http://mme.modares.ac.ir

مجله علمی پژوهشی
مهندسی مکانیک مدرس
اسفند ۱۳۹۲، دوره ۱۳ شماره ۱۲ ص ص ۱۳٤-۱٤۳

مقاله پژوهشی کامل
تاریخ دریافت ۹۱/۸/۲۰
تاریخ پذیرش ۹۲/٤/۱٤
ارائه در سایت ۹۲/۹/۳۰

طراحی واحد شناسایی سیکل رانندگی فازی جهت استفاده در استراتژی کنترل هوشمند خودروهای هیبرید

علی صفائی[۱]، محمدرضا حائری‌یزدی[۲*]، وحید اصفهانیان[۳]، مسعود مسیح‌تهرانی[۴]

۱- کارشناسی‌ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تهران، تهران
۲- دانشیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تهران، تهران
۳- استاد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تهران، تهران
۴- دکترای مهندسی مکانیک، دانشگاه تهران، تهران
* تهران، صندوق پستی ۱۳۳۵-۱۴۳۹۵، myazdi@ut.ac.ir

چکیده- طراحی یک استراتژی کنترل که برای عملکرد یک سیستم قوای‌محرکه هیبرید در انواع جاده‌ها و سیکل‌های حرکتی مناسب باشد، یکی از زمینه‌های چالش‌برانگیز در حوزهٔ خودروهای هیبرید است. استراتژی‌های کنترلی هوشمند پاسخی به این نیاز هستند. در یک استراتژی کنترل هوشمند، سیگنال‌های کنترلی موردنیاز با توجه به نوع سیکل رانندگی که خودرو در آن حرکت می‌کند، تعیین می‌شوند. این مهم با کمک یک واحد شناسایی سیکل رانندگی انجام می‌شود. در این مقاله، روند طراحی یک واحد شناسایی سیکل رانندگی که عملکرد آن براساس منطق فازی می‌باشد، ارائه شده است. ایدهٔ اصلی آن است که هر سیکل رانندگی با یک درجهٔ عضویت مشخص، شبیه به سیکل‌های رانندگی مرجع می‌باشد. بر این اساس متناظر با درجات شباهت هریک از سیکل‌های رانندگی مرجع، استراتژی کنترل سیستم قوای محرکه هیبرید متأثر از استراتژی بهینه طراحی شده برای آن سیکل مرجع است. در اینجا، با تعیین مجموعه مشخصات رانندگی مناسب از طریق یک الگوریتم انتخاب مشخصه، شناسایی سیکل رانندگی صورت گرفته است. همچنین درجات عضویت فازی متناظر با سیکل‌های مرجع با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی فازی تعیین شده است. در پایان، کیفیت عملکرد واحد شناسایی سیکل فازی طراحی‌شده بررسی شده است.

کلیدواژگان: استراتژی کنترل، منطق فازی، قوای‌محرکه، خودروی هیبرید، سیکل رانندگی.

Design of a fuzzy driving cycle identification unit for intelligent control strategy of hybrid Vehicles

A. Safaei[1], M. R. Ha'iri-Yazdi[2*], V. Esfahanian[3], M. Masih-Tehrani[4]

1- MSc. in Mech. Eng., Tehran Univ., Tehran, Iran
2- Assoc. Prof., School of Mech. Eng., Tehran Univ., Tehran, Iran
3- Prof., School of Mech. Eng., Tehran Univ., Tehran, Iran
4- PhD. in Mech. Eng., Tehran Univ., Tehran, Iran
* P.O.B. 14395-1335, Tehran, Iran. myazdi@ut.ac.ir

Abstract- Design of a suitable Control Strategy for operating a hybrid propulsion system in different types of roads and driving cycles is one of the most challenging subjects in hybrid vehicle research areas. Intelligent Control Strategies have been designed to meet the above requirement. The control signals in an intelligent control strategy of the hybrid vehicles are generated according to the driving cycle type. This is done by using a driving cycle identification unit. In this paper, design of a fuzzy based driving cycle identifier has been presented. The main idea in this unit is that any arbitrary driving cycle is similar to a group of standard driving cycles according to some degrees of similarity. As a result, the control strategy of the hybrid power train in the arbitrary driving cycle is affected by the optimized control strategy of the standard diving cycle based on the degree of similarity. Here, the subset of sufficient features is determined by using the floating search method as a useful feature selection algorithm. Also, the fuzzy clustering method is used to generate the values of similarity degrees to each standard driving cycle. Finally, the performance of the fuzzy driving cycle identification unit is assessed.

Keywords: Control Strategy, Fuzzy logic, Propulsion System, Hybrid Vehicle, Driving Cycle.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.12.2.6]

۱- مقدمه

پیشرفت اتومبیل و صنعت خودرو یکی از بزرگ‌ترین دست‌یافت‌های فناوری مدرن می‌باشد. با افزایش قوانین سخت‌گیرانه در مورد مصرف سوخت و آلودگی خودروها در سال‌های اخیر، فناوری‌های جدید جهت طراحی و ساخت سیستم تولید و انتقال قدرت خودروها مورد بررسی قرار گرفته است. فناوری هیبرید یک از فناوری‌های اصلی در این دوره است. در یک سیستم تولید و انتقال‌قدرت هیبرید، دو منبع تولید توان وجود دارد که یکی از این منابع تولید قدرت، توانایی ذخیره انرژی را دارد [۱].

یک مسأله مهم در طراحی خودروهای هیبرید، کنترل مناسب جریان توان میان منابع تولید قدرت است.پاسخ به این مسأله توسط یک استراتژی کنترل[1] مناسب انجام می‌گیرد. استراتژی کنترل، یک الگوریتم تصمیم‌گیری است. این الگوریتم، شامل قانون‌هایی به‌منظور قانون‌مند نمودن فعالیت ادوات سیستم تولید و انتقال قدرت هیبرید می‌باشد. ورودی‌های یک استراتژی کنترل، مقادیر اندازه‌گیری شدهٔ متغیرهایی از قبیل سرعت خودرو، شتاب خودرو، گشتاور مطلوب راننده و سطح شارژ منبع ذخیره انرژی می‌باشد. پس از اعمال الگوریتم استراتژی کنترل، مقادیر گشتاور یا توان موردنیاز از مؤلفه‌های تولید قدرت به‌عنوان خروجی الگوریتم تعیین می‌شود. تعیین مناسب این مقادیر، موجب عملکرد بهینهٔ ادوات سیستم تولید قدرت و در نهایت کاهش مصرف سوخت خودرو می‌شود.

