دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مدل سازی قوای محرکه خودرو *Honda Insight* با استفاده از روش‌های شناسایی سیستم‌ها

ارائه شده برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

توسط:

سعید بهرامی

استاد راهنما:

دکتر مهیار نراقی

استاد مشاور:

دکترمرتضی منتظری

دانشکده مهندسی مکانیک

۱۳۸۷

شماره :
تاریخ :

فرم اطلاعات پایان‌نامه کارشناسی ارشد

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

مشخصات دانشجو

نام و نام خانوادگی : سعید بهرامی **دانشجوروزانه**

شماره دانشجویی : ۸۵۱۲۶۰۵۷ **دانشکده :** مهندسی مکانیک **رشته تحصیلی :** طراحی کاربردی

نام و نام خانوادگی استاد راهنما / استادان راهنما: دکترمهیار نراقی دکترمرتضی منتظری(استاد مشاور)

عنوان به فارسی : مدل سازی قوای محرکه خودرو *Honda Insight* با استفاده از روشهای شناسایی سیستم‌ها

عنوان به انگلیسی : *Modeling the powertrain of Honda Insight by system identification methods*

نوع پروژه : کارشناسی ارشد **کاربردی** ☐ **بنیادی** ☐ **توسعه‌ای** ☐ **نظری**

تاریخ شروع : ۸۶/۶/۱ **تاریخ خاتمه :** ۸۷/۱۱/۲۹ **تعداد واحد :** ۶

سازمان تأمین کننده اعتبار : معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

واژه های کلیدی به فارسی : شناسایی سیستم، خودروهای دورگه، مدل‌سازی فازی، LOLIMOT

واژه های کلیدی به انگلیسی : System identification, hybrid vehicle, fuzzy models, LOLIMOT

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه :

استاد راهنما / استادان راهنما : دکترمهیار نراقی دکترمرتضی منتظری(استاد مشاور)

دانشجو : سعید بهرامی **امضا اسناد راهنما :** **تاریخ :**

نسخه ۱) معاونت پژوهشی
نسخه ۲) کتابخانه و به انضمام دو جلد پایان نامه به منظور تصفیه حساب با کتابخانه و مرکز اسناد و مدارک علمی

قدردانی

بدینوسیله از زحمات استاد راهنما آقای دکتر مهیار نراقی برای ارائه راهنمائی‌های دلسوزانه و راه‌گشا و اعتمادی که به اینجانب در طول انجام این پایان‌نامه داشتند، قدردانی می‌نمایم. همچنین از زحمات استاد مشاور آقای دکتر مرتضی منتظری برای ارائه راهنمائی های ارزنده در طول انجام این پایان‌نامه کمال تشکر را دارم. از آقای مهندس مصطفی میرسلیم و مدیریت شرکت ایپکو نیز برای ایجاد امکانات لازم برای انجام آزمون‌های این پایان‌نامه در شرکت ایپکو که کمال همکاری را با اینجانب داشتند، قدردانی می‌نمایم. همچنین از همکاری کارکنان شرکت ایپکو آقایان مهندسین مجید قلی‌پور، محمدرضا علی‌پورحقیقی، علی‌رضا علیجانی، مجید محمدی، پیمان طائی، محمد شریف‌زاده، یعقوب منتظر و رضا نیم‌تن کمال تشکر را دارم. از آقایان مهندسین محمدحسین ناصری و احسان فیضی هم که در مراحل مختلف این پروژه همکاری داشتند، قدردانی می‌نمایم. از اعضاء خانواده که در طول انجام این پایان نامه با صبر وتحمل مشکلات را پذیرا بودند نیز سپاسگزارم.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب سعید بهرامی متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب تحت نظارت و راهنمایی اساتید دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و به دستاوردهای دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است مطابق مقررات و روال متعارف ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است. این پایان نا مه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم‌سطح یا بالاتر ارائه نگردیده است.

در صورت اثبات تخلف در هر زمان، مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از درجه اعتبار ساقط بوده و دانشگاه حق پیگیری قانونی خواهد داشت.

کلیه نتایج و حقوق حاصل از این پایان نا مه متعلق به دانشگاه صنعتی امیرکبیر می‌باشد. هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی، واگذاری اطلاعات به دیگران یا چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان نا مه بدون موافقت کتبی دانشگاه صنعتی امیرکبیر ممنوع است. نقل مطالب با ذکر مآخذ بلامانع است.

