

## خلاصه طرح پژوهشی "طراحی و استقرار شبیه‌ساز ECU خودرو"

### مقدمه

هدف از آموزش‌های فنی و حرفه‌ای تربیت نیروی کار ماهر برای حال و آینده بازار کار است. این آموزش‌ها غالباً مهارت محور و مبتنی بر انجام وظایف و تکالیف عملی در حین آموزش و متناسب با فناوری‌های روز طراحی، برنامه‌ریزی و اجرا می‌شوند. با توجه به ماهیت عملی آموزش‌های فنی و حرفه‌ای، این نوع آموزش‌ها بسیار پرهزینه بوده و همواره تأمین هزینه تجهیزات، هزینه تعمیر و نگهداری، ابزارآلات و مواد مصرفی یکی از دغدغه‌های مؤسسات آموزش فنی و حرفه‌ای در سراسر جهان را تشکیل می‌دهد و از سوی دیگر رشد سریع فناوری و الزامات بازار کار و تأمین تجهیزات مطابق با فناوری‌های روز همواره بر این چالش‌ها می‌افزاید. علاوه بر این چالش‌ها می‌توان ایمنی و سلامت فراگیران را اضافه کرد زیرا در بسیاری از موارد استفاده از تجهیزات واقعی در آموزش، خطرات متعددی را برای فراگیران تازه کار به همراه دارد و بارها اتفاق افتاده که منجر به حوادث ناگوار شده است و نهایتاً اینکه امکان مشاهده بعضی از فرآیندها در تجهیزات واقعی برای فراگیران وجود ندارد. یکی از پیشنهادهایی که برای برطرف نمودن مشکلات فوق در نظر گرفته می‌شود استفاده از شبیه‌سازها در آموزش است. در همین راستا و در گروه صنایع خودرویی یکی از شبیه‌سازهای مورد نیاز، شبیه‌ساز سیستم کنترل موتور یا ECU می‌باشد.

### روش پژوهش

شبیه‌ساز طراحی شده باید بتواند سرفصل‌های استانداردهای مرتبط با گروه صنایع خودرو را پوشش دهد. سیستم کنترل موتور یا ECU نقش هدایت و کنترل یک خودروی انژکتوری را بر عهده دارد. دستگاه شبیه‌ساز آموزشی ECU خودرو، یک شبیه‌ساز جامع ایسیو خودروهای تولید داخل است که به صورت مربی-کارآموز<sup>۲</sup> ساخته می‌شود و با استفاده از آن کارآموز می‌تواند با عملکرد ایسیو خودرو آشنا شده و تمامی عملکردهای ایسیو را تست و بررسی نماید. در این خصوص شبیه‌ساز طراحی شده حتی المقدور باید دارای خصوصیات زیر باشد:

۱- شبیه‌سازی نمایش عملکرد کلیه عملگرهای خودرویی از قبیل: انژکتورهای بنزین، فن دور کند و تند، رله پمپ‌بنزین، استپر موتور و ...

۲- شبیه‌سازی نمایش عملکرد سنسورهای<sup>۳</sup> خودرو از قبیل: سنسور دمای آب، دمای هوا، فشار هوا، دریچه گاز، سرعت خودرو، تغییر دور موتور و ...

۳- شبیه‌سازی اتصال دیاگ به دستگاه جهت عیب‌یابی و اعلان خطاها

۴- امکان تست و بررسی مقادیر دریافتی و ارسالی هر سنسور به صورت شبیه‌سازی شده

۵- امکان ایجاد، نمایش و رفع ایراد در ECU به صورت شبیه‌سازی شده

۶- امکان ایجاد، نمایش و رفع ایراد بر روی عملگرها<sup>۴</sup> به صورت شبیه‌سازی شده

