



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

ترکیب برنامه ریزی مسیر محلی و کنترل مسیر یابی برای وسایل نقلیه خودکار

در امتداد یک مسیر مرجع

چکیده

در این مقاله، ما یک طرح کنترل و برنامه ریزی مسیر محلی ترکیبی را برای هدایت وسایل نقلیه خودکار زمینی در امتداد یک مسیر مرجع با اجتناب از موانع استاتیک توسعه می دهیم. به جای استفاده از کنترل گر های بازخورد مبتنی بر مسیر سنتی برای هدایت خودرو ها به طرف مسیر مرجع، ما مسیر را به دو زیر وظیفه تجزیه می کنیم. اول، برای دنبال کردن مسیر مرجع با حرکات آرام و اجتناب از موانع، از برنامه ریز مسیر پیش بین مبتنی بر مدل استفاده می کنیم که اطلاعات هندسی مسیر مطلوب، محدودیت های سینماتیک و محدودیت های دینامیک جزئی را در هر سیکل برنامه ریزی را در نظر می گیرد. سپس، مسیر تولید شده به کنترل گر پیش مسیر تغذیه می شود. ما با اتکا به ویژگی های هدایت گر حالت پایدار وسایل نقلیه، یک کنترل گر مدل داخلی را برای مسیر یابی مسیر مطلوب توسعه داده ایم و اثرات منفی ناشی از عدم قطعیت مدل و اختلالات خارجی را رد می کنیم. نتایج شبیه سازی امکان استفاده از الگوریتم پیشنهادی را برای دنبال کردن مسیر مرجع ضمن اجتناب از موانع ساکن در سرعت بالا می دهد.

1- مقدمه

سه دهه گذشته شاهد پیشرفت سریع در زمینه تحقیقاتی رانندگی خودکار بوده است که توجهات تحقیقاتی زیادی را از هر دو دانشگاه و صنعت به خود جلب کرده است. در طی رقابت های AVG مشهور، چالش بزرگ دارپا و چالش شهری دارپا، وسایل نقلیه خودکار مستقل نشان دهنده پتانسیل بالای آن ها برای بهبود ایمنی رانندگی، کارایی و راحتی در هر دو محیط های درون جاده ای و برون جاده ای می باشد. این رقابت ها پیشرفت های معنی داری را در فناوری رانندگی خود کار و توجه زیادی را در زمینه تحقیقاتی AVG نشان داده اند. اخیراً، توابع کنترل خودکار جزئی در سیستم مقاوم به راننده به کار برده شده اند و چندین شرکت اتومبیل سازی طرح های تحقیقاتی خود را برای تولید ماشین های خودکار آینده ارائه کرده اند. با این وجود، چالش های زیادی برای

توسعه خودرو های تمام اتوماتیک و مطمئن برای مدیریت شرایط واقع گرایانه مختلف در دنیای واقعی وجود داشته است.

توسعه و کاربرد AVG مستلزم تلفیق و ترکیب فناوری های پیشرفته از ادراک، مکان یابی تا هدایت و کنترل است. به عنوان مدول های مرکزی، هر دو برنامه ریزان حرکت محلی و نیز کنترل گر های مسیر یابی نقش مهمی در تضمین ایمنی و بهبود راحتی رانندگی ایفا می کنند.

به منظور پایش دقیق و صحیح مسیر مرجع، بسیاری از محققان قوانین کنترل بازخورد مبتنی بر لیاپانوف را با در نظر گرفتن سینماتیک و دینامیک خودرو نظیر کنترل مدل اسلایدینگ، کنترل پسگام و غیره توسعه داده اند. برای سازگاری با شرایط زمینی مختلف و سرعت بالا و نیز بهبود صحت و اطمینان کنترل، برخی از محققان به بررسی و کشف راهبرد های کنترلی چند لایه ای و نیز کمینه سازی خطا های جانبی در حلقه خارجی و تثبیت حرکات انحرافی از طریق اقدامات کنترلی در حلقه داخلی پرداخته اند. برای رد عدم قطعیت مدل و آشفتگی های خارجی، اثرات اینرسی و زوایای سر خوردن تاثیر در نظر گرفته می شوند. با این حال، بیشتر این کنترل گر ها، مسئله کنترل مسیر را در مسئله تنظیم قرار می دهد که عمدتاً مربوط به اطلاعات خطای فعلی برای تولید اقدامات کنترل فوری به جای توالی عملیات کنترل بهینه و نیمه بهینه در افق محدود می باشد. از این روی، این می تواند منجر به عملیات هدایت ناگهانی زمان انحراف خودرو ها از مسیر مرجع و یا هدایت خودرو در یگ پیچ باریک شود. برخی از محققان از رویکرد های کنترل ساختار متغیر و زمان بندی بهره برای اجتناب از اقدامات کنترلی ناگهانی برای دست یابی به حرکات دقیق به قیمت کاهش حتم مسیر یابی و یا سرعت همگرای خطا بهره می برند. بر اساس مقایسه طیف وسیعی از کنترل گر های مسیر یابی، (7) به این نتیجه رسیده است که عملکرد کنترل مسیر یابی به شدت به پویایی خودرو ها و نیز همواری مسیر مرجع بستگی دارد. ضرورتاً، بیشتر این کنترل گر های مبتنی بر دینامیک و سینماتیک بر حذف خطا ها به جای ذی نفع شدن از اطلاعات پیش بینی به منظور بهینه سازی یک توالی از اقدامات کنترلی و مسیر مربوطه تاکید دارد و این وسایل نقلیه را از وضعیت فعلی به سمت وضعیت های نمونه برداری همراه با مسیر مرجع تنظیم می کند.

تعداد زیادی از تحقیقات در خصوص رویکرد های کنترلی و برنامه ریزی ترکیبی برای AGV با استفاده از روش های بهینه سازی وجود دارد. یکی از جذاب ترین روش ها، کنترل پیش بین مدل می باشد که قادر به فرموله

سازی مسئله هدایت خودرو به یک مسئله کنترل بهینه سازی محدود افق محدود است. روش MPC از مدل دینامیک یا سینماتیک خودرو برای پیش بینی تغییرات حالت آینده بر اساس حالت های اندازه گیری شده فعلی استفاده می کند. در هر سیکل کنترلی، یک توالی از اقدامات کنترلی تولید می شود که از این روی توابع هدف خاص را در چارچوب افق محدود کمینه سازی کرده و از این روی محدودیت های کنترل را برآورد می کند. سپس اولین اقدام کنترلی توسط یک محرک سطح پایین صادر می شود. این فرایند در مراحل زمانی بعدی تکرار شده است. طرح MPC توانایی رسیدگی به محدودیت های کنترل و وضعیت سیستم را دارد. با این حال فرض می شود که مسیر مرجع و سرعت در افق محدود کوتاه مدت در هر زمان ثابت است. وقتی که خودرو ها در محیط های پویای درون جاده ای و برون جاده ای حرکت می کنند به دلیل وجود خطا های مکان یابی و موانع غیر منتظره، فرض عاری از برخورد مسیر مرجع می تواند غیر عملی باشد. حل مسئله بهینه سازی از طریق طرح MPC می تواند شامل محدودیت های غیر محدب در زمان در نظر گرفتن موانع باشد. در این رابطه، منابع محاسباتی محدود به یک مانعی تبدیل شده اند که مانع از تولید مسیر ممکن در زمان واقعی و عاری از برخورد می شود.

