‌اند، استفاده شد که با دوچرخ هرز گرد که در وسط پیکره قرار گرفته‌اند تکمیل شد. این نحوه چیدمان به پیکره این امکان را داد که بتواند درجا ۳۶۰ درجه بچرخد و همچنین می‌تواند درجا در جهت عمود بر جهت حرکت ابتدایی حرکت کند.

برای نیروی محرک پیکره از دو باتری لیتیوم-یون استفاده شد. پیکره طوری طراحی شد که می‌تواند به سفارش مشتری هر یک از حس‌گرهای دنبال کننده نوار مغناطیسی، نقاط مغناطیسی، دنبال کننده خط، حسگر لیزری و حسگر چشمی یا ترکیبی از یکی از سه حسگر اول به‌علاوه یکی از دو حسگر آخر را بر روی آن نصب کرد. پیکره دارای سرعت متغیر است و می تواند با سرعت کم شروع به حرکت کند و در ادامه سرعت خود را افزایش دهد تا جلوی تکانه وارد به محموله گرفته شود. پیکره توسط یک قطعه الکترونیکی که در تابلو برق دستگاه کار گذاشته شده قابلیت ارتباط با دستگاه کنترل‌کننده خارجی که نرم‌افزار سامانه بر روی آن نصب است را دارد. نرم‌افزار سامانه قابلیت نصب بر روی تلفن همراه، تبلت و رایانه را دارد. علاوه بر این پیکره دارای یک رابط کاربری بر روی خود می‌باشد که می‌توان از آن نیز برای کنترل و برنامه‌ریزی پیکره استفاده‌کرد.

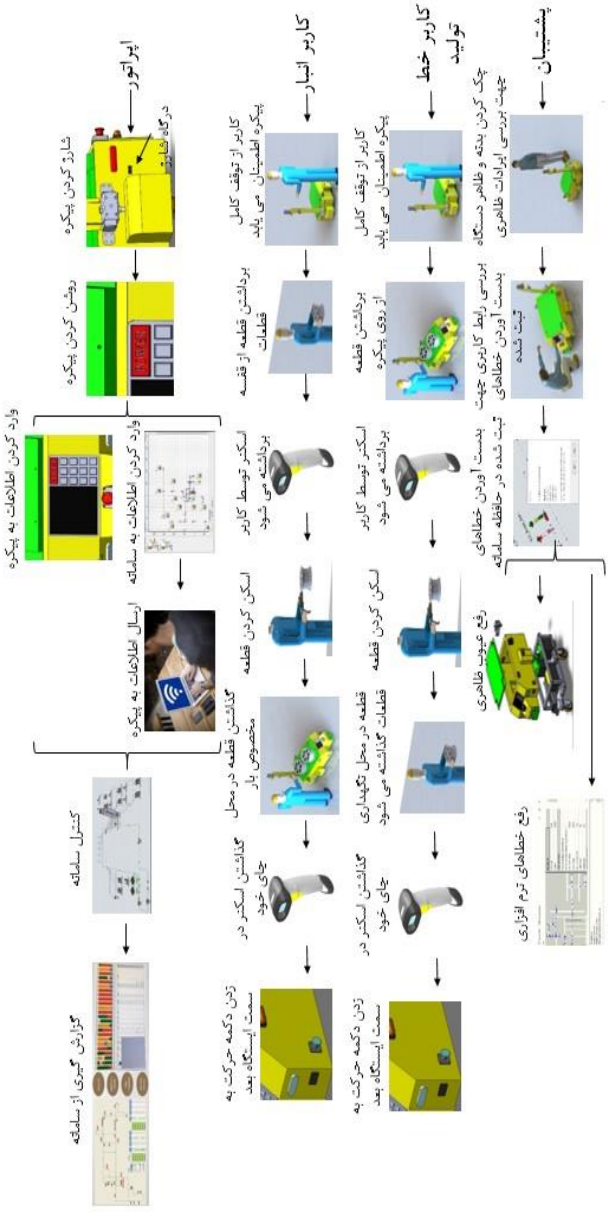


(الف) (ب) (پ) (ت) (ج) (چ)