۷- امکان اتصال دستگاه عیب‌یاب و نمایش خطاها، پارامترها و تست عملگرها

---

1 Engine Control Unit

2 Instructor-Trainee

3 Sensors

4 Actuators

## ۹- امکان نمایش سیگنال‌های سنسورها و عملگرها با ECU

در صورت ساخت چنین شبیه‌سازی می‌توان در سطح قابل توجهی هزینه‌های آموزشی، تجهیزات آموزشی، تجهیزات عیب‌یابی، تجهیزات ایمنی، مصرف انرژی را کاهش داد و از سوی دیگر سلامت و امنیت مربیان و کارآموزان را نیز به دنبال خواهد داشت. شبیه‌سازی‌های ECU خودرو از چندین اجزا تشکیل شده‌اند که هر کدام نقش مهمی در شبیه‌سازی و تحلیل عملکرد واحد کنترل موتور ایفا می‌کنند. اجزای اصلی شامل:

۱. مدل موتور: یک مدل دقیق از عملکرد موتور خودرو، شامل دینامیک‌ها، ترمودینامیک‌ها و جزئیات مکانیکی آن. این مدل مسئول بررسی تأثیر تغییرات در پارامترها و نرم‌افزارهای ECU بر عملکرد موتور است.
  ۲. مدل ECU: یک مدل کامل از واحد کنترل موتور، از جمله الگوریتم‌ها، تنظیمات و رویه‌های کنترلی. این مدل به توسعه‌دهندگان امکان می‌دهد تا تأثیر تغییرات نرم‌افزاری را بر روی عملکرد موتور بررسی کنند.
  ۳. مدل سنسورها و عملگرها: مدل‌های دقیق از سنسورها (مانند سنسورهای سرعت و دما) و عملگرها (مانند دیاگرام تزریق سوخت) که به ECU اطلاعات ارائه می‌دهند و از آن تحت تأثیر هستند.
  ۴. محیط شبیه‌سازی: یک محیط مجازی که عملکرد موتور و ECU را شبیه‌سازی می‌کند. این محیط معمولاً امکان تغییر شرایط مختلف رانندگی و محیط‌های مختلف را فراهم می‌کند.
  ۵. ابزار تحلیلی: ابزارها و رابط‌های کاربری که به مهندسان امکان می‌دهند داده‌ها را بخوانند، تحلیل کنند و نتایج شبیه‌سازی را تجزیه و تحلیل کنند.
- این اجزا به هم ترکیب شده و یک محیط شبیه‌سازی جامع ایجاد می‌کنند که برای توسعه و تست نرم‌افزارها و کنترل‌های جدید ECU خودروها استفاده می‌شود.
- در حوزه‌ی ECU خودرو تحقیقات بسیاری صورت گرفته است. با این وجود، استفاده از شبیه‌سازی در آموزش ایده نسبتاً جدیدی محسوب می‌شود لذا در داخل کشور در حوزه طراحی و پیاده‌سازی شبیه‌سازی آموزشی ECU تا به حال محصولی ارائه نشده لذا این پروژه برای اولین بار توسط این شرکت انجام شده است.

## طراحی شبیه‌ساز ایسیو

این شبیه‌ساز از سه بخش اصلی زیر تشکیل شده است:

- ۱- نرم‌افزار ایستگاه کاری مربی یا Instructor's Workstation Software
- ۲- نرم‌افزار ایستگاه کارآموز یا Trainee's Workstation Software
- ۳- سخت‌افزار واسط بین شبیه‌ساز و دیاگ یا Interface Box Hardware

در این پروژه، برنامه‌نویسی نرم‌افزارهای مربی و کارآموز شبیه‌ساز ایسیو به‌صورت شبکه محلی با ساختار سرور-کلاینت انجام شده است. در این ساختار نرم‌افزار مربی در کامپیوتر سرور و نرم‌افزار کارآموز در کامپیوتر کلاینت نصب و اجرا می‌شوند. این نرم‌افزارها از طریق سویچ شبکه با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند.