برای اجتناب از مانع و دست یابی به حرکات ایمن، برنامه ریز های مسیر کارآمد محلی بین مسیر مرجع و کنترل گر مسیر بر اساس چارچوب سلسله مراتبی تبعیت می کند. برای تولید یک مسیر انحرافی پیوسته و نیز مسیر عاری از برخورد طولانی در زمان واقعی، برنامه ریز باید مسیر مرجع و اطلاعات محیطی اطراف را از سیستم مفهومی و نیز محدودیت ها و مدل سیستم را در نظر بگیرد. برنامه ریزی مسیر محلی، یک تابع ایجاد پل را بین کنترل مسیر یابی سطح پایین و برنامه ریزی مسیر مرجع تولید می کند. به علاوه، وسیله نقلیه می تواند محیط های دیتامیک را به طور واکنشی مدیریت کند. به علاوه، ورودی های کنترل متناظر مسیر برنامه ریزی شده را می توان به عنوان دستورات کنترل پس خور با کنترل گر مسیر یابی سطح پایین در نظر گرفته و این به کنترل گر بازخورد امکان تاگید بر عدم قطعیت های مدل را خواهد داد.

به منظور حل مسئله تولید مسیر محلی، چندین رویکرد برنامه ریزی حرکتی مبتنی بر نمونه برداری مطالعه شده است. بیشتر آن ها از یک طرح بهینه سازی گسسته بهره می برند. به طور ویژه مجموعه ای از کاندید های مسیر یابی از طریق شبیه سازی پیش خور بر اساس مدل سیستم تولید می شوند. سپس بهترین مسیر بر اساس

تابع هدف انتخاب می شود. این طرح برنامه ریزی حرکت مبتنی بر نمونه برداری را می توان به دو مقوله طبقه بندی کرد که یکی طرح برنامه ریزی حرکت مبتنی بر نمونه برداری فضای کنترل و دیگری روش طرح برنامه ریزی حرکت مبتنی بر نمونه برداری فضای حالت است (11).

طرح برنامه ریزی حرکت مبتنی بر نمونه بردار اولیه، فضای ورودی کنترل را برای تولید مجموعه ای از کاندید های مسیر از طریق انتگراسیون پیش خور عددی معادلات دیفرانسیل تفکیک می کند که بر سینماتیک یا دینامیک خودرو تاکید دارد. از این روی، کاندید های مسیر تولید شده کاملاً قابل رانندگی هستند. به دلیل کارایی محاسباتی و سهولت، این طرح برای اهداف هدایت محلی به خصوص برای یافتن مسیر عاری از تصادم در محیط با محدودیت کم تر استفاده شده است. بر اساس ماهیت متقارن سیستم مکانیکی، برخی از محققان تولید یک کتاب خانه افلاین حرکتی در یک محیط مختصاتی هماهنگ کرده و آن ها را به صورت انلاین از طریق رتبه بندی و ترجمه استفاده می کنند. با این حال، چون اصول اولیه حرکتی با فضای ورودی کنترل تولید می شوند آن ها را نمی توان به خوبی از هم تفکیک کرد. تعداد زیادی از منابع محاسباتی صرف فرایند ارزیابی و تست تصادم می شوند.

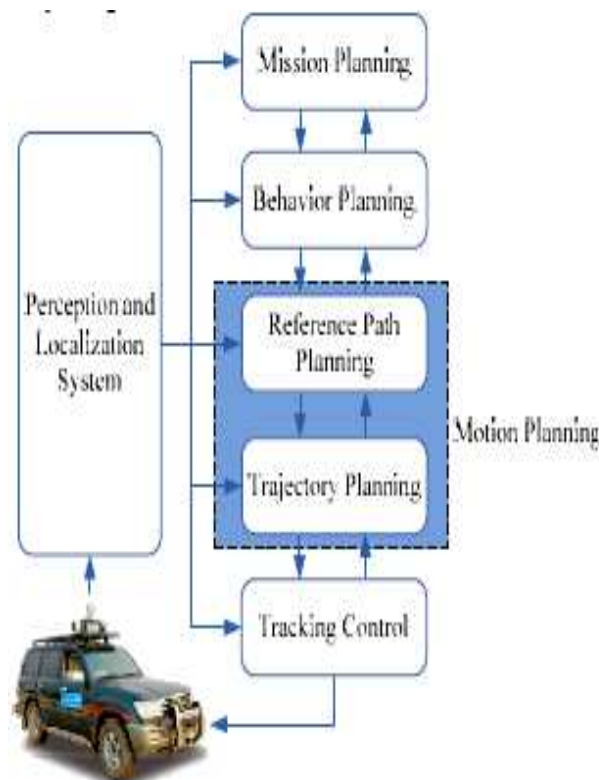
بر عکس، به جای نمونه برداری از ورودی های کنترل گسسته، نمونه برداری طرح برنامه ریزی حرکتی مبتنی بر نمونه برداری فضای حالت از حالت های پایانی با استفاده از اطلاعات محیط ها و مسیر ها استفاده می کند. این نه تنها محدود کننده های موقعیت را در نظر می گیرد بلکه محدود کننده های حالت انحنا و پیچ را نیز با مسیر مرجع در نظر می گیرد. چندین رویکرد برای تولید مسیر ها پیشنهاد شده اند که وضعیت فعلی یا حالت فعلی را با حالت های نهایی همسو با مسیر مرجع ارتباط برقرار می کند. بر اساس منحنی های بزیر مکعبی، یک الگوریتم هموار سازی مسیر تحلیلی و کارآمد برای تولید مسیر انحنای پیوسته توسعه داده اند و از این روی محدودیت انحنای کران بالا را در نظر می گیرد.

در خصوص مسیر مرجع به عنوان یک معیار، (18) یک روش هندسی را برای تولید کاندید های مسیر مختلف ارائه کرده اند. معیار اصلی برای هموار سازی کافی جهت اطمینان از همواری کاندید ها لازم است. به جای استفاده از روش های هندسی، 19 و 20 از برنامه ریزان مسیر عددی برای قوانین کنترل حلقه بسته و سیستم، محدودیت های کنترل و حالت را صرف نظر از همواری معیار استفاده کرده اند. به این ترتیب یک طرح تولید

مسیر پیش بینی ارایه شد که مسئله تولید مسیر محلی را به مسئله مقدار مرزی دو نقطه ای تحت محدودیت های دینامیک وسایل نقلیه با وفاداری بالا تبدیل می کند. به دلیل استفاده از روش حل عددی، درجه بالایی از کارایی و عمومیت وجود دارد. کنترل گر سطح پایین از راهبرد کنترل حلقه باز برای کنترل مسیر یابی استفاده می کند.

2-چارچوب کلی

معماری سیستم برای خودرو های خودکار زمینی در شکل 1 نشان داده شده است. سیستم پایش و مکان یابی بدست آمده از سنسور های آنبورد می تواند اطلاعات محیطی را از اطراف وسایل نقلیه با موقعیت وسایل نقلیه و اطلاعات ارایه کند. برنامه ریزی ماموریت سطح بالا با یک وظیفه تخصیص داده شده تصمیم گیری می شود. چون برنامه ریزان محلی در مورد شرایط جاده استدلال می کند، مقررات کنترل و سایر قوانین برای صدور رفتار های ایمن به برنامه ریزان حرکتی استفاده می شود. اگرچه سطح برنامه ریزی حرکتی متشکل از برنامه ریزی مسیر مرجع و برنامه ریزی مسیر است، در این جا کنترل گر مسیر یابی سطح پایین اشاره به مسیر تولید شده دارد.