سعید بهرامی

چکیده

افزایش قیمت فرآورده‌های نفتی و همچنین گسترش قوانین سخت‌گیرانه محیط زیستی سبب شده تا صنعت خودروسازی جهان دو هدف را سر لوحه فعالیت‌های خود قرار دهد: یکی کاهش آلاینده خودروها و دیگری کاهش مصرف سوخت. یکی از راه‌حل‌هایی که برای دست‌یابی به این اهداف توسط صنایع خودروسازی و هم‌چنین از طرف دولت‌ها دنبال می‌گردد خودروهای دورگه می‌باشد. در این خودروها با اضافه کردن یک موتور الکتریکی به مجموعه قوای محرکه خودرو به طرق مختلف سعی می‌شود تا این اهداف محقق گردد. مهمترین مسئله در طراحی خودروهای دورگه الگوریتم توزیع توان آنها می‌باشد که مشخص کننده نحوه استفاده از موتور احتراقی و موتور الکتریکی در نقاط مختلف عملکردی خودرو به منظور دست‌یابی به بهترین حالت عملکرد خودرویی، مصرف سوخت و آلاینده‌ها می‌باشد که این الگوریتم نیازمند مدل تمام اجزای قوای محرکه می‌باشد. در این پایان‌نامه مدل موتور احتراقی، مجموع موتور احتراقی و موتور الکتریکی و مجموعه کلاچ تا چرخ خودروی Honda Insight به روش شناسایی سیستم‌ها تهیه شده است. علت اصلی استفاده از این روش مدل‌سازی عدم وجود اطلاعات دقیق از اجزا مختلف این خودرو و پیچیدگی بالای سیستم می‌باشد. مدل‌هایی مختلفی در شناسایی سیستم وجود دارند که با توجه به شرایط مسئله و هدف مدل سازی می‌توان از آنها استفاده کرد. از آنجایی که به منظور الگوبرداری خودروی مورد نظر دقت و قابلیت تفسیر و تعمیم مدل‌ها دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد، از مدل‌های فازی (LOLIMOT) به منظور مدل سازی اجزا پیچیده و از مدل‌های خطی به منظور مدل‌سازی اجزا ساده‌تر استفاده شده است. مدل فازی LOLIMOT علاوه بر ویژگی‌های فوق از مزیت‌های دیگری نظیر عدم حساسیت به شرایط اولیه، آموزش سریع و شناسایی پیچیدگی سیستم برخوردار می‌باشد که نتایج مدل‌سازی اجزا مختلف این خودرو و صحه‌گذاری مدل‌ها به وسیله آزمون‌های انجام شده این مزیت‌ها را تائید می‌نماید. نتایج مدل‌سازی اجزا مختلف این خودرو به وسیله این الگوریتم نشان داد که چگونه دورگه‌سازی می‌تواند پراکندگی نقاط عملکردی موتور احتراق داخلی یک خودرو را کاهش دهد. این همان ایده‌ای است که خودروهای خفیف دورگه برای بهینه سازی مصرف سوخت دنبال می‌کنند. یعنی مدیریت موتور احتراق داخلی و موتور الکتریکی بطوری که این اجزا همواره در یک نوار باریک در اطراف نقاط عملکردی بهینه خود کار کنند. البته این مدل‌ها دارای معایبی نیز می‌باشند که مهمترین آنها وابستگی آنها به تجربه کاربر و نیاز به آزمون و خطا کردن برای رسیدن به نتیجه مطلوب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی : شناسایی سیستم، خودروهای دورگه، مدل‌سازی فازی، LOLIMOT