## یافته‌های پژوهش

### ۱- پیاده‌سازی نرم‌افزار مربی

در این نرم‌افزار مدیریت کلاس، انتخاب نوع ایسیو خودرو و همچنین مدیریت خطاها توسط مربی انجام می‌گردد. انواع خطاهای ECU که توسط مربی قابل ایجاد هستند، در سربرگ Fault Management قرار دارند. این خطاها را می‌توان هم در سنسورها و هم در عملگرها ایجاد کرد. البته لازم به ذکر است کدهای خطا را می‌توان به دو شکل موقت<sup>۵</sup> و دائم<sup>۶</sup> ایجاد کرد. خطاهای پاک شدنی خطاهایی هستند که به‌صورت موقت و یا یک‌بار در موتور اتفاق می‌افتند و قابل پاک شدن توسط دیاگ هستند، ولی خطاهای دائم خطاهایی هستند که به‌صورت دائم و یا به بیش از چندین بار در موتور اتفاق می‌افتند و قابل پاک شدن توسط دیاگ نیستند.

### ۲- پیاده‌سازی نرم‌افزار کارآموز

در این نرم‌افزار کارآموز می‌تواند یک خودروی فرضی با ECU مورد نظر را روشن و خاموش کرده و آن را کنترل نماید. همچنین این نرم‌افزار قابلیت اتصال به دستگاه دیاگ را دارد. در صورت اتصال به دیاگ و دریافت دستور تست عملگرها، عملگر تحت تست به‌صورت چشمک‌زن و یا پویانمایی، روشن و خاموش خواهد شد. علاوه بر این‌ها، پارامترهای اصلی موتور نظیر دور موتور، سرعت خودرو، دمای مایع خنک‌کننده و مقدار سوخت و ... نیز نشان داده می‌شوند.

### ۳- پیاده‌سازی سخت‌افزار واسط شبیه‌ساز

به‌منظور تبادل داده بین شبیه‌ساز و دستگاه دیاگ از یک برد الکترونیکی واسط استفاده می‌شود. این برد در واقع، یک مبدل پروتکل CAN و همچنین پروتکل KWP2000 به پورت سریال مجازی است که از طریق پورت USB به کامپیوتر Client متصل می‌شود و از این طریق با کامپیوتر سرور تبادل داده انجام می‌دهد.

### ۴- صحنه‌گذاری و تست شبیه‌ساز

به‌منظور شبیه‌سازی واقعی‌تر و صحنه‌گذاری مقادیر پارامترهای موتور مورد استفاده در شبیه‌ساز، تست‌های زیر بر روی خودروهای واقعی انجام شد و تمامی داده‌ها ضبط و ثبت گردید و در شبیه‌سازی موتور از آن‌ها استفاده شد:

---

<sup>5</sup> Temporary

<sup>6</sup> Permanent

۱- تست سرد: زمانی که موتور خاموش است و دمای آن با دمای محیط یکسان است، موتور روشن شده و کم‌کم گرم می‌شود تا زمانی که دور موتور به مقدار نامی آن در حالت درجا می‌رسد.

۲- تست گرم در حالتی که سیستم تهویه خاموش است.

۳- تست گرم در حالتی که سیستم تهویه روشن است.

ایسیوهایبی که تست‌های فوق بر روی آن‌ها انجام شد، عبارتند از:

- 1- ECU Siemens Bi-fuel
- 2- ECU Siemens SSAT
- 3- ECU Siemens IMM 2K
- 4- ECU Siemens Petrol EF7

در پایان پروژه، برد واسط سخت‌افزار با نرم‌افزار شبیه‌ساز لینک و تست‌های زیر با موفقیت در شبیه‌ساز ECU انجام شد:

- ۱- روشن کردن موتور و نمایش پارامترهای آن در تست سرد و گرم موتور.
- ۲- نمایش سیگنال‌های سنسورها و عملگرها در نرم‌افزار شبیه‌ساز.
- ۳- ایجاد انواع خطا در سنسورها و عملگرها به صورت شبیه‌سازی شده.
- ۴- اتصال دستگاه دیاگ جهت نمایش پارامترهای موتور و خواندن خطاها.
- ۵- پاک کردن خطاها در حالت موتور خاموش، سوئیچ باز توسط دستگاه دیاگ.
- ۶- تست عملگرها در حالت موتور خاموش، سوئیچ باز توسط دستگاه دیاگ.