شکل 1: چارچوب سلیله مراتبی باری AGV

تصور می شود که مسیر مرجع ناهموار به صورت اطلاعات قبلی مشخص است. این فرضیه به این دلیل عملی است که مسیر جهانی می تواند یک برنامه ریزی پیشرفته آنلاین یا افلاین نظیر الگوریتم جست و جوی گراف، برنامه ریزی حرکتی مبتنی بر نمونه برداری تصادفی نیست و از محیط ساختاری نظیر لاین های جاده ای استخراج می کند. در عین حال نیازی به مسیر مرجع نیست. در این مقاله، ما یک طرح کنترل و برنامه ریزی مسیر محلی ترکیبی را برای هدایت وسایل نقلیه خودکار زمینی در امتداد یک مسیر مرجع با اجتناب از موانع استاتیک توسعه می دهیم. به جای استفاده از کنترل گر های بازخورد مبتنی بر مسیر سنتی برای هدایت خودرو ها به طرف مسیر مرجع، ما مسیر را به دو زیر وظیفه تجزیه می کنیم. اول، برای دنبال کردن مسیر مرجع با حرکات آرام و اجتناب از موانع، از برنامه ریز مسیر پیش بین مبتنی بر مدل استفاده می کنیم که اطلاعات هندسی مسیر مطلوب، محدودیت های سینماتیک و محدودیت های دینامیک جزئی را در هر سیکل برنامه ریزی را در نظر می گیرد. سپس، مسیر تولید شده به کنترل گر پایش مسیر تغذیه می شود. ما با اتکا به ویژگی های هدایت گر حالت پایدار وسایل نقلیه، یک کنترل گر مدل داخلی را برای مسیر یابی مسیر مطلوب توسعه داده ایم و اثرات منفی ناشی از عدم قطعیت مدل و اختلالات خارجی را رد می کنیم. نتایج شبیه سازی امکان استفاده از الگوریتم پیشنهادی را برای دنبال کردن مسیر مرجع ضمن اجتناب از موانع ساکن در سرعت بالا می دهد.

3- برنامه ریزی مسیر

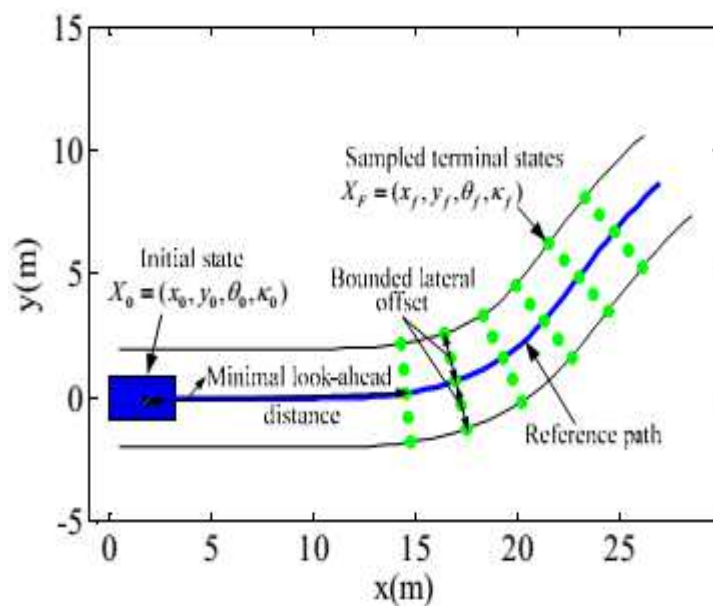
برای تولید مسیر محلی، ما یک الگوریتم برنامه ریزی مسیر مبتنی بر نمونه برداری فضای حالت را بعد از ایده ارایه شده در 21 از طریق طرح بهینه سازی گسسته توسعه می دهیم. در هر سیکل برنامه ریزی، یک مجموعه از کاندید ها با مسیر مرجع ایجاد می شوند. بر اساس تابع هدف، بهترین مسیر انتخاب شده و برای مسیر یابی سطح پایین صادر می شود.

الف: نمونه برداری حالت های پایانی بر اساس مسیر مرجع

از طریق مشاهده رفتار های رانندگان درون جاده ای می توان گفت که راننده ها خودرو های خود را در امتداد لاین جاده هدایت می کنند تا این که زمان و انرژی خود را به حداقل برسانند. از این حیث به جای استفاده از چارچوب مختصات خطی ما از چارچوب مختصات خطی متکی به مسیر مرجع برای بیان مسیر مرجع استفاده

می‌کنیم. برای رفع محدودیت‌های ناشی از شکل هندسی جاده، حالت‌های پایانی نمونه برداری شدند. به علاوه، طرح نمونه برداری اریب موجب کاهش پیچیدگی محاسباتی شده و موجب پیش‌گیری از ورود ماشین به حالت‌های خطرناک می‌شود.

به منظور اجتناب از اقدامات کنترلی و هدایت ناکهانی و اطمینان از پیوستگی خطی مسیر تولید شده، ما از مدل حالت فضای چهار بعدی استفاده می‌کنیم. به منظور دست‌یابی به مسیر هموار و عاری از برخورد، حالت‌های نهایی برای نمونه برداری در فضای حالت با وضوح بالا نیاز می‌باشند. با این حال به دلیل منابع محاسباتی محدود، باید تراکم و دامنه نمونه برداری محدود شود. از این روی ما از راهبرد نمونه برداری با انتشار پایین در شکل 2 استفاده می‌کنیم. ما سپس محدودیت‌ها و کران‌های جانبی را لحاظ می‌کنیم. تراکم و دامنه نمونه برداری را می‌توان بر منابع محیطی و محاسباتی تنظیم و تعدیل کرد.



شکل 2: حالت‌های پایانی به طور یکتواخت در امتداد مسیر مرجع نمونه برداری می‌شوند

همان‌طور که در شکل 2 نشان داده شده است، مجموعه‌ای از حالت‌های پایانی $X_F(x_f, y_f, \theta_f, \kappa_f)$ به طور یکتواخت در جهت طولی و عرضی در امتداد مسیر مرجع نمونه برداری می‌شوند. مطابق با مسیر مرجع، حالت‌های پایانی نمونه برداری مشابه با نزدیک‌ترین نقطه نمونه برداری شده در مسیر است. برای سادگی، مسیر اصلی در چارچوب مختصات محلی مدل‌سازی می‌شود از این روی حالت‌های فعلی به (Ka000) از طریق چرخش و

تبدیل تغییر می یابد. با در نظر گرفتن انحنای اولیه در هر سیکل برنامه ریزی، هموار بودن اقدامات هدایتی بایدب بهبود یابد.

ب: تولید مسیر پیش بین مدل

مدل دینامیک را می توان برای پیش بینی جالت های تکامل و تغییرات وسایل نقلیه موتوری استفاده کرد. با این حال، این اشاره به پارامتر های متغیر زمانی، و روش های شناسایی انلاپن ب رای برآورد دقیق این پارامتر ها در زمان واقعی دارد. تغییرات پارانتر ناشی از اثرات متقابل بین زمین و تایر را به سختی می توان پیش بینی کرد. در عوض ما از مدل سینماتیک برای پیش بینی تکامل و تغییرات حالت آینده سیستم بهره می بریم. اثرات دینامیک نظیر زوایای لغزشی و دینامیک محرک را می توان برای بهبود صخت پیش بینی در نظر گرفت

$$\dot{x}(t) = v \cos(t), \dot{y}(t) = v \sin(t), \dot{\theta}(t) = v\kappa, \kappa = u(t) \quad (1)$$

از این روی مسیر را می توان به صورت تابع مقدار دهی شده بردار زمان t تعریف کرد. با این حال، مسیر می تواند با مسیر مکانی و نیز سرعت تلفیق شود. محدودیت های سرعت بر روی مسیر وارد می شود. از طریق تلفیق زمانف حالت ها مدلی از تابع طول قوس به جای زمان هستند.