استراتژی‌های کنترلی موجود برای خودروهای هیبرید به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند [۲]: قانون‌مند[2] و براساس بهینه‌سازی[3]. در دستهٔ اول، قوانین استراتژی کنترل براساس اطلاعات شهودی و تجربهٔ فرد متخصص تنظیم می‌شوند. استراتژی‌های کنترل قانون‌مند ساده هستند و به صورت زمان واقعی[4] قابل استفاده می‌باشند. همچنین این کنترلرها به دو صورت فازی[5] و غیرفازی قابل اجرا هستند [۲]. در دستهٔ دوم، یک تابع هزینه که بیانگر مقدار مصرف سوخت خودرو است، تعریف می‌شود. سپس با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی گوناگون، مقادیر بهینه برای متغیرهای خروجی استراتژی کنترل تعیین می‌شوند. روش بهینه‌سازی دینامیکی[6] و الگوریتم ژنتیک[7] به‌عنوان روش‌های پرکاربرد برای یافتن تصمیم بهینهٔ کلی در استراتژی‌های کنترل هیبرید کاربرد دارند. برای اجرای هر دو روش بهینه‌سازی فوق نیاز به اطلاعات آتی سیکل حرکتی وجود دارد؛ از این‌رو استراتژی‌های کنترلی براساس بهینه‌سازی با برنامه‌ریزی دینامیکی و الگوریتم ژنتیک در عمل قابل استفاده نمی‌باشد. البته بعضی از استراتژی‌های کنترل بهینه به‌صورت زمان واقعی نیز اجرا می‌شوند [۳] که نیازمند تأمین مدل تحلیلی برای سیستم قوای محرکه هیبرید هستند.

در کنار تقسیم‌بندی فوق برای استراتژی کنترل خودروهای هیبرید،استراتژی کنترل هوشمند[8] به‌صورت الگوریتمی تعریف می‌شود که براساس اطلاعات استخراج شده از سیکل رانندگی[9]، قوانین خود را تعیین می‌کند [۲]. به عبارت دیگر، در یک استراتژی کنترل هوشمند اطلاعات سیکل رانندگی نیز به‌عنوان ورودی‌های کنترلر استفاده می‌شوند. تحقیقات گذشته نشان داده است که تغییر در نوع مسیر حرکت (شهری، اتوبان و یا ترکیبی) و حالت ترافیکی آن (شلوغ، خلوت یا متعادل)، تأثیر بسیاری در میزان کاهش مصرف سوخت خودرو دارد[۴]. در طراحی یک استراتژی کنترل هوشمند، روش‌های مختلف شناسایی سیستم[10] و شناسایی الگو[11] به‌منظور شناسایی نوع مسیر حرکت و حالت ترافیکی موجود در آن به‌کار می‌رود. در یک استراتژی کنترل هوشمند، واحد شناسایی سیکل رانندگی درکنار کنترلر اصلی سیستم فعالیت می‌کند. کنترلر موجود در این نوع استراتژی کنترل، می‌تواند از هریک از دو دسته فوق (قانون‌مند و براساس بهینه‌سازی) باشد. با اعمال استراتژی کنترل هوشمند، می‌توان کنترلر را برای سیکل‌های رانندگی مختلف با انواع حالات ترافیکی استفاده کرد و کاهش مصرف سوخت مناسبی را تأمین نمود.

با مرور انواع استراتژی کنترل‌های موجود برای سیستم‌های تولید و انتقال قدرت هیبرید، بدیهی است که یک استراتژی کنترل هوشمند مناسب‌ترین گزینه می‌باشد. اولین اقدام به‌منظور طراحی استراتژی کنترل هوشمند برای خودروهای

1. Control Strategy
2. Rule-Based
3. Optimization-Based
4. Real-Time
5. Fuzzy
6. Dynamic Programming
7. Genetic Algorithm
8. Intelligent Control Strategy
9. Driving Cycle
10. System Identification
11. Pattern Recognition

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.12.2.6]

هیبرید توسط یانگ‌سئوب‌وون و همکاران در سال ۲۰۰۳ [۴] انجام شده است. در آن تحقیق یک شبکهٔ عصبی به عنوان واحد استخراج و شناسایی اطلاعات سیکل رانندگی استفاده شده است. واحد شناسایی در این طرح، یک واحد جامع است که علاوه بر سیکل رانندگی، مشخصات راننده و نحوه رانندگی آن‌را نیز شناسایی می‌کند. پس از آن، تحقیقات مشابهی در زمینهٔ طراحی استراتژی کنترل هوشمند و شناسایی سیکل رانندگی انجام شده است [۵،۶]؛ با این تفاوت که پارامترهای موردنیاز برای شناسایی سیکل رانندگی کاهش یافته است. در سال ۲۰۰۹ تیان‌ایی [۷] یک استراتژی کنترل برای خودروی سواری هیبرید الکتریکی موازی ارائه نمود که در آن یک شبکهٔ نرو-فازی به‌عنوان واحد شناسایی سیکل رانندگی مورد استفاده قرار گرفته است. در سال ۲۰۱۰ نیز ژی‌هوانگ و همکاران [۸] یک استراتژی کنترل هوشمند را برای خودروی سواری هیبرید الکتریکی موازی ارائه نمودند. در این طرح با استفاده از یک دسته‌بندی کننده[1]، ابتدا هر قسمت از سیکل در یکی از دسته‌های از پیش تعیین شده برای مسیر قرار گرفته است. سپس با استفاده از شبکه‌های عصبی که برای هر دسته به‌طور جداگانه طراحی شده است، سرعت خودرو در یک گام زمانی آتی پیش‌بینی شده است. کنترلر طراحی‌شده در این طرح، از نوع قانون‌مند می‌باشد.

در تمامی الگوریتم‌های هوشمند ارائه‌شده تاکنون، با استفاده از الگوریتم‌های شناسایی، بازه‌ای معین از سیکل رانندگی مورد نظر تحلیل و به یک گروه از شرایط ترافیکی مشخص نسبت داده می‌شود. به‌عبارت دیگر، بازه‌ای از یک سیکل رانندگی تنها امکان عضویت در یک دسته شرایط ترافیکی خاص را دارد. این ایراد به طرز تفکر اخیر وارد است که یک سیکل رانندگی نمی‌تواند از لحاظ شرایط ترافیکی دقیقاً شبیه یک سیکل مرجع باشد. همچنین، سیکل‌های رانندگی مرجع درنظر گرفته شده نیز قابلیت پوشش کامل انواع شرایط ترافیکی در جاده‌ها را ندارند. در سال ۲۰۱۱ فتوحی [۹] با درنظر گرفتن این ایراد، یک راهکار جدید به‌منظور طراحی استراتژی کنترل هوشمند برای یک خودروی سواری هیبرید الکتریکی موازی ارائه داده است. او به‌جای در نظر گرفتن سیکل‌های رانندگی مرجع، استراتژی کنترل بهینه را بر اساس مقادیر چندین مشخصهٔ رانندگی برای سیکل‌های رانندگی نمونه بدست آورده است. سپس به منظور شناسایی سیکل مورد نظر، مقدار چند پارامتر مشخص به‌صورت آنلاین بررسی شده است. براساس این مقادیر، ضرایب بهینه در استراتژی کنترل تعیین و اعمال شده‌اند. در این ایده نیز برای هر محدوده از مقادیر پارامترهای مورد نظر، تنها یک کنترلر خاص استفاده شده است.