شکل ۱۲ الف و ب- تصویر سه‌بعدی پیکره سامانه «دان رو» در حالت پایه از دو نمای مختلف، پ- اسکنر سامانه «دان رو»، ت- پایه اسکنر سامانه دان رو، ث- پیکره سامانه «دان رو» در حال حمل محفظه حمل بار، ج- پیکره سامانه «دان رو» در حال حمل محفظه و کالسکه حمل بار

برای پیکره دو حسگر جلوگیری از برخورد در نظر گرفته شد که در جلوی پیکره جاگذاری شده‌است. پیکره طراحی‌شده دارای دکمه‌های توقف اضطراری، چراغ‌های هشدار در اطراف است. قطعه دیگری که برای امنیت در این پیکره تعبیه‌شده هشدار صوتی است که برای کاربران نابینا در نظر گرفته‌شده است. پیکره دارای دو دکمه حرکت به‌سمت ایستگاه بعد در دو طرف خود است. اسکنر مورداستفاده در این سامانه به‌گونه‌ای انتخاب شد که مطابق با معیارها و الزامات طراحی وزنی کمتر از ۵۰۰ گرم داشته باشد. برای این منظور جنس بدنه از پلاستیک ای بی اس که هم مقاومت و سختی مناسبی دارد هم سبک است، انتخاب شد.

با توجه به گروه‌های کاربران سناریوی استفاده از سامانه حمل بار «دان رو» نشان داده‌شده‌است (شکل ۱۳).



شکل ۱۳ سناریو نمای سامانه حمل بار «دان رو»

۶-۲- ارتباط نما و تعامل نمای سامانه «دان رو»

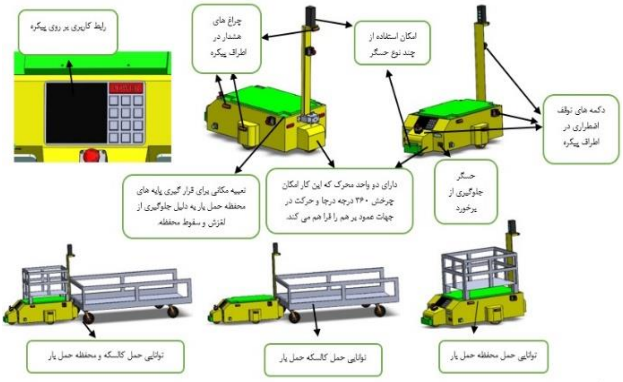
برقراری ارتباط بین کاربر و سامانه جهت انتقال اطلاعات در چهار سطح طبقه‌بندی می‌شود که عبارت‌اند از ارتباط غیرفعال، فعال، تعاملی و فرا فعال [۱۰]. ارتباط غیرفعال سطحی از ارتباط است که در آن اطلاعات سامانه بدون صرف انرژی و به‌صورت یک‌طرفه از آن به کاربر می‌رسد و ارتباط یک‌سویه است. انتقال اطلاعات در سطح‌فعال با صرف انرژی همراه است ولی همچنان یک‌طرفه. در سطح تعاملی ارتباط دوسویه است به‌طوری‌که کاربر به سامانه یک فرمان می‌دهد و سامانه آن فرمان را از کاربر گرفته و اجرا می‌کند مثل دکمه توقف اضطراری، دکمه حرکت به‌سمت ایستگاه بعد. در سطح فرا فعال پیکره اطلاعاتی را از محیط یا کاربر گرفته و روی آن پردازش انجام می‌دهد. ارتباط نمای سامانه حمل بار «دان رو» به‌همراه علائم اینفوگرافیک ارتباط نما نشان داده‌شده‌است (شکل ۱۴ و ۱۵).