$$x(s) = \int_0^{s_f} \cos(\theta(s)) ds, \quad y(s) = \int_0^{s_f} \sin(\theta(s)) ds \quad (2)$$

$$\theta(s) = \int_0^{s_f} \kappa(s) ds, \quad \kappa(s) = u(s)$$

به این ترتیب، برنامه ریزی مسیر را می توان به برنامه ریزی مسیر هندسی و برنامه ریزی سرعت طولی تجزیه کرد. مدل وسیله نقلیه وابسته به زمان به مدل وابسته مکانی تبدیل می شود که امکان تعیین سرعت را می دهد. به این ترتیب وظیفه تولید مسیر به دو زیر وظیفه تجزیه می شود. تولید مسیر هندسی و برنامه ریزی سرعت. حل مسئله تولید مسیر مستلزم محاسبه یک مسیر هندسی است که مطابق با محدودیت های مرزی حالت پایانی نمونه برداری شده و جاری است. به دلیل معادلات دیفرانسیل غیر خطی، حل مسئله محدود غیر خطی با استفاده ز روش های برنامه نویسی غیر خطی در فضای کنترل پیوسته غیر بدیهی است. به منظور حل پذیری مسئله، ایده 21 را دنبال کرده و فضای حالت را پارامتر سازی کرده و مسئله تولید مسیر را به مسئله مقدار مرزی

دو نقطه ای فرموله می کنیم. به طور دقیق تر، فضای ورودی حالت با استفاده از مدل چند جمله ای مارپیچی پارامتر بندی می کنیم. اگرچه این موجب کاهش فضای ورودی کنترل می شود با این حال موجب بیان مانور های پیچیده و محدود شدن پارامتر های ناشناخته می شود. از این روی مسیر های تولید شده به صورت مارپیچ های چند جمله ای خواهند بود.

$$\kappa(s) = \kappa_0 + \kappa_1 s + \kappa_2 s^2 + \kappa_3 s^3 \quad (3)$$

به این ترتیب، bvp به پارامتر های کنترل $P = [\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3, s_f]^T$ می انجامد.

ما از روش بهینه سازی غیر خطی عددی کارامد استفاده می کنیم و روش نیوتون در (21) برای حل BVP توصیف شده است. ماتریس پارامتر کنترل P از طریق روش نیوتون حل می شود. برای هر BVP روش تکراری به خطای حالت نهایی $\Delta X_F(P)$ منتهی می شود. به منظور دست یابی به یک حدس نهایی برای کاربرد آنلاین و کاهش تعداد تکرار ها، ما از جدول اکوپ پیش محاسباتی شده با نمونه برداری متراکم در فضای حالت با وضوح بالا استفاده می کنیم

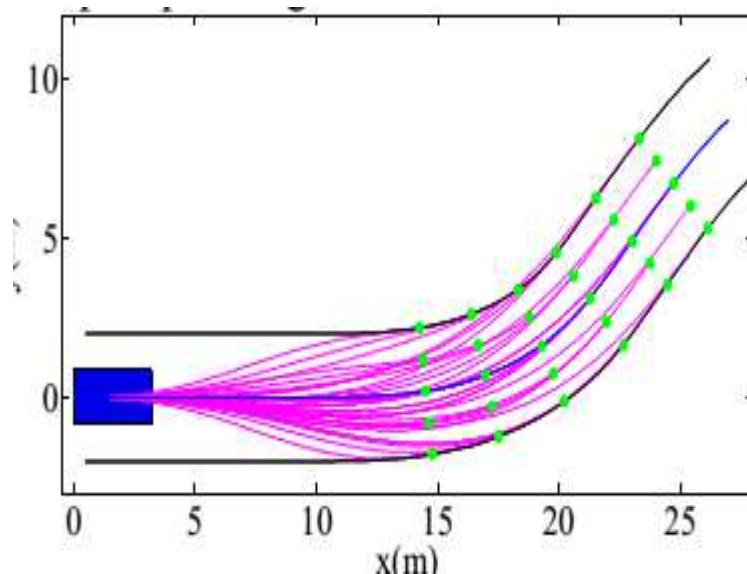
$$\begin{aligned} \Delta X(P(k)) &= X_{FS} - X_F(P(k)) \\ \frac{\partial \Delta X(P)}{\partial P} \Big|_{P(k)} \Delta P &= (\Delta X(P(k))) \\ P(k+1) &= P(k) + \Delta P \end{aligned}$$

ما از آشفتگی های کوچک برای محاسبه ماتریس مشتقات جزئی درجه اول تابع ارزش گذاری بردار استفاده می کنیم.

در طی مرحله تولید مسیر برای کاهش اثرات و کاهش تلاش های کنترل برای کنترل تثبیت حرکت انحرافی محدودیت های شتاب جانبی را در نظر می گیریم به این ترتیب، به طور کارامد زوایای لغزشی محدود شده و نیزوی تایر های خودرو به منطقه اشباع غیر خطی وارد نمی شود. به علاوه این به طور معنی داری منجر به بهبود ثبات و تولید مسیر های ایمن تر و راحت تر کمک می کند ولی به قیمت کاهش فضای راه حل این حادث می شود

$$|u(s)| \leq \kappa_{\max}, \quad \kappa_{\max} = f(v, \mu) \quad (5)$$

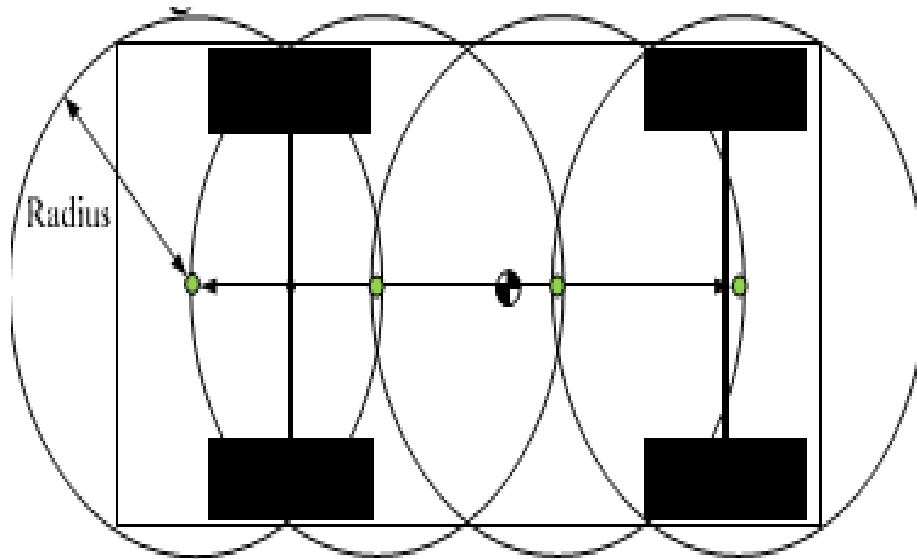
چون مدل سینماتیک خودرو به طور صریح در نظر گرفته می شود، همه کاندید های مسیر تولید شده از نظر سینماتیک عملی هستند. اگرچه تایید می شود که برنامه ریز مسیر پیش بین مدل نیز محدودیت هایی دارد. به دلیل حالت های پایانی نمونه برداری نهایی و بیان شدن ماریج مکعب، امکان تضمین راه حل عملی و عاری از برخورد وجود ندارد. (23) یک روش تولید مسیر پیچیده تر را بر اساس فضای مکانی زمانی با سناریو های چالش بر انگیز تر به قیمت کارایی محاسباتی ارابه کردند.



شکل 3: نتایج تولید مسیر

ج: کنترل و ارزیابی برخورد

به منظور انتخاب بهترین مسیر در میان کاندید های مسیر، ما می توانیم تابع هدف تعیین شده را برای معیار بهینه سازی طراحی کنیم. ابتدا، کنترل مسیر بر اساس میزان موانع تعیین می شود. چون شکل مسیر اغلب به صورت مستطیلی است، نمی توان آن را به صورت یک نقطه وزنی در نظر گرفت. ما به روش پیشنهادی کارآمد اشاره داریم. همان طور که در شکل 4 نشان داده شده است، چندین دایره برای نشان دادن پوشش شکل خودرو استفاده می شوند. به منظور اطمینان از اجتناب از برخورد فاصله بین موانع و مرکز این دایره باید بزرگ تر از شعاع باشند.