در این مقاله، ایراد مذکور در مورد الگوریتم‌های شناسایی سیکل موجود در طراحی استراتژی کنترل هوشمند به روشی دیگر پاسخ داده شده است. ایدهٔ اصلی آن است که هر سیکل رانندگی با یک درجهٔ عضویت مشخص شبیه به هریک از سیکل‌های رانندگی مرجع می‌باشد. براین‌اساس، به هر بازه از سیکل رانندگی، اعدادی بین صفر و یک نسبت داده می‌شود که آن بازه متناسب با این اعداد به هریک از سیکل‌های مرجع شباهت دارد. سپس استراتژی‌های کنترلی بهینه که برای هر سیکل مرجع بدست آمده‌اند، متناظر با آن درجات شباهت در استراتژی نهایی سیکل موردنظر تأثیر داده می‌شوند [۱۰]. با استفاده از این ایده، ایراد عدم پوشش تمامی شرایط ترافیکی توسط سیکل‌های مرجع از اهمیت بالایی برخوردار نخواهد بود. زیرا فضای شرایط ترافیکی جاده، فازی دیده شده است. به‌عبارت دیگر، با استفاده از درجه عضویت‌های فازی، تمامی شرایط ترافیکی قابل تعریف برای خودروها با یک شدت مشخص عضو یکی از مجموعه‌های مرجع هستند. در صورتی که با غیرفازی در نظر گرفتن مجموعه‌های مرجع، یک سیکل رانندگی خاص، شبیه یک سیکل مرجع است و با سیکل‌های دیگر ارتباط ندارد، که در عمل تشابه ۱۰۰ درصدی یک سیکل خاص با یکی از سیکل‌های مرجع با درجه امکان کمی همراه است.

به‌منظور پیاده‌سازی واحد شناسایی سیکل فازی، ابتدا زیر مجموعه‌ای شامل مشخصات رانندگی مناسب از میان یک مجموعه جامع از مشخصات انتخاب شده است. این مرحله با استفاده از الگوریتمی به‌نام جستجوی شناور[2] [۱۱] انجام شده است. سپس ضرایب شباهت فازی، ازطریق الگوریتم خوشه‌بندی فازی تعیین شده‌اند. در خوشه‌بندی انجام شده، چهار سیکل رانندگی استاندارد به عنوان خوشه‌های اصلی درنظر گرفته شده‌اند. در پایان، نتایج شبیه‌سازی‌های انجام‌شده در راستای بررسی کیفیت عملکرد واحد شناسایی سیکل رانندگی ارائه شده‌اند.

1. Classifier

2. Floating Search Method

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.12.2.6]

۲- الگوریتم خوشه‌بندی فازی

همان‌طورکه اشاره شد در مقاله حاضر هدف استخراج ضرایب شباهت برای یک سیکل رانندگی نسبت به چندین سیکل مرجع می‌باشد. انجام این مهم با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی فازی امکان‌پذیر است.در یک الگوریتم خوشه‌بندی فازی متعارف، تعداد خوشه‌های مرجع ثابت ولی مراکز آنها متغیر در نظر گرفته می‌شوند. توضیحات بیشتر درخصوص الگوریتم خوشه‌بندی فازی در پیوست مقاله آمده است.

روند استفاده شده برای الگوریتم خوشه‌بندی فازی در این مقاله، با آنچه که در یک الگوریتم خوشه‌بندی فازی متعارف وجود دارد، قدری متفاوت است. دراینجا، مقادیر مشخصات سیکل‌های رانندگی مرجع به‌عنوان مراکز خوشه‌ها، ثابت در نظر گرفته شده‌اند. از این رو متناظر با هر تعداد معین از مشخصات رانندگی، مقادیر درجات عضویت فازی، ثابت هستند و نیازی به انجام تکرار نمی‌باشد. درمقابل، با تغییر مشخصات رانندگی استفاده شده و همچنین تغییر تعداد آنها، مقادیر درجات عضویت و بدنبال آن مقدار خطای خوشه‌بندی تغییر می‌کند. بدین جهت بایستی زیرمجموعه‌ای از مشخصات رانندگی که برای دست‌یابی به حدی مطلوب از دقت خوشه‌بندی کفایت می‌کنند، مشخص شوند. این امر با اعمال یک روند انتخاب مشخصه انجام می‌گیرد.

۳- روش انتخاب مشخصهٔ جستجوی شناور

در این قسمت، روش جستجوی شناور به‌عنوان الگوریتم انتخاب مشخصه جهت تعیین زیرمجموعهٔ مشخصات رانندگی مناسب ارائه شده است. روش‌های جستجوی شناور اولین بار در سال ۱۹۹۴ توسط پودیل و همکاران ارائه شد [۱۱]. پودیل در مقالهٔ خود، دو روند رو به جلو و رو به عقب را برای یک جستجوی شناور ارائه داده است. دلیل نام‌گذاری این روندها به نام "شناور"، وجود امکان حذف مشخصات یا رگرسورهایی که درگام‌های قبلی انتخاب شده‌اند و همچنین اضافه نمودن رگرسورهایی که در گام‌های قبل حذف شده‌اند، می‌باشد. کیفیت عملکرد روندهای جستجوی شناور نیز در همان مقاله توسط پودیل بررسی و تأیید شده است. از سال ۱۹۹۴ تاکنون، روش جستجوی شناور به عنوان یک ابزار مناسب جهت تعیین مشخصات مناسب در زمینه‌های مختلف مهندسی مورد استفاده قرارگرفته است.

در الگوریتم جستجوی شناور، ابتدا با انتخاب دو مشخصه به صورت دلخواه، مجموعه‌های شامل یک و دو مشخصه ایجاد شده‌اند. در مرحلهٔ دوم، مشخصه‌ای که در صورت اضافه شدن، کمترین مقدار تابع هدف را به همراه خواهد داشت، به مجموعهٔ مشخصات اضافه می‌شود. چنان‌چه مقدار تابع هزینه برای مجموعهٔ جدید از مقدار مشابه در مجموعهٔ قدیمی کمتر باشد، جایگزینی صورت می‌گیرد. در صورت بهبود تابع هدف در گام قبل، روند حذف مشخصات به صورت رو به عقب ادامه می‌یابد تا به مجموعهٔ شامل یک پارامتر برسیم. درگام سوم، پارامتری که کمترین تأثیر را در مقدار تابع هدف دارد، حذف می‌شود. سپس مجموعهٔ حاضر، با مجموعه‌ای شامل تعداد پارامتر برابر مقایسه می‌شود. روند انجام روش جستجوی شناور در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طورکه دراین شکل نشان داده شده است و در بالا نیز اشاره شد، در هر گام از الگوریتم جستجوی شناور، مقدار یک تابع هدف بررسی و براساس این مقدار، در مورد اهمیت رگرسورها قضاوت می‌شود. در مقاله حاضر، یک تابع هدف که بیانگر کیفیت خوشه‌بندی فازی می‌باشد، درنظر گرفته شده است. به‌عبارت‌دیگر، اهمیت هر رگرسور با میزان کیفیتی که در خوشه‌بندی فازی ایجاد می‌کند، سنجیده می‌شود. در واقع، عملکرد روش جستجوی شناور با فرایند خوشه‌بندی فازی تؤامان است و در طول انجام جستجوی شناور، مجموعهٔ مشخصات مناسب به‌نحوی تعیین شده است که کمترین خطای خوشه‌بندی فازی را به‌دنبال داشته باشد.