شکل ۱۴ علائم اینفوگرافیک ارتباط نما

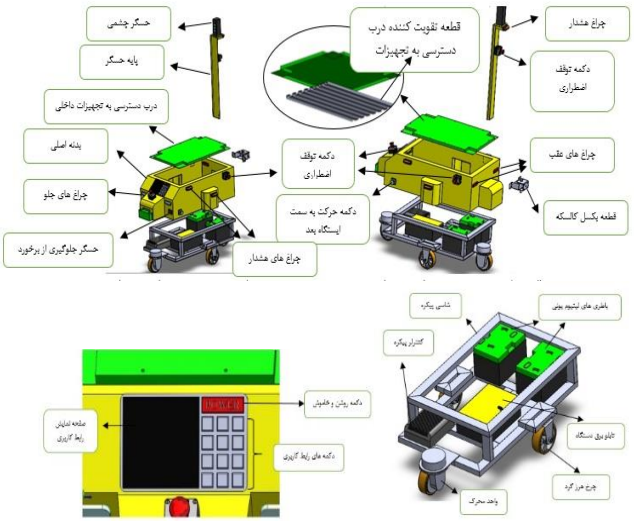
شکل ۱۵ ارتباط نمای چهارگانه سامانه حمل بار «دان رو»

ویژگی‌های فیزیکی، مهندسی و اجزای پیکره تعاملی سامانه حمل بار «دان رو» نشان داده‌شده‌است (شکل ۱۶ تا ۱۸).

شکل ۱۶ ویژگی‌های فیزیکی پیکره سامانه حمل بار «دان رو»



شکل ۱۷ ویژگی‌های مهندسی پیکره سامانه حمل بار «دان رو»



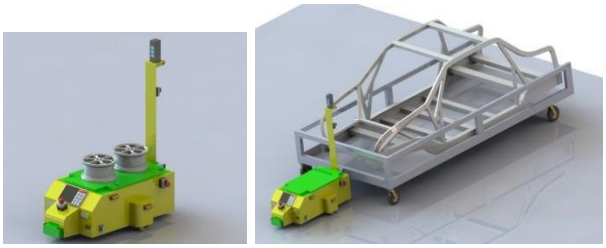
شکل ۱۸ اجزا و نمای انفجاری پیکره سامانه حمل بار «دان رو»

۷- ویژگی‌های عملکردی، ارگونومیک و زیبایی‌شناسی سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار «دان رو»

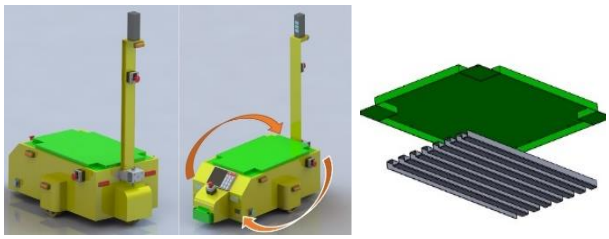
از لحاظ عملکردی این پیکره طوری طراحی شد که به چند صورت می‌تواند بار را حمل کند. قطعات یا مجموعه‌هایی که می شود بر روی خود پیکره حمل شوند بر روی قسمت صاف روی پیکره که مخصوص حمل بار است حمل می‌شوند. قطعات یا مجموعه‌هایی که باید در یک محفظه حمل شوند در محفظه‌ای که متناسب با نیاز کارخانه استفاده‌کننده ساخته‌شده قرارگرفته و بر روی پیکره قرار داده می‌شوند. قطعات یا مجموعه‌هایی که حجیم هستند و نیاز به فضای بیشتری دارند در کالسکه‌ای که متناسب با نیاز کارخانه استفاده‌کننده ساخته‌شده قرار داده می شوند و توسط پیکره کشیده می‌شوند. برای تقویت قطعه روی پیکره که ورودی دسترسی به تجهیزات نامیده می‌شود و در حالتی که قطعات بر روی خود پیکره حمل می‌شوند روی این قسمت گذاشته می‌شوند، یک قطعه تقویتی زیر این قسمت جوش می‌شود تا مقاومت این قسمت را زیاد کرده و از خمش و تورفتگی این قسمت جلوگیری کند.

در این طرح با توجه به اینکه کالسکه و محفظه حمل بار با توجه به نیازهای هر کارخانه و محصول تولیدی آن طراحی و ساخته می‌شوند، این امر سبب می‌شود تا مشکل تنوع محصولات در خط تولید حل شود و برای تعویض محصول تولیدی در خط تولید نیاز به تغییرات زیادی نیست و فقط در صورت لزوم کالسکه ای که مونتاژ بر روی آن در حال انجام است تعویض می‌شود و تغییر در ایستگاه‌های مونتاژ و پیش مونتاژ نیز منجر به تغییر فیزیکی نخواهد شد. به این دلیل که پیکره حمل کالا طبق برنامه ریزی به ایستگاه‌های از پیش تعیین‌شده خواهد رفت و تنها نیاز به تغییر برنامه دارد.

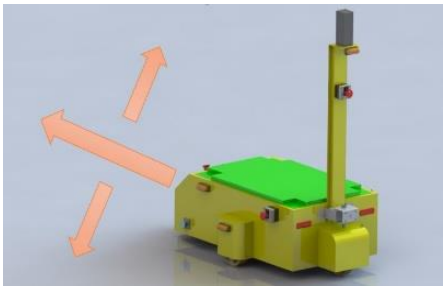
پیکره سامانه حمل بار «دان رو» از لحاظ حرکت بر روی زمین تقریباً محدودیتی ندارد و به‌دلیل استفاده از دو واحد محرک توانایی حرکت در مسیرهای عمود بر هم و هم چرخش ۳۶۰ درجه در جا را دارد که این امر سبب انعطاف‌پذیری بیشتر در تولید شده زیرا نیاز به شعاع چرخش زیاد یا دور زدن برای تغییر مسیر ندارد و می‌تواند در محیط‌هایی با عرض کمتر و شلوغ تر کار کند و هم‌چنین زمان را کاهش می‌دهد. امکان استفاده از چند نوع حسگر و انتخاب از بین آن‌ها به کارفرما قدرت انتخاب بیشتری می‌دهد تا با توجه به نیازها و شرایط محیطی در کارخانه اش نسبت به انتخاب مناسب‌ترین محصول برای خود اقدام کند. امکان استفاده از دو حسگر به‌طور هم‌زمان در پیکره این امکان را فراهم می‌کند تا در صورت خرابی یا اخلال در سیستم یکی از حسگرها بتواند از حسگر دیگر استفاده کند و فرآیند تولید متوقف نگردد (شکل ۱۹ الف-ث).



(الف) (ب)



(ت) (پ)

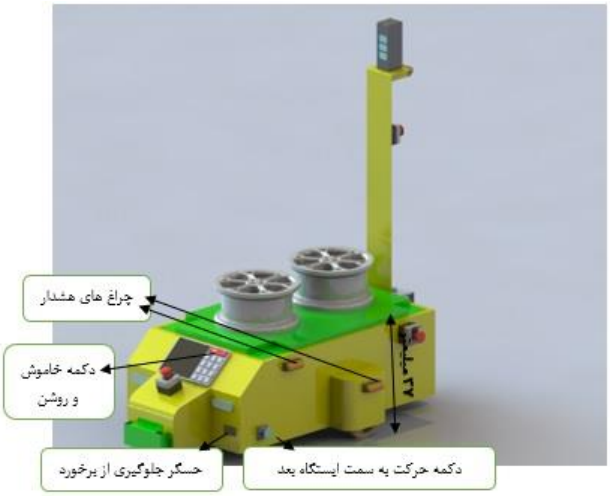


(ث)

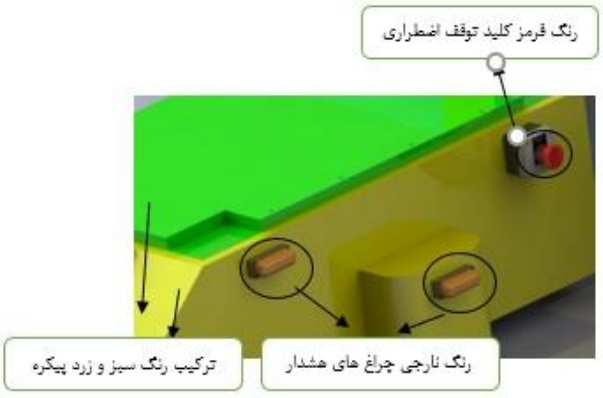
شکل ۱۹ الف- پیکره سامانه «دان رو» در حال حمل کالسکه حمل بار و شاسی خودرو، ب- پیکره سامانه «دان رو» در حال حمل باربر روی خود، پ- در تقویت‌شده دسترسی به تجهیزات داخلی، ت- قابلیت چرخش ۳۶۰ درجه، ث- قابلیت حرکت در مسیرهای عمود بر هم.

از لحاظ ارگونومیکی و با توجه به معیارها و الزامات طراحی به‌دست‌آمده دو حسگر جلوگیری از برخورد در جلوی پیکره جای گذاری شد. دکمه توقف اضطراری در اطراف پیکره قرار داده‌شده، چراغ‌های هشدار برای افراد ناشنوا در اطراف دستگاه جانمایی شد و برای افراد نابینا یک هشدار صوتی در جعبه برق پیکره قرار داده شد تا در هنگام حرکت، فرد نابینا را از محل دستگاه آگاه کند. کف محل قرارگیری بار با زمین ۳۷ سانتی‌متر فاصله دارد که حداقل فاصله ۳۰ سانتی جدول الزامات طراحی را رعایت کرده است. دکمه خاموش روشن کردن دستگاه بر روی پیشانی دستگاه قرار گرفت و از لحاظ اندازه و ظاهر نیز با سایر دکمه‌ها متفاوت است تا به‌راحتی قابل‌شناسایی باشد. دکمه حرکت به‌سمت ایستگاه بعد در کناره‌های پیکره و در جایی قرار داده شد که به راحتی با پا قابل‌لمس باشد تا به کاربر آزادی بیشتری بدهد و کاربر نیازی به استفاده از دست نداشته‌باشد (شکل ۲۰).

از لحاظ زیبایی‌شناسی رنگ بدنه این پیکره ترکیبی از زرد و سبز در نظر گرفته‌شده است. رنگ زرد به این دلیل انتخاب‌شده که انعکاس زیادی دارد و از فاصله دور قابل‌شناسایی است. به این دلیل در بسیاری از دستگاه‌های صنعتی از رنگ زرد استفاده می شود. یکی دیگر از خصوصیات رنگ زرد این است که باعث افزایش تمرکز می‌شود و سرعت تفکر و تصمیم‌گیری را افزایش می‌دهد ولی استفاده زیاد از رنگ زرد می‌تواند باعث افزایش خشم و عصبانیت شود که برای کنترل این مورد از رنگ سبز استفاده شد که باعث ایجاد حس ایمنی و آرامش می‌شود. برای فرم بدنه مطابق با معیارها و الزامات طراحی سعی شد تا از فرم‌های مستطیل و خمیده استفاده شود. رنگ دکمه‌های توقف اضطراری قرمز قرار داده‌شده که کاملاً مشخص باشند و تداعی‌گر خطر هستند و طبق مقررات کاربرد رنگ‌ها در صنعت رنگ قرمز برای توقف اضطراری، مضر بودن و توقف فعالیت را نشان‌می‌دهد. چراغ های هشدار دارای رنگ نارنجی هستند که این رنگ نشان‌دهنده خطر است و در صنعت برای قسمت‌های محرک ماشین‌آلات که می‌توانند خطرآفرین باشند به کار می‌رود (شکل ۲۱).



شکل ۲۰ مشخصات ارگونومیک پیکره تعاملی سامانه حمل بار «دان رو»



شکل ۲۱ مشخصات زیبایی‌شناسی پیکره تعاملی سامانه حمل بار «دان رو»

۸- نتیجه‌گیری

باهدف کاربردی و ماهیت کیفی-توصیفی و با روش طراحی نامه این پژوهش انجام‌شده است. با پژوهش کتابخانه‌ای، سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار، انواع روش‌ها، چگونگی استفاده از این سامانه، خط تولید خودرو، اهمیت، ضرورت و پیشینه طراحی چنین سامانه‌ای تبیین گردیده‌است.

با معرفی گروه کاربران هدف و واکاوی از گروه دلفی و به‌روش تحلیل سلسله مراتبی و با نرخ سازگاری ۰/۰۴ اولویت‌بندی آنان صورت پذیرفت. با تدوین پرسمان که مبتنی بر طراحی تعامل و تجربه کاربری بوده، جدول الزامات طراحی سامانه حمل بار با نظرسنجی از گروه کاربران تدوین گردید. طرح‌های منتخب چهارگانه به‌عنوان یافته‌های طرحستان از میان ۵ طرح اولیه انتخاب شدند. سامانه حمل بار هدایت‌پذیر خودکار خط تولید خودرو تحت برند «دان رو» به‌عنوان دستاورد پژوهش و از طریق طرح آورد معرفی گردید. در هر دو نظرسنجی که به‌صورت میدانی انجام گرفت، روایی (صحت) پرسش‌ها توسط گروه دلفی مورد تائید قرارگرفته و پایایی (قابلیت اطمینان) نظرسنجی به ترتیب با عدد آلفای کرونباخ ۰/۷۷ و ۰/۷۵ به‌دست آمد.

سامانه «دان رو» با طول و عرض و ارتفاع به‌ترتیب ۱۲۹/۳، ۸۲ و ۱۲۹/۶ سانتی‌متر نسبت به نمونه‌های مشابه مزایایی همچون قابلیت چرخش ۳۶۰ درجه در جا، حرکت در جهات عمود بر هم، امکان استفاده از پنج نوع حسگر متفاوت برای مسیریابی، توانایی استفاده از محفظه و کالسکه حمل بار شخصی سازی شده توسط کارخانه استفاده‌کننده که منجر به کاربرد راحت‌تر و وسیع‌تر این سامانه می‌شود را دارد. علاوه بر این، امکان برنامه‌ریزی با نرم‌افزار سامانه که بر روی سرور قرار دارد و توانایی نصب بر روی تلفن همراه، تبلت و رایانه را دارد و می‌تواند از روی رابط کاربری روی خود سامانه نیز برنامه‌ریزی شود، از دیگر ویژگی‌هاست.

این سامانه با یکسان‌سازی محصولات هزینه‌های تولید و نگهداری را کاهش داده، آموزش کار و استفاده را راحت‌تر کرده است. قابلیت استفاده از بیش از یک سامانه برای حمل قطعات سنگین را دارد. نوار نقاله‌از خط تولید حذف‌شده و انعطاف‌پذیری تولید افزایش می‌یابد و در نتیجه هزینه‌های شخصی‌سازی کالاهای تولیدی کاهش‌یافته و قدرت رقابتی شرکت افزایش می یابد. با قرار دادن حسگرهای جلوگیری کننده از برخورد در جلوی پیکره، دکمه‌های توقف اضطراری و چراغ‌های هشدار در اطراف پیکره و صدای هشدار، ایمنی کاربران موردتوجه قرارگرفته است. در این طرح ۱۱ عنصر کاربردپذیری و اصول طراحی تعامل همچون کارایی، کارآمدی، مطلوبیت، ایمنی، قابلیت یادگیری، و یادآوری آسان، قابلیت رؤیت، بازخورد، محدودیت‌ها، سازگاری و فراخوانی موردتوجه قرارگرفته و با داشتن یک تجربه خوشایند برای کاربران نسبت به محصولات مشابه متمایز می‌باشد.

داشتن کنترل از راه دور سامانه از خارج از محل و با استفاده از فناوری اینترنت اشیا، استفاده از کامپوزیت‌های با استحکام بالا در ساخت بدنه که منجر به کاهش وزن پیکره می‌گردد، استفاده از سیستم شارژ غیر تماسی جهت سهولت و عدم نیاز به نیروی انسانی برای شارژ به‌صورتی که پیکره در زیر محلی که برای پارک کردن می‌رود شارژر بی‌سیم باشد و در هنگام توقف شارژ شود، از دیگر شاخصه‌های این سامانه است.

۹- تشکر و قدردانی

نویسندگان از حمایت دانشگاه تهران و واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی در انجام این پژوهش قدردانی می‌کنند.

۱۰- مراجع

[1] H. Danesh, "Design an automated guided vehicle system and its interactions for car production line," (in persian), Master Thesis, Science and Research branch. Islamic Azad University, Tehran, 2022.

[2] W.V. Rapp, "7 automobiles: Toyota," *Journal of Oxford Academic*, pp. 128–162, 2002.

[3] P.M. Noaker, "The search for agile manufacturing," *Journal of Manufacturing Engineering*, pp. 40-43, 1994.

[4] T. Xue, P. Zeng, and H. Yu, "A reinforcement learning method for multi-AGV scheduling in manufacturing," *IEEE International Conference on Industrial Technology*, 01 February. Lyon, France, 2018, https://doi.org/10.1109/ICIT39549.2018.

[5] A. Golestan poor, "Optimization of AGV route in factory using gray wolf optimising algorithm," (in persian), Master Thesis, Yazd University, Yazd, Iran, 2017.

[6] D. Hrušecká, R. Lopes, and E. Juřičková, "Challenges in the introduction of AGVs in production lines: Case studies in the automotive industry," *Serbian Journal of Management*, vol. 14, no. 1, pp. 233–247, 2019. https://doi.org/10.5937/sjm14-18064.

[7] T. Ferreira, "Researcg and development of an intelligent AGV-based material handling system for industrial applications," Master Thesis, University of Nelson Mandela Metroolitan University, Port Elizabeth, South Africa, 2015.

[8] J. Paul, "Design and development of a graphical user interface for the monitoring process of an automated guided vehicle fleet," KTH Royal Institude of Technology, 2020.

[9] Y. Dzezhyts, "Next gneration low-cost automated guided vehicle," Master Thesis, University of Skövde, Skövde, Sweden, 2020.

[10] A. Faraji, and M.R. Roofigar Esfahani, "Design of interactive and ergonomic wheelchair equipped with direct health service system accessibility," (in persian), *MMEP*, vol. 31, no. 4, pp. 11-21, 2022, https://doi.org/10.30506/MMEP.2022.553325.2017.

[11] Y. Rogers, H. Sharp and J. Preece, "*Interaction design beyond human-computer interaction*," 6th Edition, John Wiley & Sons Inc, New York, 2023.

[12] T.L. Saaty, "*The analytic hierarchy process*," John Wiley & Sons, New York, 1980.

[13] J. Lee, M. Tangjaruklj and Z. Zhu, "Load selection in aoutomated guided vehicle in flexible manufacturing system," *International journal of product research*, vol. 34, pp. 3383-3400, 1996, https://doi.org/10.1080/00207549608905096.

[14] G. Ullrich, "*Automated guided vehicle systems: A primer with practical applications*," Secend Edition. Berlin Heidelberg, Springer, 2015.