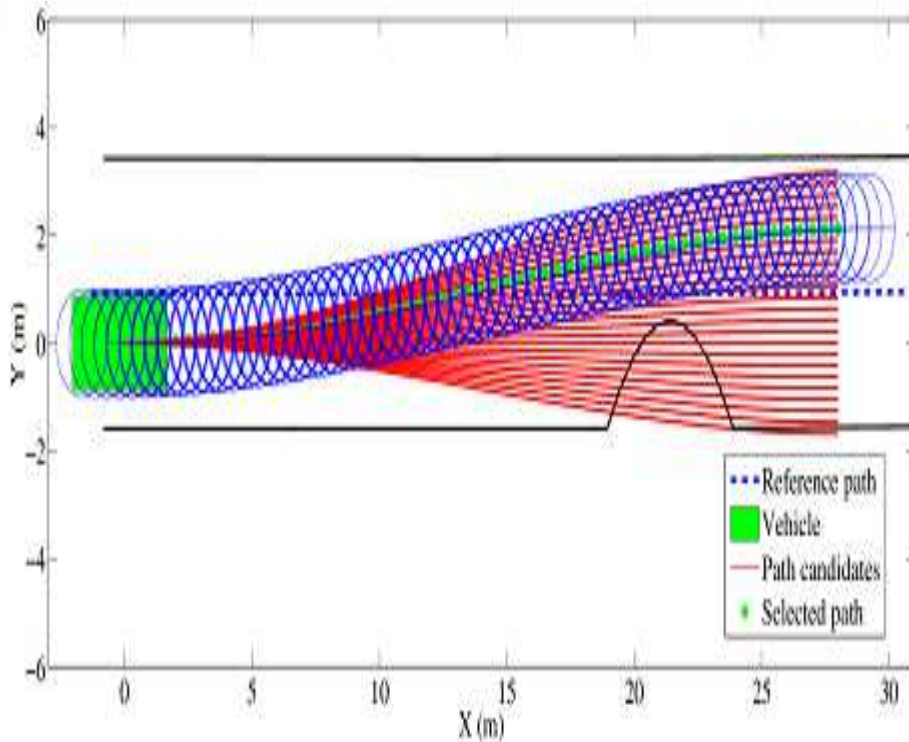
شکل 4: تجزیه دایره ای شکل خودرو

سپس، کاندید های مسیر عاری از برخورد باقی مانده از طریق تابع هدف تعیین شده توسط کاربر ارزیابی می شوند. از این روی ما تابع هدف متشکل از 5 عبارت هزینه ای وزنی را طراحی می کنیم. که به صورت نزدیکی مانع از انحراف از مسیر مرجع، همواری جاده هدف فاصله دید و پیوستگی بعدی است. هر عبارت هزینه به صورت یک فاکتور وزنی است که به ترتیب $\omega_c, \omega_p, \omega_s, \omega_d, \omega_o$ است. با این حال، بیشتر این کنترل گر ها، مسئله کنترل مسیر را در مسئله تنظیم قرار می دهد که عمدتاً مربوط به اطلاعات خطای فعلی برای تولید اقدامات کنترل فوری به جای توالی عملیات کنترل بهینه و نیمه بهینه در افق محدود می باشد. از این روی، این می تواند منجر به عملیات هدایت ناگهانی زمان انحراف خودرو ها از مسیر مرجع و یا هدایت خودرو در یگ پیچ باریک شود. برخی از محققان از رویکرد های کنترل ساختار متغیر و زمان بندی بهره برای اجتناب از اقدامات کنترلی ناگهانی برای دست یابی به حرکات دقیق به قیمت کاهش حتم مسیر یابی و یا سرعت همگرای خطا بهره می برند. بر اساس مقایسه طیف وسیعی از کنترل گر های مسیر یابی، (7) به این نتیجه رسیده است که عملکرد کنترل مسیر یابی به شدت به پویایی خودرو ها و نیز همواری مسیر مرجع بستگی دارد. ضرورتاً، بیشتر این کنترل گر های مبتنی بر دینامیک و سینماتیک بر حذف خطا ها به جای ذی نفع شدن از اطلاعات پیش بینی به منظور بهینه سازی یک توالی از اقدامات کنترلی و مسیر مربوطه تاکید دارد و این وسایل نقلیه را از وضعیت فعلی به سمت وضعیت های نمونه برداری همراه با مسیر مرجع تنظیم می کند.

به طور دقیق تر J_0 نشان دهنده نزدیکی به موانع جاده است. برای مثال در محیط های غیر جاده ای، نقشه هزینه C_0 را می توان در شروع سیکل برنامه ریزی بسته به اطلاعات ادراکی محاسبه کرد. هر سلول نقشه شبکه یک مقدار هزینه تعیین شده را دارد. از این روی J_0 را می توان از طریق جمع هزینه سلول ها بدست آورد. که در آن $(i=1, \dots, N)$ نشان دهنده مسیر تولید شده است. عبارت هزینه J_d توصیف کننده فاصله انحرافی از مسیر تولید شده از مسیر مرجع می باشد. به منظور بهبود یکنواختی و همواری مسیرف معیار همواری با ترکیب انحنای مسیر بدست می آید. به علاوه میزان هزینه منعکس کننده برری مسیر های طولانی تر است. همان طور که در معادله 6 نشان داده شده است، L_{\max} یک فاصله ماکزیمم است و L طول قوس در امتداد مسیر مرجع است. در طی فرایند برنامه ریزی مجدد اختلاف برنامه های متوالی منجر به نوساناتی می شود. به منظور کمینه سازی نا پیوستگی، تفاوت بین مسیر ارزیابی شده فعلی و مسیر برنامه ریزی قبلی باید در نظر گرفته شود. هزینه J_C با انتگرال گیری از فاصله اقلیدسی بین آن ها در امتداد مسیر مرجع محاسبه می شود. با در نظر گرفتن این عبارت ها، معیار بهینه سازی را می توان به صورت زیر تعریف کرد:

$$\begin{aligned} & \arg \min_{i=1, \dots, N} \{ \omega_o J_o(\tau_i) + \omega_d J_d(\tau_i) + \omega_s J_s(\tau_i) + \omega_p J_p(\tau_i) + \omega_c J_c(\tau_i) \} \\ & = \left\{ \frac{\omega_o}{s_f} \int_0^{s_f} C_o(\tau_i(s)) ds + \frac{\omega_d}{s_f} \int_0^{s_f} \frac{|D(\tau_i(s))|}{D_{\max}} ds + \right. \\ & \left. \frac{\omega_s}{s_f} \int_0^{s_f} \left| \frac{\kappa(\tau_i(s))}{K_{\max}} \right| ds + \omega_p \frac{L_{\max} - l(\tau_i)}{L_{\max}} + \frac{\omega_c}{s_f} \int_0^{s_f} \frac{d(\tau_i(s))}{d_{\max}} ds \right\} \end{aligned} \quad (6)$$

عملا، فاکتور های وزنی را می توان به طور انعطاف پذیری بر اساس شرایط رانندگی تعدیل کرد. همان طور که رد شکل 5 نشان داده شده استف مسیر بهینه از کاندید های مسیر انتخاب شده و توسط کنترل گر سطح پایین پایش می شود.



شکل 5: ارزیابی کاندید های مسیر

د: برنامه ریزی پروفیل سرعت.