مشخصات مناسب در گام‌های مختلف در روش جستجوی شناور، طوری تعیین شده است که خطای خوشه‌بندی را در برگیرد. تابع هزینهٔ استفاده شده در الگوریتم جستجوی شناور به صورت رابطه (۱) می‌باشد که کمتر بودن آن نشان‌دهندهٔ کیفیت بالاتر خوشه‌بندی است.

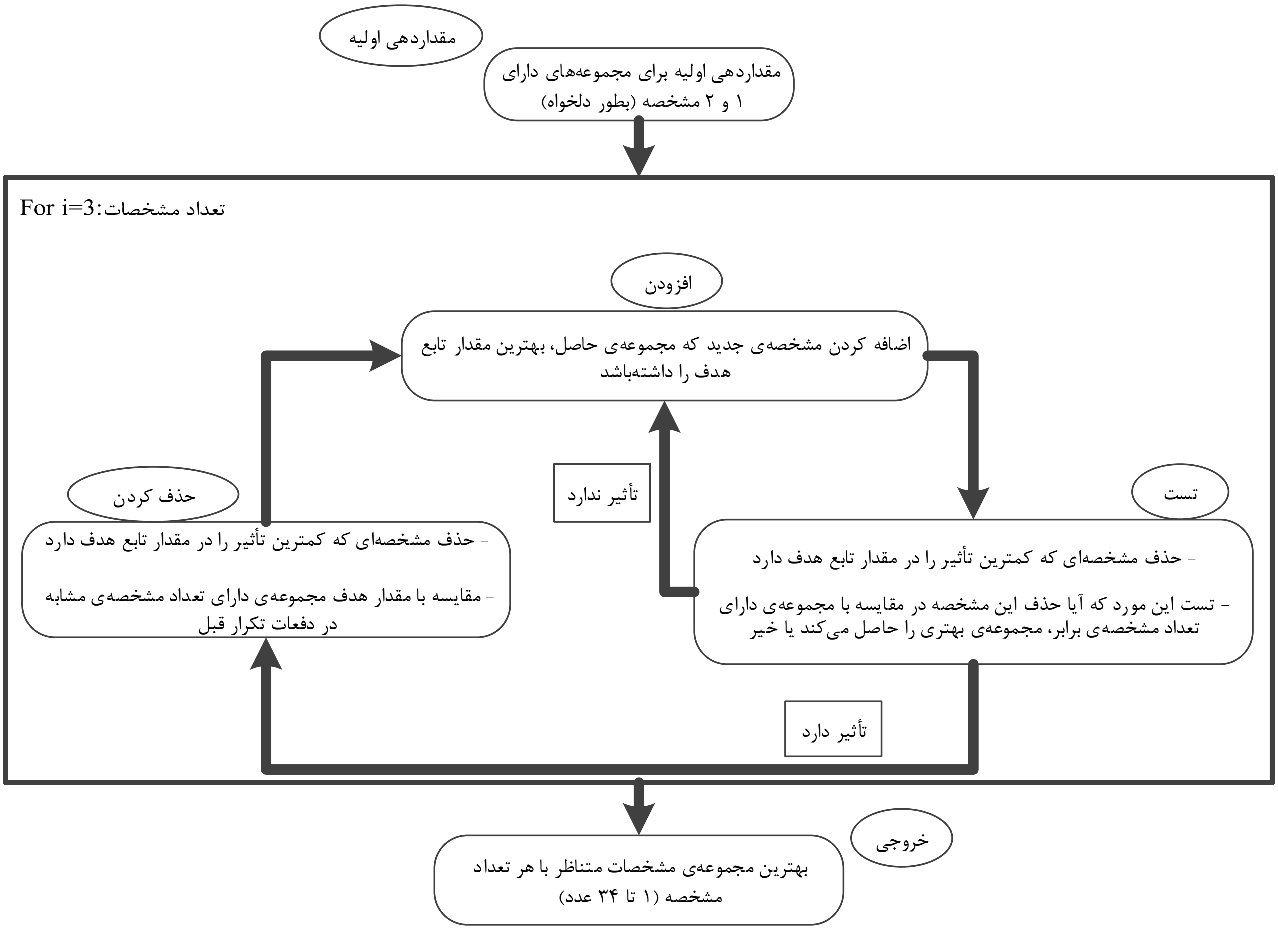
$$J = \alpha J_1^q + \beta J_2 + (1 - \alpha - \beta) J_3 \qquad (۱)$$

همان‌طورکه مشاهده می‌شود در تابع هدف مورد نظر سه جمله وجود دارد:

- فاصلهٔ هر سیکل رانندگی نمونه از مرکز هر خوشه (سیکل رانندگی مرجع) با لحاظ نمودن مقادیر درجات عضویت (این تابع در الگوریتم خوشه‌بندی فازی به عنوا نتابع هزینه در نظر گرفته می‌شود). هر چه این فاصله کمتر باشد، کیفیت خوشه‌بندی بالاتر است. مقدار این جمله طبق رابطهٔ (۴) در پیوست بدست می‌آید.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.12.2.6]



شکل ۱ روندنمای الگوریتم جستجوی شناور به‌عنوان الگوریتم انتخاب مشخصه [۱۷] تابع هدف استفاده شده جهت تعیین مجموعه

- فاصلهٔ مراکز خوشه‌ها (سیکل‌های مرجع) ازیکدیگر. بیشتر بودن فاصلهٔ میان مراکز خوشه‌ها به معنای بالاتر بودن قدرت تفکیک خوشه‌ها و همچنین پوشش فضای دادهٔ بیشتر است. مقدار این جمله از تابع هزینه طبق رابطهٔ (۲) بدست می‌آید.

$$J_2 = (\min d(\theta_i, \theta_j))^{-1} \quad (۲)$$

- فاصلهٔ میانگین سیکل‌های نمونه از میانگین سیکل‌های مرجع هر چه این فاصله کمتر باشد، مجموعهٔ خوشه‌ها فضای ورودی را بیشتر پوشش می‌دهد. مقدار این جمله از تابع هزینه طبق رابطهٔ (۳) بدست می‌آید.

$$J_3 = d(\theta_m, X_m) \quad (۳)$$

در روابط مربوط به مقدار تابع هزینه، فاصلهٔ بین هر دو سیکل با استفاده از رابطهٔ ۵ در پیوست بدست می‌آید. همچنین ضرائب α و β به‌عنوان وزن‌دهی جملات مختلف در تابع هزینه به کار رفته‌اند. این مقادیر برای سیستم‌های قوای محرکه هیبرید متفاوت است و بنا به نظر طراح قابل تعیین هستند.