فهرست مطالب

چکیده ..... أ

فهرست شکل ها و جدول ها ..... ث

فهرست علامت ها ..... ح

فصل اول: پیش گفتار ۱

۱.۱. خودروهای دورگه ۱

۲.۱. مدل‌سازی سیستم‌ها ۳

۳.۱. تعریف مسئله ۵

٤.۱. طرح نمای پایان‌نامه ٦

فصل دوم : معرفی اجزا خودرو و ورودی‌های مدل‌ها ۷

۱.۲. مقدمه ۷

۲.۲. موتور احتراق داخلی ۹

۳.۲. مجموعه کلاچ تا چرخ ۱۳

٤.۲. مجموعه موتور احتراق داخلی و موتور الکتریکی ۱۵

۵.۲. جمع بندی ۱۷

فصل سوم: معیارهای مورد توجه در انتخاب مدل ۱۹

۱.۳. مقدمه ۱۹

۲.۳. معیارهای مورد توجه در انتخاب مدل ۱۹

۳.۳. جمع بندی ۲٦

فصل چهارم: مدل‌سازی فازی ۲۷

۱.٤. مقدمه ۲۷

۲.٤. مدل‌های فازی ۳۰

۳.٤. حداکثر دقت قابل دسترسی در مدل‌های فازی ۳۲

٤.٤. روش‌های مختلف تقسیم‌بندی فضای ورودی ۳۲

۵.٤. الگوریتم LOLIMOT ۳٦

٦.٤. تعیین پارامترهای مدل‌های محلی ٣٩
٧.٤. ویژگی‌ها و مسائل مختلف الگوریتم LOLIMOT..... ٤٤
٨.٤ . انتخاب پارامترهای قسمت نتیجه..... ٤٩
٩.٤. جمع بندی..... ٥٢
فصل پنجم: آماده سازی سیستم، تعیین ورودی و انجام آزمون ٥٣
١.٥. مقدمه..... ٥٣
٢.٥. آماده سازی حسگرها و سامانه جمع آوری اطلاعات ٥٤
٣.٥. تعیین ورودی مناسب برای تحریک سیستم ٦١
٤.٥. انجام آزمون‌ها..... ٧١
٥.٥. جمع بندی..... ٧٣
فصل ششم: نتایج..... ٧٤
١.٦. مقدمه..... ٧٤
٢.٦. موتور احتراق داخلی..... ٧٥
٣.٦. مجموعه کلاچ تا چرخ ٨١
٤.٦. مجموعه موتور احتراقی و موتور الکتریکی..... ٨١
٥.٦. حرف آخر ٨٥
٦.٦. پیشنهادات برای ادامه کار ٨٦
فهرست منابع ٨٧

فهرست شکل ها و جدول ها

جدول‌ها:

جدول۲- ۱- مشخصات موتور احتراقی ۹
جدول۲- ۲- مشخصات مجموعه کلاچ تا چرخ ۱٤
جدول۲- ۳- مشخصات موتور الکتریکی ۱۵
جدول۳- ۱- ویژگی مورد توجه در مدل‌سازی در روش‌های مختلف ۲۵
جدول۵- ۱- مشخصات حسگر اکسیژن ۵٦
جدول۵- ۲- مشخصات سامانه جمع آوری اطلاعات ES1303 ..... ٦۰
جدول۵- ۳- مشخصات شاسی دینامومتر ۷۱

شکل‌ها:

شکل۲- ۱- چیدمان *IMA* ۸
شکل۲- ۲- مجموعه موتور الکتریکی و موتور احتراقی ۱٦
شکل٤- ۱- تقسیم بندی فضای ورودی الف) شطرنجی ب) درختی ج) پراکنده ۳۳
شکل٤- ۲- نحوه بدست آوردن توابع عضویت با خوشه بندی فازی ۳٤
شکل٤- ۳- نحوه تعیین خروجی نهایی مدل [۲۱] ۳٦
شکل٤-٤- یک نمونه از تقسیم‌بندی فضا به زیر فضاها ۳۸
شکل٤-۵- نمونه‌ای از عملکرد الگوریتم LOLIMOT [۵] ۳۹
شکل٤-٦- تخمین یک تابع غیر خطی الف) آموزش سراسری ب) آموزش محلی ٤٤
شکل٤-۷- تخمین تابع y=1/x به وسیله الگوریتم LOLIMOT ٤٤
شکل٤-۸- مدل سری – موازی ٤۷
شکل٤-۹- مدل موازی ٤۷
شکل۵- ۱- حسگر LA4 برای اندازه‌گیری نسبت هوابه سوخت ۵۵
شکل۵- ۲- برد میانی ساخته شده به منظور محاسبه بیشی در جرقه، دور موتور و سرعت خودرو ۵۷
شکل۵- ۳- نحوه نمونه‌گیری از حسگرهای خودرو ۵۸
شکل۵- ٤- الف) سامانه جمع آوری اطلاعات ES1000 – ب) برد ES1303 ..... ٦۰
شکل۵- ۵- نویز سفید با دامنه محدود شده ٦۳
شکل۵- ٦- سیگنال PRBS ٦٤
شکل۵- ۷- یکی از سیگنالهای APRBS متناظر با سیگنال PRBS شکل قبل ٦۵