حالت های مسیر (x, y, θ, κ) را می توان به صورت تابعی از نقاط منحنی خطی مدل سازی کرد که به صورت انتگرال سرعت با توجه به زمان تعیین می شود. برای بهبود عملکرد کنترل مسیر یابی، حالت سرعت باید تعیین شود. لذا پروفیل سرعت بعد از تولید مسیر مکانی طراحی می شود. برای سادگی بیشتر، ما مسیر مکانی را در امتداد محور افقی تفکیک می کنیم. به منظور بهبود ایمنی و راحتی رانندگی کران بالای سرعت را بر روی هر نقطه کسسته با در نظر گرفتن محدودیت های مختلف استنتاج می کنیم:

حداکثر سرعت مجاز V_{limit} :

$$v(s_i) \leq V_{limit}(s_i) \quad (7)$$

را می توان با برنامه ریز رفتاری سطح بالا در مورد شرایط جاده ای تعیین کرد.

- ماکزیمم شتاب جانبی مجاز $Acc_{lateral}$:

$$v(s_i) \leq \sqrt{\frac{Acc_{lateral}}{|\kappa(s_i)|}} \quad (8)$$

برای جلوگیری از ورود نیروی تایلر به منطقه اشباع غیر خطی و کاهش کنترل برای تثبیت حرکت انحرافی، آستانه شتاب جانبی در نظر گرفته می شود:

- بیشینه سازی شتاب طولی Acc_{lon} و Dec_{lon} کاهش سرعت

$$v_{min} \leq v(s_i) \leq \sqrt{v^2(s_0) + 2Acc_{lon}s_i}$$

$$v_{min} = \begin{cases} \sqrt{v^2(s_0) + 2Dec_{lon}s_i} & \text{if } v^2(s_0) + 2Dec_{lon}s_i > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

- بیشینه سازی حد کاهش سرعت توسط ترمز

$$v(s_i) \leq \sqrt{v_{terminal}^2 + 2Dec_{max}(s_N - s_i)} \quad (10)$$

که Dec_{max} نشان دهنده کاهش سرعت ماکزیم ناشی از ترمز گیری است. به منظور تضمین ایمنی، وسیله نقلیه باید یا متوقف شده و یا به سرعت مطمئنه برسد. محاسبه می کنیم. سپس ما یک پروفیل سرعت خطی دو ذنقه ای را ایجاد می کنیم که سرعت فعلی را به سرعت پایانی مرتبط می کند و بعد از آن برای بدست آوردن پروفیل سرعت شتاب پیوسته، از چند جمله ای پارامتری استفاده می کنید.

بر اساس محدودیت های فوق، سرعت ماکزیم آستانه سرعت در امتداد مسیر را می توان تعیین کرد. برای بهبود سرعت رانندگی، ما سرعت ماکزیم را در امتداد مسیر برنامه ریزی شده به صورت مقدار حداقل از چهار مرز سرعت استفاده می کنیم.

4- کنترل مسیر یابی سطح پایین

هدف کنترل گر مسیر یابی، پایش مسیر تولید شده به صورت صحیح تا حد ممکن است. کار های زیادی در این زمینه انجام شده است. چون برنامه ریزی سرعت و مسیر در فرایند برنامه ریزی مسیر از هم تفکیک شده می باشد این برنامه ریزی قادر به تجزیه کنترل مسیر به کنترل عرضی و طولی است. برای کنترل طولی، ما از کنترل

گر ابشاری کنترل مدل و تناسبی برای تولید دستورات کنترل ترمز برای پایش پروفیل سرعت مطلوب استفاده می کنیم.

چون پروفیل های سرعت و انحنای را میتوان از مسیر تولید شده بدست آورد، به این معنی است که دستورات سرعت انحراف نیز بدست می آیند. از این روی کنترل هدایتی را می توان به کنترل تثبیت کننده حرکت تبدیل کرد. دستورات ترخ انحراف مطلوب را می توان برای بدست آوردن ورودی های کنترل هدایت پیش خور استفاده کرد. وقتی که وسایل نقلیه در سرعت پایینی کنترل می شوند، قانون کنترل هدایت هندسی را می توان برای پایش پروفیل انحنای مطلوب استفاده کرد/

$$\kappa = \tan \delta / L$$

که δ زاویه هدایت چرخ جلو، L فاصله بین دو محور چرخ است. این نشان دهنده یک رابطه هندسی بین زاویه هدایت و انحنای چرخ عقب در سرعت پایین است. با این حال وقتی ماشین با سرعت بالا در حرکت است، نیروی جانبی بزرگ تر نیازمند هدایت است. در این وضعیت، اثرات لغزش تایر را نمی توان چشم پوشی کرد و رابطه بین زاویه هدایت و نیز انحنای نشان دهنده ویژگی های غیر خطی قوی است. در این رابطه برای دست یابی به عملکرد کنترلی بالا، پویایی جانبی وسایل نقلیه باید توجیه شود. کارهای قبلی بر روی کنترل دینامیک خود نشان می دهد که امکان تعریف ویژگی های کنترل حایت پایدار در شرایط غیر متغیر وجود دارد. همان طور که در شکل 6 نشان داده شده است، زوایای α_f و α_r به صورت زوایای لغزشی تایرهای جلو و عقب به ترتیب در نظر گرفته می شوند. با فرض این که خودرو در یک صفحه صاف حرکت می کند و شعاع فرمان تحت تاثیر جاذبه بیش از فاصله بین دو محور است، می توان داشت:

$$\delta \approx L / R + \alpha_f - \alpha_r$$

وقتی خودرو به حالت پایدار می رسد، نیروهای جانبی بر روی تایرهای جلو و عقب به شتاب گریز از محور

$$F_{yf} + F_{yr} = mv_x^2 / R \quad (13)$$

می رسد و M وزن خودرو، F_{yf} و F_{yr} به ترتیب

نیروهای جانبی تایر جلو و عقب است و V_x سرعت طولی می باشد. بر طبق تعادل گشتاور انحرافی داریم:

$$F_{yf} l_f = F_{yr} l_r \quad (14)$$

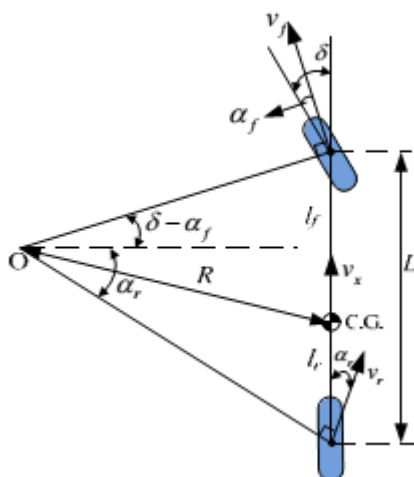
وقتی که زوایای لغزشی کوچک باشد، نیروهای جانبی را می توان به صورت خطی با زوایای لغزشی برآورد کرد

$$F_{yf} = C_{af} \alpha_f \quad F_{yr} = C_{ar} \alpha_r \quad (15)$$

که C_{ar} و C_{af} به ترتیب سفتی تایرهای جلویی و عقبی است. بر طبق معادلات 12 تا 15، رابطه حالت ثابت بین زاویه هدایت چرخ جلو انحراف مورد انتظار به صورت زیر تعیین می شود

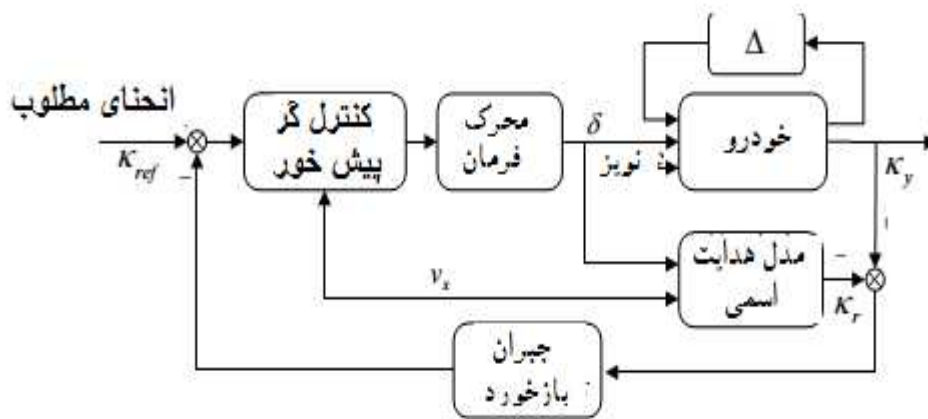
$$\delta = \kappa(L + K_v v_x^2), \quad K_v = \left(\frac{l_r}{C_{af}} - \frac{l_f}{C_{ar}} \right) \frac{m}{L} \quad (16)$$