۴- بررسی کیفیت عملکرد واحد شناسایی سیکل فازی

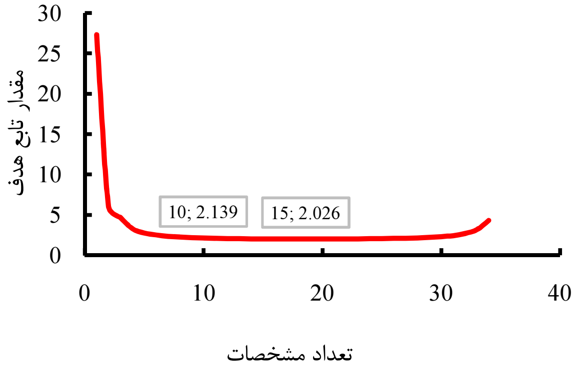
در این قسمت کیفیت واحد شناسایی سیکل رانندگی که در قسمت‌های قبل طراحی شد، بررسی شده است. بدین منظور، چهار سیکل رانندگی مرجع به عنوان مراکز خوشه‌ها در الگوریتم خوشه‌بندی فازی درنظر گرفته شده‌اند. این چهار سیکل، چهار مورد از ۹ سیکل رانندگی استاندارد که در سال ۱۹۹۷ توسط مرکز تحقیقاتی سیرا ارائه شد، می‌باشند [۱۳]. همچنین طراحی واحد شناسایی سیکل برای ۱۳ سیکل رانندگی نمونه انجام شده است. این سیکل‌های نمونه از سیکل‌های رانندگی نورنبورگ و تهران استخراج شده‌اند. مدت زمان هریک از سیکل‌های نمونه برابر با ۱۰۰ ثانیه می‌باشد و همگی از سرعت صفر شروع و به سرعت صفر ختم می‌شوند. علاوه بر این، تعدادی مشخصه ترافیکی سیکل رانندگی به‌عنوان

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.12.2.6]

مجموعه اولیه مشخصات رانندگی درنظر گرفته شده است. در سال ۲۰۰۱، اریکسون تعداد ۶۹ مشخصه را برای معرفی یک سیکل ارائه کرد [۱۴]. پس از آن مجموعه‌هایی شامل تعداد کمتری مشخصه نیز جهت شناسایی یک سیکل رانندگی به کار رفته است ([۱۶،۱۵،۶]). در این مقاله، با توجه به موارد استفاده شده توسط عبدالهی در [۶]، ۳۴پارامتر به عنوان مجموعهٔ مرجع مشخصات سیکل رانندگی در نظر گرفته شده است (جدول ۱) [۱۷].

پس از اعمال الگوریتم انتخاب مشخصه جستجوی شناور روی مجموعه مشخصات مرجع ارائه شده، مقادیر تابع هدف که براساس کیفیت خوشه‌بندی فازی تعیین شده است، برای هرتعداد مشخصه بدست آمده است. در اینجا، مقادیر ضرائب α و β به ترتیب برابر با ۰/۲۵ و ۰/۱۵ انتخاب شده است. این مقادیر با انجام سعی و خطاهای مکرر و مشاهدهٔ بهترین کیفیت ظاهری خوشه‌بندی در نظر گرفته شده‌اند. شکل ۲ مقادیر تابع هزینه را برای تعداد مشخصات از ۱ تا ۳۴ عدد نشان می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود تعداد ۱۰ مشخصه برای دست‌یابی به مطلوب‌ترین کیفیت خوشه‌بندی کفایت می‌کند. این ۱۰ مشخصه مطلوب در جدول ۲ ارائه شده است.توجه شود در شکل ۲مقدار تابع هزینه برای هر تعداد مشخصه، کیفیت خوشه‌بندی فازی انجام‌شده با بهترین زیرمجموعه از مشخصات شامل آن تعداد مشخصه را نشان می‌دهد. هر چه مقدار تابع هزینه کمتر باشد، کیفیت خوشه‌بندی فازی انجام‌شده براساس رابطهٔ (۱) بیشتر است.

همچنین شکل ۳ محل قرارگیری مراکز خوشه‌ها و هر یک از سیکل‌های رانندگی نمونه را نسبت به نقطهٔ مرجع نشان می‌دهد.



شکل ۲ مقادیر تابع هزینه متناظر با تعداد مختلف مشخصات

جدول ۱ مجموعه مشخصات مرجع برای یک سیکل رانندگی

شماره	مشخصه	شماره	مشخصه
۱	سرعت متوسط(km/h)	۱۸	شتاب منفی متوسط(m/s^2)
۲	ماکزیمم سرعت(km/h)	۱۹	ماکزیمم شتاب منفی(m/s^2)
۳	درصد زمانی از سیکل که سرعت بین ۰-۱۰ (km/h) است	۲۰	درصد زمانی از سیکل که شتاب منفی بین ۰-۰/۲ (m/s^2) است
۴	درصد زمانی از سیکل که سرعت بین ۱۰-۲۰ (km/h) است	۲۱	درصد زمانی از سیکل که شتاب منفی بین ۰/۲-۰/۴ (m/s^2) است
۵	درصد زمانی از سیکل که سرعت بین ۲۰-۳۰ (km/h) است	۲۲	درصد زمانی از سیکل که شتاب منفی بین ۰/۴- ۰/۶ (m/s^2) است
۶	درصد زمانی از سیکل که سرعت بین ۳۰-۴۰ (km/h) است	۲۳	درصد زمانی از سیکل که شتاب منفی بین ۰/۶- ۰/۸ (m/s^2)
۷	درصد زمانی از سیکل که سرعت بین ۴۰-۵۰ (km/h) است	۲۴	درصد زمانی از سیکل که شتاب منفی بین ۰/۸- ۱/۰ (m/s^2) است
۸	درصد زمانی از سیکل که سرعت بالای ۵۰ (km/h) است	۲۵	درصد زمانی از سیکل که شتاب منفی بالاتر از ۱/۰ (m/s^2) است
۹	شتاب مثبت متوسط (m/s^2)	۲۶	انرژی سینتیک مثبت (PKE) (m/s^2)
۱۰	ماکزیمم شتاب مثبت (m/s^2)	۲۷	تعداد توقف‌ها در هر کیلومتر
۱۱	درصد زمانی از سیکل که شتاب مثبت بین ۰- ۰/۲ (m/s^2) است	۲۸	تعداد کل توقف‌ها
۱۲	درصد زمانی از سیکل که شتاب مثبت بین ۰/۲- ۰/۴ (m/s^2) است	۲۹	درصد زمانی از سیکل که حاصلضرب شتاب مثبت و سرعت بین ۰- ۵ (m^2/s^3) است
۱۳	درصد زمانی از سیکل که شتاب مثبت بین ۰/۴- ۰/۶ (m/s^2) است	۳۰	درصد زمانی از سیکل که حاصلضرب شتاب مثبت و سرعت بین ۵- ۱۰ (m^2/s^3) است
۱۴	درصد زمانی از سیکل که شتاب مثبت بین ۰/۶- ۰/۸ (m/s^2) است	۳۱	درصد زمانی از سیکل که حاصلضرب شتاب مثبت و سرعتبالاتر از ۱۰ (m^2/s^3) است
۱۵	درصد زمانی از سیکل که شتاب مثبت بین ۰/۸- ۱/۰ (m/s^2) است	۳۲	درصد زمانی از سیکل که حاصلضرب شتاب منفی و سرعت بین ۰- ۵ (m^2/s^3) است
۱۶	درصد زمانی از سیکل که شتاب مثبت بالاتر از ۱/۰ (m/s^2) است	۳۳	درصد زمانی از سیکل که حاصلضرب شتاب منفی و سرعت بین ۵- ۱۰ (m^2/s^3) است
۱۷	شتاب مثبت نسبی (RPA) (m/s^2)	۳۴	درصد زمانی از سیکل که حاصلضرب شتاب منفی و سرعتبالاتر از ۱۰ (m^2/s^3) است