شکل۵- ۸: سیگنال APRBS وارد شده به دریچه گاز ٦٩
شکل۵- ۹- ورودی سرعت اعمال شده به خودرو در دنده ۲ برای شناسایی مجموعه کلاچ تا چرخ ۷۰
شکل۵- ۱۰- ورودی مورد استفاده برای شناسایی مجموعه موتور احتراقی و موتور الکتریکی ۷۰
شکل۵- ۱۱- خودرو بر روی شاسی دینامومتر ۷۲
شکل٦- ۱- موقعیت دریچه گاز برای صحه گذاری قابلیت تعمیم مدل موتور احتراق داخلی ۷۵
شکل٦- ۲- نحوه تقسیم بندی فضای ورودی در مدل موتور احتراق داخلی ۷٦
شکل٦- ۳- نحوه عملکرد مدل موتور احتراق داخلی الف) برروی داده‌های آموزش ب) قابلیت تعمیم..... ۷۷
شکل٦- ٤- نحوه عملکرد مدل موتور احتراق داخلی(میزان گشودگی درچه گاز و دور موتور به عنوان رگرسور مدل استفاد ... ۷۹
شکل٦- ۵ : مدل دینامومتر..... ۸۰
شکل٦- ٦- مدل مجموعه کلاچ تا چرخ الف) جعبه دنده در دنده یک ب) جعبه دنده در دنده چهار..... ۸۰
شکل٦- ۷ - موقعیت دریچه گاز برای صحه گذاری قابلیت تعمیم مدل مجموعه موتور احتراقی و موتور الکتریکی ۸۲
شکل٦- ۸- نحوه تقسیم بندی فضای ورودی در مدل مجموعه موتور احتراقی و الکتریکی ۸۲
شکل٦- ۹ - نحوه عملکرد مدل الف) برروی داده‌های آموزش ب) قابلیت تعمیم ۸۳
شکل٦- ۱۰- نمونه ای از نحوه توزیع توان..... ۸٤

فهرست علامت‌ها

فهرست علامت‌های لاتین

A	مجموعه فازی
AMT	Automated Manual Transmission
ANFIS	Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System
APRBS	Amplitude Modulated Pseudo Random Binary Signal
B	مجموعه فازی
BLDC	Brush Less DC
C	مرکز توابع گوسی
c_d	ضریب پسا
e	خطا
ECU	Engine Control Unit
EGR	Exhaust Gas Recirculation
f_d	نیروی پسا
I	ماتریس همانی
i,j	شمارنده
IMA	Integrated Motor Assist
J	تابع هزینه
k	شمارنده
k_σ	ضریب تبدیل عرض مستطیل چند بعدی به انحراف معیار توابع گوسی
LOLIMOT	Local Linear Model Tree
MLP	Multi Layer Perceptron
M	تعداد مدل‌های محلی
N	تعداد نمونه‌ها
n	تعداد رگرسورها
PRBS	Pseudo Random Binary Signal
PWM	Pulse-Width Modulation
Q	ماتریس اوزان
RBF	Radial Basis Function
r	پارامتر
SOHC	Single Over Head Camshaft
SVD	Singular Value Decomposition
s	پارامتر
T	ترانهاده ماتریس
V	ولتاژ

VTEC-E	Variable Valve Timing and Lift Technology
W	پارامترهای مدل‌های محلی
$\widehat{w}$	تخمین پارامترهای مدل‌های محلی
X	ماتریس رگرسورها
$X^{(sub)}$	ماتریس رگرسورهای مدل‌های محلی
x	ورودی
y	خروجی
$\hat{y}$	تخمین خروجی

فهرست علامت‌های یونانی

α	ضریب برقراری توازن در نگهداری یا حذف پارامتر در الگوریتم رگرسیون لبه دار
Φ	تابع اعتبار
σ	انحراف معیار توابع گوسی

فصل اول: پیش گفتار

۱.۱. خودروهای دورگه[1]

افزایش قیمت فرآورده‌های نفتی به عنوان منبع اصلی تامین انرژی خودروها و هم‌چنین توجه روز افزون بشر به محیط زیست سبب گردیده تا صنعت خودروسازی جهان دو هدف را سر لوحه کار خود قرار دهد: کاهش مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌های خروجی خودروها. یکی از راه‌حل‌های که برای رسیدن به این اهداف به صورت جدی در چند سال اخیر از طرف خودرو سازان و دولت‌ها دنبال می‌شود خودروهای دورگه می‌باشد. برای مثال تویوتا، هوندا، فورد، ب.ام.و، نیسان و مزدا از تولید کنندگان خودروهای دورگه می‌باشند و خودروسازانی نظیر پژو و سیتروئن، فیات، GM، هیوندا و ... برای وارد کردن خودروهای دورگه به بازار در سال ۲۰۰۹ برنامه ریزی کرده‌اند. همچنین در بسیاری از کشورها مانند امریکا و ژاپن برای حمایت از این خودروها علاوه بر این که این خودروها از پرداخت مالیات و حقوق ثبت خودرو معاف می‌باشند، دولت به آنها یارانه نیز پرداخت می‌کند.

[1] Hybrid

خودرو دورگه به خودروای گفته می‌شود که انرژی لازم برای به حرکت درآوردن خودرو از یک یا چند نوع انرژی(برای مثال الکتریکی و سوخت‌های فسیلی) تامین گردد. ترکیب موتورهای احتراق داخلی با موتورهای الکتریکی، چرخ طیارها، مخازن هوای فشرده، سیستم‌های هیدرولیکی و سایر ذخیره کننده‌های انرژی توسط محققان مختلف در جهان ارائه شده‌اند ولی تنها ترکیب موتورهای احتراق داخلی با موتورهای الکتریکی در خودروهای سبک و نیمه سنگین و با سیستم‌های هیدرولیکی در خودروهای سنگین به مرحله تجاری رسیده‌اند. اولین خودرو دورگه در سال ۱۸۹۸ توسط فردیناند پورشه[1] ساخته شد که یک خودرو دورگه الکتریکی- بنزینی سری بود و توانست بسیاری از حد نصاب‌های سرعت را جابجا کند. اما به علت پایین بودن سطح تکنولوژی موتور الکتریکی و باتری‌های مورد استفاده در آن، این خودرو نتوانست به تولید انبوه برسد و فقط ۳۰۰ دستگاه از آن ساخته شد. از آن سال تا اواخر دهه نود خودروهای دورگه زیادی وارد بازار شدند ولی هیچ گاه نتوانستند جایگاه مناسبی در بازار خودرو پیدا نمایند. وارد شدن خودروهای دورگه به مرحله تجاری به مفهوم واقعی کلمه در اواخر دهه نود و با ورود محصولاتی نظیر*Honda Insight , Toyota Prius* صورت گرفت به طوری که در حال حاضر سالانه حدود یک میلیون دستگاه خودروی دورگه در جهان به فروش می‌رسد.

مصرف سوخت خودروهای دورگه اولیه حتی بدتر از خودروهای معمولی هم کلاس خود بود. اما در حال حاضر مصرف سوخت خودروهای دورگه موجود در بازار در حدود ۳۰ الی ۵۰ درصد بهتر از خودروهای معمولی مشابه خود می‌باشد و پژوهشگران اعتقاد دارند که به وسیله فناوری دورگه می‌توان به مصرف سوخت ۱۰۰ درصد بهتر از خودروهای معمولی دست یافت و برای رسیدن به این هدف برنامه ریزی کرده‌اند.

میزان آلاینده‌های خودروهای دورگه با وجود روشن بودن موتور احتراق داخلی خودرو فقط در نزدیکی نقاط بهینه‌ی کارکردی و خاموش بودن آن در دورهای پایین در نگاه اول پایین‌تر از خودروهای معمولی به نظر می‌آید. ولی به علت روشن و خاموش شدن متناوب موتور در طول یک چرخه عملکردی(درصد بالایی از آلاینده‌های موتور احتراق داخلی در زمان گرم شدن و راه‌اندازی موتور تولید می‌گردد) در ابتدای تجاری شدن تفاوت چندانی با خودروهای معمولی نداشت ولی با فناوری‌های بکارگرفته شده در چند سال اخیر (برای مثال

[1] Ferdinand porsche

گرم کردن مبدل شیمیایی تا درجه حرارت مناسب قبل از روشن شدن موتور) سبب گردیده که خودروهای دورگه در این زمینه نیز دستاوردهای چشم‌گیری داشته باشند.

تولیدکنندگان خودروهای دورگه برای کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌ها از راه‌کارهای متنوعی استفاده می‌کنند که مهمترین آنها عبارتند از:

- مدیریت موتور احتراق داخلی و موتور الکتریکی بطوری که این اجزا همواره در یک نوار باریک در اطراف نقاط عملکردی بهینه خود قرار گیرند.
- موتوراحتراقی مواقعی که خودرو ایستاده و یا برای حرکت به توان زیادی نیاز ندارد خاموش گردد.
- مقداری از انرژی که در زمان ترمز گرفتن در خودروهای معمولی تلف می‌گردد توسط مولدهای الکتریکی بازیابی شده و برای مصرف در باتری‌ها ذخیره می‌شود.
- کوچک کردن موتور احتراق داخلی[1] با توجه به این که توان‌های زیاد می‌تواند به طور همزمان به وسیله موتور الکتریکی و موتور احتراقی تامین گردد.

به سه راه‌کار اول از فن‌آوری‌های فوق الگوریتم توزیع توان[2] می‌گویند که نحوه استفاده از موتور احتراق داخلی و موتور الکتریکی را در هر لحظه مشخص می‌کند. بدین مفهوم که در هر لحظه مشخص می‌کند که چه سهمی از توان یا گشتاور در خواستی راننده از موتور احتراق داخلی و چه بخشی از موتور الکتریکی تامین گردد. برای توسعه و بهینه‌سازی این الگوریتم در هر خودرویی نیازمند مدل توان و یا گشتاور هر یک از اجزا می‌باشیم.

۲.۱. مدل‌سازی سیستم‌ها

مدل‌سازی همواره یکی از بخش‌های اصلی مسائل مهندسی را تشکیل می‌دهد. از مدل‌ها به منظور آنالیز، فهم بهتر، توسعه سیستم‌ها و... استفاده می‌شود و اساساً در بسیاری از مسائل مهندسی مانند کنترل و عیب یابی

[1] Engine downsizing
[2] Power management

حد بالای کیفیت نهایی حل یک مسئله را مشخص می‌کند. روش‌های مختلف مدل‌سازی را می‌توان از جنبه‌های مختلفی دسته بندی کرد. یکی از این تقسیم‌بندی‌ها مدل‌ها را به صورت زیر تقسیم بندی می‌نماید:

- مدل‌های جعبه سفید[1]: در این روش، مدل با استفاده از روابط فیزیکی حاکم بر اجزا مختلف سیستم بدست می‌آید. این روش مدل‌سازی معمولاً برای سیستم‌های ساده و یا توسعه سخت افزاری سیستم‌ها به کار می‌رود. برای مثال در طراحی مفهومی موتورهای احتراق داخلی از این مدل‌ها استفاده می‌شود. در این نوع مدل‌سازی نیازمندیم که اطلاعات دقیق تمام اجزا را بدانیم.

- مدل‌های جعبه سیاه[2]: در این روش که به مدل‌سازی داده محور نیز مشهور می‌باشد، مدل با استفاده از داده‌های ثبت شده از ورودی و خروجی سیستم در شرایط مختلف کاری بدست می‌آید. معمولاً از این روش برای مسائل مهندسی‌ای نظیر الگوبرداری، مهندسی معکوس، به روز کردن سیستم‌ها و توسعه نرم افزاری سیستم‌ها استفاده می‌شود. برای مثال اگر بخواهیم سیستم کنترلی یک نیروگاه را به روز نماییم ابتدا باید تمام اجزا آن را مدل کنیم. در این حالت می‌توان به جای استفاده از روابط فیزیکی اجزا مختلف این نیروگاه و تهیه مدل‌های جعبه سفید که فرآیندی زمان‌بر است، فقط با استفاده از داده‌های ورودی و خروجی این اجزا مدل جعبه سیاه آنها را بدست آورد. همچنین از این روش در مورد سیستم‌هایی که روابط فیزیکی حاکم بر آنها از توسعه یافتگی کافی برخوردار نمی‌باشند نیز استفاده می‌شود. به روش تهیه مدل از روی داده‌ها شناسایی سیستم می‌گویند.

- مدل‌های جعبه خاکستری[3]: این روش ترکیبی از دو روش قبلی می‌باشد. برای مثال ساختار اصلی مدل با استفاده از قوانین فیزیکی حاکم بر اجزا بدست می‌آید و پارامترهای رابطه بدست آمده از روی داده‌های ورودی و خروجی تعیین می‌گردد. یا به عنوان نمونه دیگر از این روش می‌توان با استفاده از یک مدل جعبه سفید رفتار خطی سیستم را تخمین بزنیم و برای تخمین بخش غیرخطی رفتار سیستم از مدل‌های جعبه سیاه استفاده نماییم.

[1] White box
[2] Black box
[3] Gray box

هر یک از روش‌های فوق دارای مزایا و معایبی می‌باشند و کابر می‌تواند بسته به کاربرد و مسئله مورد نظر خود از آنها به منظور حل مسئله استفاده نماید.

۳.۱. تعریف مسئله

الگوبرداری[1] فرآیندهای فنی از اولین گام‌های توسعه محصولات می‌باشد. این کار سبب می‌گردد تا با دست‌آوردها و تجربیات سایر تولیدکنندگان نام آشنا در آن زمینه آشنا شده و فرآیند طراحی کوتاه‌تر گردد. برای مثال تویوتا و هوندا به عنوان پیشگامان تولیدکنندگان خودروهای دورگه در جهان پس از حدوداً سه دهه تلاش در زمینه خودروهای دورگه توانستند محصولات تجاری خود را وارد بازار نمایند. به همین دلیل بررسی محصولات آنها در این زمینه برای توسعه محصول امری ضروری به نظر می‌رسد. از طرف دیگر الگوبرداری، معیارهای تعالی و هدف نهایی در توسعه یک محصول را مشخص می‌نماید که این مسئله برای هدف‌گذاری در توسعه‌ی هر محصولی ضروری است.

این پایان‌نامه قصد دارد مدل قوای محرکه خودروی Honda Insight را به عنوان یکی از بهترین خودروهای موجود در این زمینه تهیه نماید. از آنجایی که مدل فوق گام اول برای الگوبرداری الگوریتم توزیع توان می‌باشد، مدل‌سازی توان خروجی موتور احتراق داخلی، موتور الکتریکی و مجموعه کلاچ تا چرخ و باتری ضروری است. اما به دلیل این که خودروی نمونه‌ی موجود ساخت سال ۲۰۰۰ می‌باشد، باتری‌های خودرو از کیفیت لازم برخوردار نبوده و مدل سازی باتری امکان پذیر نشد. همچنین به علت مواردی که در فصل بعد به آن اشاره خواهیم کرد به جای مدل موتور الکتریکی مدل مجموع موتور احتراقی و موتور الکتریکی تهیه شده است. مدل سازی این اجزا به وسیله الگوریتم‌های شناسایی سیستم‌ها (روش‌های جعبه سیاه) و با استفاده از شاسی دینامومتر صورت گرفته است. علت انتخاب این روش این است که رایانه‌های اجزا مختلف این خودرو به صورت ترکیبی می‌باشد امکان باز کردن اجزا و آزمون مجزای اجزا آن امکان پذیر نمی‌باشد. از طرفی دیگر تهیه مدل‌های جعبه سفید نیازمند مشخصات تک‌تک اجزا خودرو می‌باشد، که زمان بیشتری برای

[1] Bench marking

انجام آزمون‌ها لازم دارد. در نهایت نیز به علت عدم اطلاعات کافی از تمام اجزا سیستم موجود، در صورت تهیه مدل‌های جعبه سفید از سیستم مدل نهایی نمی‌توانست از دقت کافی برخوردار باشند.

٤.١. طرح نمای پایان‌نامه

فصل‌های مختلف این پایان‌نامه در ادامه به شکل زیر آمده است. ابتدا در فصل دوم با خود خودرو و اجزایی که باید مدل شوند آشنا شده و مقالات موجود در زمینه مدل‌سازی هر یک از این اجزا وجود دارد را مرور می‌نماییم و ورودی هریک از مدل‌ها معرفی می‌شوند. در فصل سوم مواردی که در انتخاب مدل برای شناسایی باید در نظر گرفته شود آمده است. در فصل چهارم مدل‌های فازی به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در فصل پنجم مراحل مختلف شناسایی این سیستم‌ها بررسی شده و مسئله بسیار با اهمیت انتخاب ورودی برای آزمون شناسایی مرور شده است و در نهایت در فصل ششم نتایج حاصل از آموزش مدل‌ها آمده است.

فصل دوم : معرفی اجزا خودرو و ورودی‌های مدل‌ها

۱.۲. مقدمه

خودرو هوندا Insight اولین محصول دورگه شرکت هوندا می‌باشد که در سال ۱۹۹۹ وارد بازار شد. این خودرو اولین خودرو دورگه‌ای است که وارد بازار امریکا به عنوان بزرگترین بازار خودروهای دورگه در جهان شد. این خودرو که یک خودرو دو نفره می‌باشد تا سال ۲۰۰۶ به همین شکل تولید می‌شد و در طول این چند سال جوایز بین‌المللی متفاوتی نظیر کم مصرف‌ترین خودرو جهان و موتور سال (موتورهای زیر ۱۳۰۰ CC) را از آن خود کرد. شرکت هوندا قصد دارد نسل جدید این خودرو را در سال ۲۰۰۹ که یک خودرو پنج‌نفره است وارد بازار نماید.

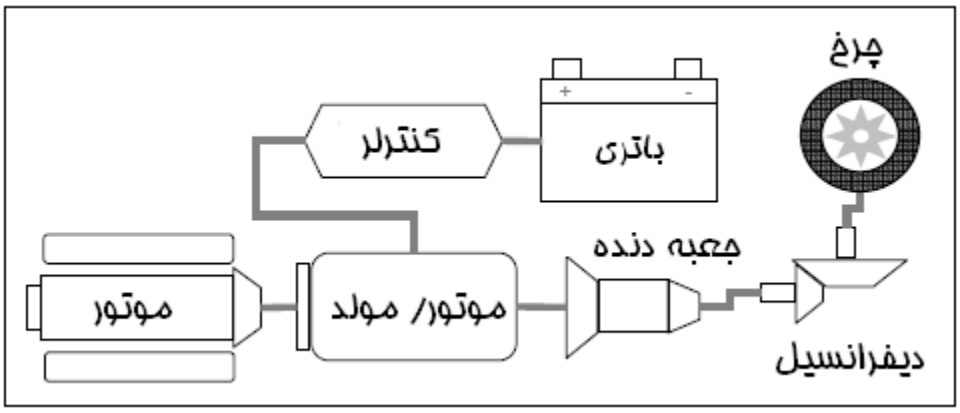
این خودرو در رده خفیف دورگه‌ها[1] قرار می‌گیرد و ساختار آن در شکل۲-۱ آمده است. در این نوع ترکیب بندی قوای محرکه دورگه یک موتور الکتریکی بین کلاچ و موتور احتراق داخلی با اتصال صلب قرار

[1] Mild hybrid

می‌گیرد. این موتور الکتریکی در سرعت‌های کم که گشتاور موتور احتراق‌داخلی پایین می‌باشد به شتاب‌گیری خودرو کمک می‌نماید و در زمان ترمزگیری با تبدیل شدن به مولد مقداری از انرژی ترمزی را بازیابی می‌نماید. در واقع هدفی که هوندا از ارائه چنین ایده‌ای دنبال می‌کند این است که موتور احتراقی هنوز نقش اصلی را ایفا می‌نماید و موتور الکتریکی در هنگامی عملکرد که موتور احتراقی زیاد بهینه نیست به آن کمک می‌نماید. به همین دلیل هوندا این چیدمان خودروهای دورگه را IMA [1] نام‌گذاری کرده است. البته وجود این موتور الکتریکی دارای مزایای دیگری نیز می‌باشد که از جمله مهمترین آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- استفاده از موتور الکتریکی به عنوان راه انداز اصلی خودرو(راه اندازی نرم‌تر + کاهش آلاینده‌ها)
- خاموش کردن موتور احتراق داخلی در زمان عدم نیاز
- عدم نیاز به مولد مجزا برای خودرو
- کوچک کردن موتور چون در زمان نیاز به گشتاور زیاد موتور الکتریکی می‌تواند این گشتاور را تامین کند
- سادگی، هزینه کمتر و وزن سبک‌تر خودرو نسبت به دورگه های کامل [2]
- قابلیت کارکرد خودرو بدون قسمت الکتریکی

اما در کنار این مزایا دارای معایبی نیز می‌باشد که مهمترین آنها عبارتند از :



شکل۲- ۱- چیدمان *IMA*

[1] Integrated Motor Assist
[2] Full hybrid