که K_v گرادیان هدایت است. چون سفتی می تواند در شرایط مختلف جاده متغیر باشد، روش های شناسایی سیستم آنلاین را می توان استفاده کرد



شکل 6: مدل دو چرخه ای با در نظر گرفتن اثرات لغزشی

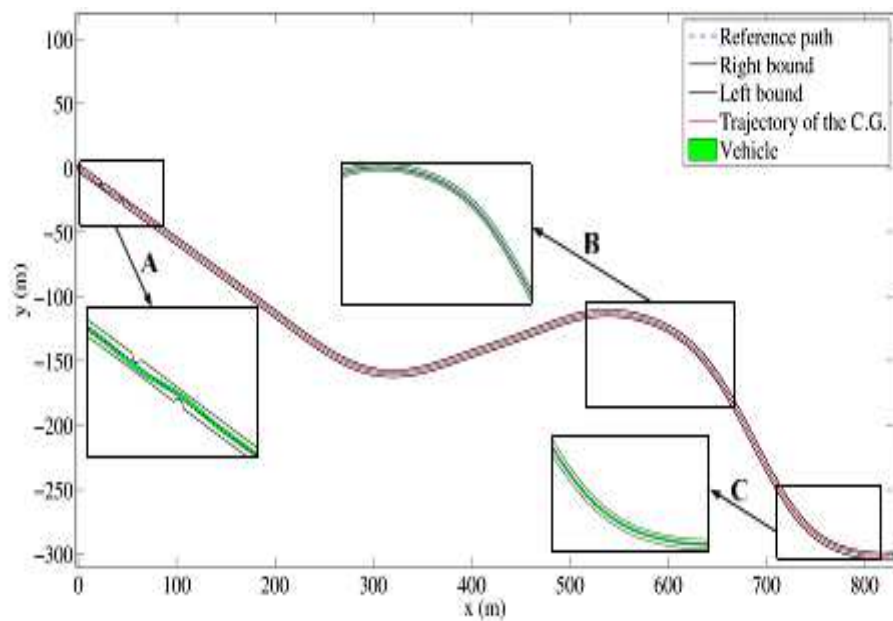
با استفاده از معادله 16، دستورات کنترل فرمان پیش خور را می توان برای پایش پروفیل سرعت انحراف مطلوب استفاده کرد. عملاً، به دلیل عدم قطعیت های مدل سازی و نویزهای خارجی نظیر دینامیک انحراف و دینامیک محرک، با استفاده از قانون کنترل پیش خور، می تواند منجر به خطاهای کنترلی شود. همان طور که در شکل 7 نشان داده شده است راهبرد کنترل مدل درونی، کنترل پیش خور را با چیران کننده خطی را ترکیب می کند. اختلاف انحنای اندازه گیری شده و مورد انتظار از مدل مرجع را می توان با جبران بازخورد جبران کرد. به این ترتیب، این به طور معنی داری موجب کاهش کنترل بازخورد شده و به کنترل گر بازخورد امکان تمرکز بر روی جبران خطاهای مسیر یابی ناشی از عدم قطعیت مدل و اشتفگی های خارجی را می دهد.



شکل 7: چارچوب کنترل مدل درونی برای کنترل فرمان

به منظور ارزیابی روش پیشنهادی، ما شبیه سازی هایی را بر روی محیط شبیه سازی شده با ترکیب متلب با کاربزم انجام دادیم که یک روش دینامیک خودروی تجاری است. در روش شبیه سازی، ما از سناریوی بزرگ راه ساحلی و نیز خودروی مسافر بری کلاس بی تمام اندازه استفاده می کنیم. ما از مخروط های ترافیکی در امتداد جاده به صورت موانع استاتیک استفاده می کنیم ضمن این که شرکت کننده های ترافیکی دینامیک در این مقاله در نظر گرفته نمی شوند. سرعت اولیه خودرو به صورت 60 کیلومتر در ساعت است و ماکزیمم سرعت محدود به 100 کیلومتر بر ساعت است. حداکثر مقدار سرعت محدود به 100 کیلومتر بر ساعت است. مقدار مطلق ماکزیمم شتاب طولی و عرضی محدود به 3 و 5 متر بر ثانیه مربع است. زمان سیکل برنامه ریزی مسیر و کنترل سطح پایین به صورت به ترتیب 100 و 20 متر بر ثانیه در نظر گرفته می شود. فاصله ماکزیمم به صورت 50 متر است. پاسخ محرک های سطح پایین به صورت فرایند تاخیر درجه اول در نظر گرفته می شود.

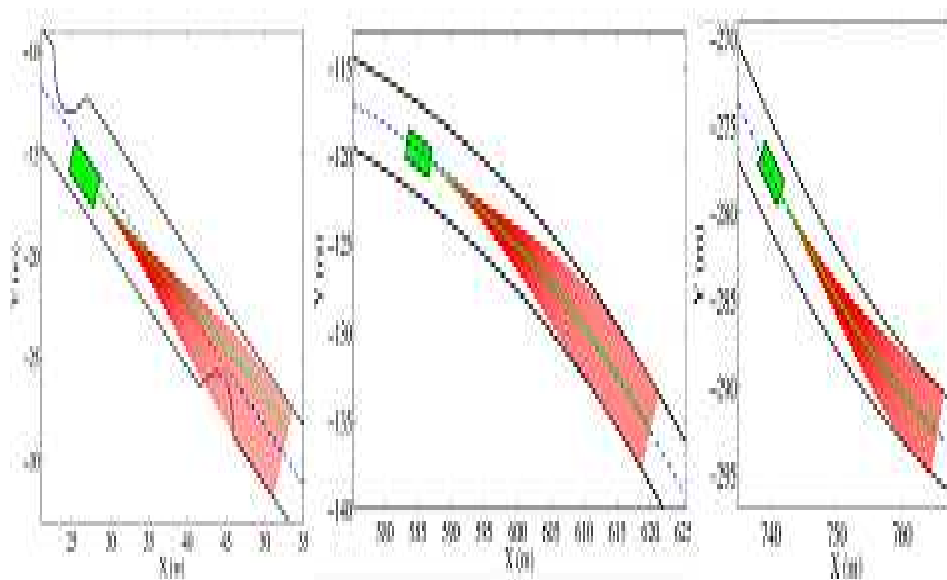
شکل 8 الف نتیجه کامل مسیر یابی خودرو را در امتداد یک مسیر جاده مرجع با دو بانده را نشان می دهد. خودرو قادر به اجتناب از موانع بوده و می تواند با سرعت بالا کنترل خود را حفظ کند. شکل 8 ب برخی از جزئیات را در زمان اجتناب از مانع و هدایت آن ها نشان می دهد. شکل 10 خطای مسیر یابی جانبی متناظر را از مرکز ثقل خودرو نشان می دهد. به این ترتیب خطای مسیر یابی در این قسمت در کل مسیر کم تر از 1 متر بوده است. همان طور که در شکل 11 نشان داده شده است، قسمت طولی بر اساس شکل هندسی مرجع برای تضمین ایمنی و راحتی تعدیل می شود که مطابق با آستانه های سرعت در بخش های مختلف جاده ای است.