این مختصات براساس فاصله سیکل تا مرجع مختصات بدست آمده است. ملاحظه می‌شود که کیفیت خوشه‌بندی براساس سه معیار درنظر گرفته شده در تابع هزینهٔ الگوریتم جستجوی

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.12.2.6]

شناور، مناسب است:

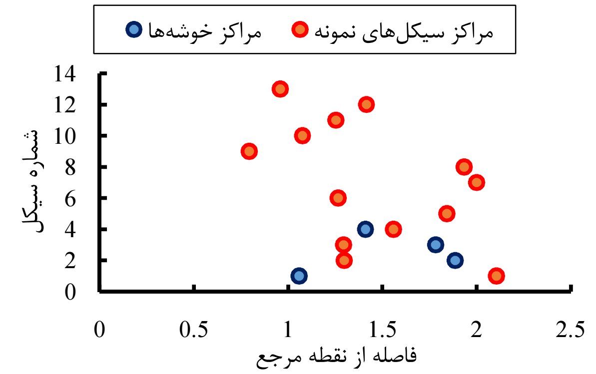
- مقادیر درجه عضویت فازی برای هر سیکل رانندگی نسبت به هر سیکل مرجع با محل قرارگیری آنها در شکل ۳ مطابقت دارد (جمله اول تابع هزینه). این مورد در ادامه بحث می‌شود.

- فاصلهٔ مراکز خوشه‌های مرجع از یکدیگر کمینست، به طوری که برهم منطبق شوند (جمله دوم تابع هزینه).

- مجموعهٔ چهار خوشهٔ مرجع، فضای سیکل‌های نمونه را پوشش می‌دهد (جمله سوم تابع هزینه).

جدول ۲ ده مشخصه مطلوب جهت انجام خوشه‌بندی فازی

شماره	مشخصه	شماره	مشخصه
۱	درصد زمانی از سیکل که سرعت بین ۰-۱۰ (km/h) است	۶	درصد زمانی از سیکل که شتاب منفی بین ۰/۲-۰/۴ (m/s^2) است
۲	درصد زمانی از سیکل که سرعت بین ۱۰-۲۰ (km/h) است	۷	درصد زمانی از سیکل که شتاب منفی بین ۰/۶- ۰/۸ (m/s^2) است
۳	ماکزیمم شتاب مثبت(m/s^2)	۸	شتاب مثبت نسبی (RPA) (m/s^2)
۴	درصد زمانی از سیکل که شتاب مثبت بین ۰/۲- ۰/۴ (m/s^2) است	۹	درصد زمانی از سیکل که حاصلضرب شتاب مثبت و سرعت بین ۰- ۵ (m^2/s^3) است
۵	درصد زمانی از سیکل که شتاب مثبت بین ۰/۶- ۰/۸ (m/s^2) است	۱۰	انرژی سینتیک مثبت (PKE) (m/s^2)



شکل ۳ موقعیت قرارگیری سیکل‌های رانندگی نمونه و مراکز خوشه‌ها نسبت به مرجع مختصات

به‌منظور درک صحیح‌تر نحوهٔ عملکرد خوشه‌بندی فازی (که با تعداد ۱۰ مشخصه برگزیده انجام شده است)، مقادیر فاصله سیکل‌های نمونه از مراکز خوشه و همچنین مقادیر عضویت فازی (خروجی الگوریتم خوشه‌بندی فازی) در جدول‌های ۳ و ۴ آورده شده است. براساس اطلاعات این جداول، هرچه فاصله یک سیکل از مرکز خوشه بیشتر باشد، مقدار ضریب عضویت سیکل در خوشه مورد نظر کمتر است.

جدول ۳ مقادیر فاصله بین هریک از سیکل‌های نمونه و خوشه‌های استاندارد

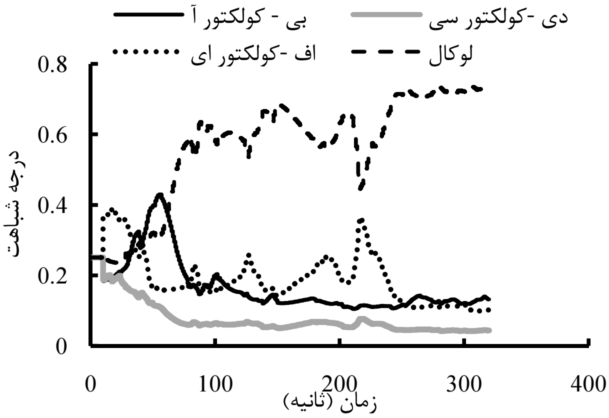
شماره سیکل	خوشه اول	خوشه دوم	خوشه سوم	خوشه چهارم
۱	۰/۵۷۶۵	۰/۶۸۵۰	۰/۲۹۳۰	۰/۲۹۶۴
۲	۰/۲۴۶۳	۰/۴۷۸۱	۰/۲۳۶۵	۰/۰۹۰۹
۳	۰/۲۵۹۶	۰/۵۶۸۹	۰/۲۴۹۹	۰/۱۳۷۶
۴	۰/۲۹۵۵	۰/۴۲۹۹	۰/۱۷۵۷	۰/۱۳۳۳
۵	۰/۳۸۲۳	۰/۴۸۴۸	۰/۱۲۵۶	۰/۱۵۸۱
۶	۰/۱۷۱۵	۰/۴۰۱۲	۰/۱۲۷۲	۰/۰۵۶۰
۷	۰/۹۸۲۷	۱/۴۱۴۶	۰/۹۱۵۰	۰/۷۰۷۸
۸	۱/۰۲۶۸	۱/۳۹۰۹	۰/۹۹۰۱	۰/۷۹۳۴
۹	۰/۲۶۴۱	۰/۷۰۲۱	۰/۴۸۴۴	۰/۲۱۱۷
۱۰	۰/۱۹۱۸	۰/۴۶۰۸	۰/۳۲۵۹	۰/۱۳۲۷
۱۱	۰/۰۸۱۸	۰/۱۸۸۳	۰/۲۲۵۲	۰/۱۲۳۳
۱۲	۰/۱۸۴۷	۰/۳۴۱۲	۰/۲۷۵۹	۰/۰۹۱۴
۱۳	۰/۲۹۰۲	۰/۶۶۵۱	۰/۵۵۶۲	۰/۲۵۷۰

جدول ۴ مقادیر درجه عضویت متناظر با هریک از سیکل‌های نمونه در خوشه‌های استاندارد

شماره سیکل	خوشه اول	خوشه دوم	خوشه سوم	خوشه چهارم
۱	۰/۱۷۳۴	۰/۱۴۶۰	۰/۳۴۱۲	۰/۳۳۹۴
۲	۰/۱۸۹۹	۰/۰۹۷۸	۰/۱۹۷۷	۰/۵۱۴۶
۳	۰/۲۲۸۲	۰/۱۰۴۱	۰/۲۳۷۰	۰/۴۳۰۶
۴	۰/۱۷۹۱	۰/۱۲۳۱	۰/۳۰۱۱	۰/۳۹۶۸
۵	۰/۱۳۷۹	۰/۱۰۸۸	۰/۴۱۹۸	۰/۳۳۳۵
۶	۰/۱۷۱۳	۰/۰۷۳۲	۰/۲۳۰۸	۰/۵۲۴۷
۷	۰/۲۴۰۶	۰/۱۶۶۹	۰/۲۵۸۴	۰/۳۳۴۱
۸	۰/۲۴۵۷	۰/۱۸۱۴	۰/۲۵۴۸	۰/۳۱۸۰
۹	۰/۳۱۵۵	۰/۱۱۸۷	۰/۱۷۲۱	۰/۳۹۳۷
۱۰	۰/۲۸۹۸	۰/۱۲۰۶	۰/۱۷۰۶	۰/۴۱۹۰
۱۱	۰/۴۰۶۴	۰/۱۷۶۵	۰/۱۴۷۶	۰/۲۶۹۵
۱۲	۰/۲۳۶۸	۰/۱۲۸۲	۰/۱۵۶۵	۰/۴۷۸۴
۱۳	۰/۳۲۳۹	۰/۱۴۱۳	۰/۱۶۹۰	۰/۳۶۵۸

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.12.2.6]

در پایان، بایستی توجه داشت که واحد شناسایی سیکل فازی شامل یک خوشه‌بندی فازی که براساس ۱۰ مشخصه برگزیده انجام می‌گیرد، می‌باشد. در این مرحله، یک مدل در نرم‌افزار متلب/سیمولینک برای استفاده از واحد شناسایی سیکل فازی ایجاد شده است. ورودی این مدل، اطلاعات سرعت هر سیکل رانندگی دلخواه است و خروجی آن، ضرایب عضویت سیکل مورد نظر در هریک از خوشه‌های استاندارد (سیکل‌های رانندگی مرجع) می‌باشد. توجه شود که مدل قابلیت شبیه‌سازی به صورت آنلاین را دارا می‌باشد. به این معنی که اطلاعات سیکل رانندگی به صورت لحظه‌ای دریافت و مقادیر عضویت نیز در هر لحظه تعیین می‌شوند. به‌عنوان نمونه، یکی از سیکل‌های رانندگی مرجع (که در طراحی واحد شناسایی سیکل به‌عنوان مرکز خوشه درنظر گرفته شده است)، به‌عنوان ورودی به مدل واحد شناسایی سیکل فازی داده شده است. خروجی مدل در این حالت که مقادیر ضرائب عضویت برای سیکل ورودی در هریک از چهار خوشه مورد نظر می‌باشد، در شکل ۴ نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که پس از ۱۰۰ ثانیه از سیکل رانندگی، ضریب عضویت برای خوشه مشابه برابر ۰/۶ شده است. این مقدار پس از ۲۵۰ ثانیه از سیکل رانندگی به ۰/۷ و در انتهای سیکل به عدد ۱ رسیده است. لازم به‌ذکر است که در اینجا واحد شناسایی سیکل رانندگی طراحی شده، مشخصات رانندگی مربوط به لحظات گذشته از سیکل ورودی را با مقادیر متناظر با یک سیکل کامل از سیکل‌های استاندارد مراکز خوشه مقایسه می‌کند. بنابراین پس از اتمام زمان یک سیکل کامل، ضریب عضویت به عدد ۱ می‌رسد.



شکل ۴ مقادیر ضرایب عضویت فازی متناظر با ۴ خوشه استاندارد ورودی واحد شناسایی سیکل، یکی از مراکز خوشه (سیکل لوکال) است.

۵- کاربرد واحد شناسایی سیکل فازی در طراحی استراتژی کنترل هوشمند خودروی هیبرید

هدف اصلی از طراحی یک واحد شناسایی سیکل فازی، طراحی یک استراتژی کنترل هوشمند برای خودروی هیبرید است که در تمامی انواع سیکل‌های رانندگی، مصرف سوخت مناسبی را برای خودرو به‌همراه داشته باشد. در استراتژی کنترل هوشمند [۱۷]، کنترلرهای بهینه متناظر با چهار سیکل رانندگی مرجع، با استفاده از روش‌های کنترل بهینه تعیین و در یک کتابخانه ذخیره شده‌اند. در هر لحظه از حرکت خودرو، درجات شباهت سیکل رانندگی موجود به هریک از سیکل‌های مرجع با استفاده از واحد شناسایی سیکل فازی (ارائه شده در مقاله حاضر) استخراج می‌شوند. همچنین خروجی‌های کنترلرهای بهینه متناسب با هر سیکل مرجع در هر لحظه با استفاده از مدل‌های موجود در کتابخانه تعیین می‌شود. در نهایت سیگنال فرمان کنترلی با ترکیب خطی وزن‌دار چهار سیگنال کنترلر بهینه بدست می‌آید (رابطهٔ (۴)) . در این ترکیب، درجات عضویت فازی همان وزن‌ها هستند.

$$T = \sum_{i=1}^{4} u_i T_i \qquad (۴)$$

با استفاده از ایدهٔ فوق، سیگنال فرمان کنترلی در یک خودروی هیبرید در هر لحظه با لحاظ نمودن نوع سیکل رانندگی و شرایط ترافیکی موجود تعیین خواهدشد. رویکرد ارائه شده در اینجا برای طراحی استراتژی کنترل هوشمند، توسط نویسندگان برای یک اتوبوس هیبرید هیدرولیک موازی به کار رفته است [۱۷].

۶- جمع‌بندی

در این مقاله، یک واحد شناسایی سیکل فازی طراحی شده است. هدف، تخصیص ضرایب شباهت برای هر سیکل رانندگی دلخواه نسبت به مجموعه‌ای از سیکل‌های رانندگی مرجع است. این ایده، با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی فازی انجام شده است. همچنین به‌منظور کاهش زمان انجام محاسبات، با استفاده از یک الگوریتم انتخاب مشخصه، زیر مجموعه‌ای شامل مشخصات رانندگی کافی برای دست‌یابی به کیفیت مناسب خوشه‌بندی فازی تعیین شده است. در پایان، واحد شناسایی سیکل فازی، به صورت یک مدل ارائه شده است که ورودی آن

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.12.2.6]

سیکل رانندگی دلخواه و خروجی آن، ضرایب شباهت به سیکل‌های رانندگی مرجع می‌باشد. نتایج مستخرج از مراحل طراحی واحد شناسایی و همچنین تست عملکرد آن، کیفیت بالای عملکرد واحد شناسایی سیکل فازی را نشان می‌دهد. قابل ذکر است که واحد شناسایی سیکل فازی ارائه شده در این مقاله، در طراحی یک استراتژی کنترل هوشمند برای سیستم قوای محرکه هیبرید به کار رفته است.

۷- تشکر و قدردانی

این مقاله با همکاری مرکز تحقیقات خودرو، سوخت و محیط‌زیست دانشگاه تهران انجام شده است.

۸- پیوست

در یک الگوریتم خوشه‌بندی فازی متعارف، تعداد خوشه‌های مرجع ثابت ولی مراکز آنها متغیر در نظر گرفته می‌شوند. در هربار تکرار الگوریتم، مراکز خوشه‌ها و بدنبال آن مقادیر درجات عضویت داده‌های آزمایش در هریک از خوشه‌ها به‌روز می‌شود تا درنهایت میزان خطای خوشه‌بندی مطلوب بدست آید [۱۲]. شکل ۵ روند خوشه‌بندی فازی متعارف را نشان می‌دهد. در یک الگوریتم خوشه‌بندی فازی متعارف، تابع هزینه به‌صورت رابطه (۵) بیان می‌شود.

$$J^q = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{m} u_{ij}^q . d(x_i,\theta_j) \qquad (۵)$$

که در آن u_{ij}، ضریب عضویت فازی را برای عضویت دادهٔ iام در خوشهٔ jام نشان می‌دهد. همچنین در این رابطه، $d(x_i,\theta_j)$ فاصلهٔ دادهٔ x_i از مرکز خوشهٔ θ_j را نشان می‌دهد. در اینجا فاصله با استفاده از رابطه (۶) بیان می‌شود.

$$d(x_i,\theta_j) = (x_i-\theta_j)^T.(x_i-\theta_j) \qquad (۶)$$

توجه شود که هر یک از دو متغیر x_i و θ_j، بردارهایی تک‌ستونی هستند که اعضای آنها مقادیر مشخصات رانندگی برای سیکل متناظر می‌باشند. در رابطهٔ (۵)، m برابر با تعداد خوشه‌های مرجع و n تعداد داده‌های آزمایش است. به‌علاوه، q به عنوان فازی‌ساز در رابطه به‌کار رفته است و عددی بزرگتر از یک می‌باشد. هرچه مقدار آن بزرگتر شود، ماهیت فازی الگوریتم افزایش می‌یابد.

- Choose $\theta_j(0)$ as initial estimates for $\theta_j, j = 1,\dots,m$.
- $t = 0$
- Repeat
  - For $i = 1$ *to* N
    - For $j = 1$ *to* m
      - $u_{ij}(t) = \dfrac{1}{\sum_{k=1}^{m}\left(\frac{d(x_i,\theta_j(t))}{d(x_i,\theta_k(t))}\right)^{\frac{1}{q-1}}}$
    - End {For-*j*}
  - End {For –*i*}
  - $t = t + 1$
  - For $j = 1$ to m
    - Parameter updating : Solve

$$\sum_{i=1}^{N} u_{ij}^q(t-1)\frac{\partial d(x_i,\theta_j)}{\partial\theta_j} = 0$$

With respect to θ_j and set $\theta_j(t)$ equal to this solution.

  - End {For –j}
- Until a termination criterion is met.

شکل ۵ الگوریتم خوشه‌بندی فازی [۱۲]

۹- مراجع

[1] Ehsani, M., Gao, Y. and Emadi, A., *Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory and Design,* CRC Press, 2009.

[2] Rajaei Salmasi, F., "Control Strategies for Hybrid Electric Vehicles: Evolution, Classification, Comparison and Future Trend", *IEEE Transaction on Vehicular Technology,* Vol. 56, No. 5, September 2007, pp. 2393-2404.

[3] Dosthosseini, R., Kouzani, A. and Sheikholeslam, F., "Direct Method for Optimal Power Management in Hybrid Electric Vehicles", *International Journal of Automotive Technology,* Vol. 12, No. 6, 2011, pp. 943-950.

[4] Won, J. S., *Intelligent Energy Management Agent for a Parallel Hybrid Vehicle,* PhD, Texas, Texas A&M University, 2003.

[5] Murphy, Y. L., Chen, Z. H., Kiliaris, L., Park, J., Kuang, M., Masrur, A. and Philips, A., "Neural Learning of Driving Environment Prediction for Vehicle Power Management", *International Joint Conference on Neural Networks,* 2008.

[6] Abdollahi, A. D., Nikravesh, S. K. and Menhaj, M. B., "An Intelligent Control Strategy in a Parallel Hybrid Vehicle", *Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers,* Vol. 4, No. 2, Fall and Winter 2007, pp. 43-52.

[7] Tian, Y., Zhang, X., Zhang, L. and Zhang, X., "Intelligent Energy Management Based on Driving Cycle Identification Using Fuzzy Neural Network", *Second International Symposium on Computational Intelligence and Design,* 2009.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.12.2.6]

[8] Huang, X., Tan, Y. and He, X., "An Intelligent Multi Feature Statistical Approach for the Discrimination of Driving Conditions for a Hybrid Electric Vehicle", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems,* 2010.
[9] Fotouhi A., *Application of traffic and driving information in intelligent control of an electric hybrid vehicle,* PhD Thesis, Department of Mechanical Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, 2011. (In Persian)
[10] Safaei, A., Esfahanian, V., Ha'iri-Yazdi, M. R., Esfahanian, M., Masih-Tehrani, M. and Nehzati, H., "Optimized Control Strategy Based on the Driving Cycle Type for a Hydraulic Hybrid Bus", *Proceedings of the ASME 11th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis (ESDA2012), Nantes, France, 2012.*
[11] Pudil, P., Novovicova, J. and Kittler, J., "Floating Search Methods in Feature Selection", *Pattern Recognition Letters,* Vol. 15, 1994, pp. 1119-1125.
[12] Theodoridis, S. and Koutroumbas, K, *Pattern Recognition,* Elsevier (USA), 2006.
[13] Carlson, T. R. and Austin, R. C., "Development of Speed Correction Cycles", *Sierra Research Inc.,* Sacramento, California, Report SR97-04-01, 1997.
[14] Erricson, E., "Independent Driving Pattern Factors and their Influence on Fuel-Use and Exhaust Emission Factors", *Transp. Res., Part D,* Vol. 6, No. 5, 2001, pp. 325-341.
[15] Montazeri-GH, M. and Fotouhi, A., "Driving Pattern Clustering based on Driving Feature Analysis", *Proceedings of IMechE, Part C: Mechanical Engineering Science,* Vol.225, 2010, pp. 1301-1317.
[16] Langari, R. and Won, J. S., "Intelligent Energy Management Agent for a Parallel Hybrid Vehicle – Part I: System Architecture and Design of the Driving Situation Identification Process", *IEEE Transactions on Vehicular Technology,* Vol. 54, No. 3, 2005, pp. 925-934.
[17] Safaei A., *Modeling and designing of intelligent control strategy for a parallel hydraulic hybrid bus,* MSc Thesis, Department of Mechanical Engineering, University of Tehran, Tehran, 2012. (In Persian)

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1392.13.12.2.6]