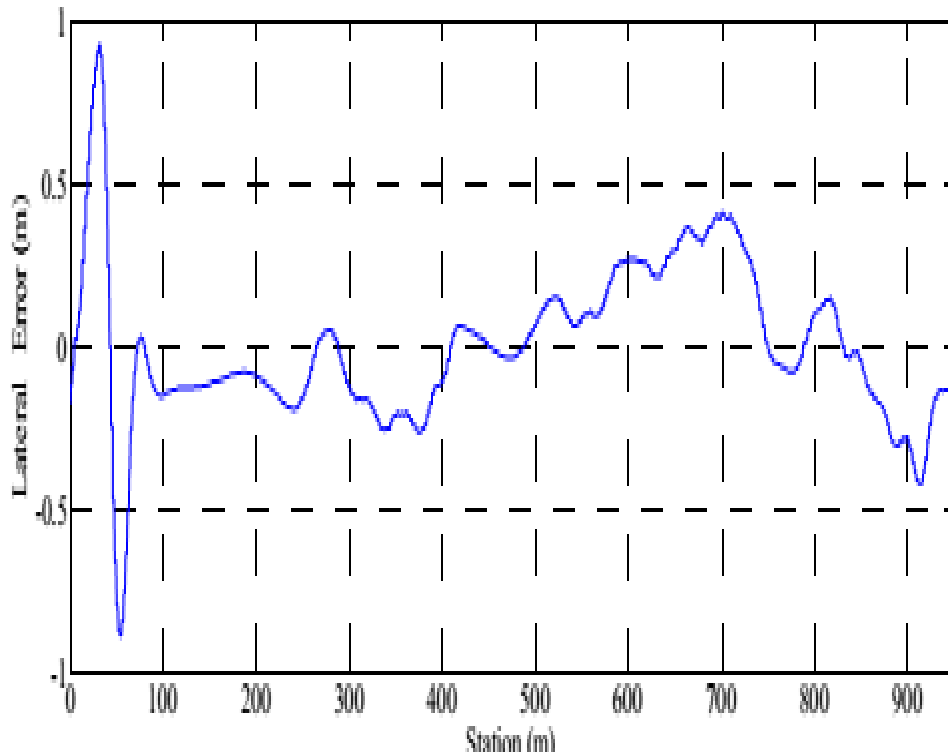
(a)



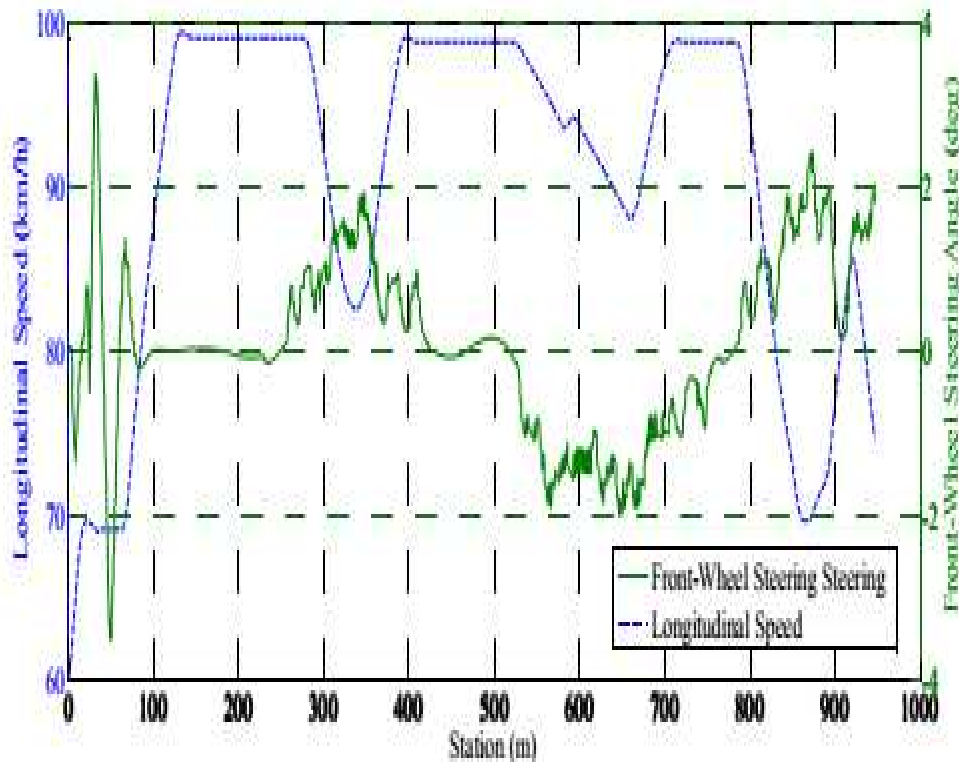
شکل 8: مسیر یابی کل خودرو در امتداد یک اتوباندو بانده، نشان دهنده جزئیات سه سناریو است



شکل 9: تصاویری از برنامه ریزی مسیر محلی در سه سناریو



شکل 10: خطای مسیر یابی جانبی با توجه به مسیر مرجع



شکل 11: زاویه هدایت یا فرمان چرخ جلو و سرعت خودرو

6: نتیجه گیری و کارهای آینده

این مقاله یک راهبرد هدایت و کنترل محلی را برای خودرو های زمینی خودکار در امتداد مسیر مرجع را با ترکیب برنامه ریزی مسیر محلی و در کنترل مسیر در چارچوب واحد ارایه می کند. به جای استفاده از کنترل گر های بازخورد مبتنی بر مسیر سنتی برای هدایت خودرو ها به طرف مسیر مرجع، ما مسیر را به دو زیر وظیفه تجزیه کردیم. اول، برای دنبال کردن مسیر مرجع با حرکات آرام و اجتناب از موانع، از برنامه ریز مسیر پیش بین مبتنی بر مدل استفاده کردیم که اطلاعات هندسی مسیر مطلوب، محدودیت های سینماتیک و محدودیت های دینامیک جزئی را در هر سیکل برنامه ریزی را در نظر گرفت. سپس، مسیر تولید شده به کنترل گر پایش مسیر تغذیه شد. ما با اتکا به ویژگی های هدایت گر حالت پایدار وسایل نقلیه، یک کنترل گر مدل داخلی را برای مسیر یابی مسیر مطلوب توسعه داده ایم و اثرات منفی ناشی از عدم قطعیت مدل و اختلالات خارجی را رد کردیم. به منظور اطمینان از امکان سنجی دینامیک مسیر برنامه ریزی شده، اطلاعات هندسی مربوط به مسیر مرجع، اجتناب از مانع ساکن، محدودیت های سینماتیک و دینامیک توسط برنامه ریز در ظنر گرفت می شود. در طی مرحله کنترل مسیر یابی سطح پایین، ویژگی های فرمان حالت ثابت برای مسیر یابی سرعت انحراف مطلوب از مسیر بهینه انتخاب شده به کار برده می شود.

نتایج شبیه سازی نشان دهنده قابلیت های چارچوب کنترل مسیر یابی و برنامه ریزی مسیر محلی ترکیب شده برای تبعیت از مسیر مرجع ضمن اجتناب از موانع ساکن با سرعت بالا است. در آینده ما به بررسی توسعه چارچوب پیش نهادی خواهیم پرداخت. برای مثال یگ پیشرفت خوب در این رابطه ترکیب راهبرد برنامه ریزی مسیر محلی با برنامه ریزی مسیر جست و جوی گراف در مسیر های دینامیک و مسیر های مختلف در فضای حالت گسسته ارایه می شود. دینامیک خودروی غیر خطی قوی باید شرایط مختلف جاده را پوشش دهد. به علاوه، درک سناریو ها و اثرات متقابل با سایر خودرو ها، عابران و دو چرخه ها نظیر راننده های انسانی بایستی در آینده در دستور کار قرار داده شود.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی