



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی برق

پروژه کارشناسی
گرایش مخابرات

ماشین های خودران -
با استفاده از یادگیری تقویتی

نگارش
محمد رضیئی فیجانی

استادان راهنما
دکتر وحید پوراحمدی و دکتر حمیدرضا امین داور

شهریور ۱۳۹۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

صفحه فرم ارزیابی و تصویب پایان نامه - فرم تأیید اعضاء کمیته دفاع

در این صفحه فرم دفاع یا تأیید و تصویب پایان نامه موسوم به فرم کمیته دفاع - موجود در پرونده آموزشی - را قرار دهید.

نکات مهم:

- نگارش پایان نامه/رساله باید به **زبان فارسی** و بر اساس آخرین نسخه دستورالعمل و راهنمای تدوین پایان نامه های دانشگاه صنعتی امیرکبیر باشد.(دستورالعمل و راهنمای حاضر)
- رنگ جلد پایان نامه/رساله چاپی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا باید به ترتیب مشکی، طوسی و سفید رنگ باشد.
- چاپ و صحافی پایان نامه/رساله بصورت **پشت و رو(دورو)** بلامانع است و انجام آن توصیه می شود.



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

به نام خدا

تعهدنامه اصالت اثر

تاریخ: شهریور ۱۳۹۸

اینجانب **محمد رضیئی فیجانی** متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه 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 پایان‌نامه 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 پایان‌نامه 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 پایان‌نامه بدون موافقت کتبی دانشگاه صنعتی امیرکبیر ممنوع است. نقل مطالب با ذکر مآخذ بلامانع است.

محمد رضیئی فیجانی

امضا

نویسنده پایان نامه، در صورت تمایل میتواند برای پاسخگویی پایان نامه خود را به شخص یا اشخاص و یا ارگان خاصی تقدیم نماید.

پاس کزاری

نویسنده پایان نامه می تواند مراتب امتنان خود را نسبت به استاد راهنما و استاد مشاور و یا دیگر افرادی که طی انجام پایان نامه به نحوی او را یاری و یا با او همکاری نموده اند ابراز دارد.

محمد رضینی فغانی

شهریور ۱۳۹۸

چکیده

در این قسمت چکیده پایان نامه نوشته می‌شود. چکیده باید جامع و بیان‌کننده خلاصه‌ای از اقدامات انجام‌شده باشد. در چکیده باید از ارجاع به مرجع و ذکر روابط ریاضی، بیان تاریخچه و تعریف مسئله خودداری شود.

واژه‌های کلیدی:

کلیدواژه اول، ...، کلیدواژه پنجم (نوشتن سه تا پنج واژه کلیدی ضروری است)

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

| | | |
|----|--|----|
| ۱ | یادگیری تقویتی | ۱ |
| ۲ | ۱-۱ تست | ۲ |
| ۳ | ۲ جزئیات فنی پروژه | ۳ |
| ۴ | ۱-۲ مقدمه | ۴ |
| ۵ | ۲-۲ دورنمای کلی طرح | ۵ |
| ۶ | ۱-۲-۲ تقسیم بندی وظایف هر بخش | ۶ |
| ۷ | ۳-۲ معرفی نرم افزار پری اسکن | ۷ |
| ۷ | ۱-۳-۲ بخش های مختلف نرم افزار پری اسکن | ۷ |
| ۹ | ۲-۳-۲ فرمت های فایل های خروجی | ۹ |
| ۱۰ | ۴-۲ بررسی دقیق تر فایل سیمولینک | ۱۰ |
| ۱۴ | منابع و مراجع | ۱۴ |
| ۱۵ | پیوست | ۱۵ |
| ۱۶ | واژه نامه ی فارسی به انگلیسی | ۱۶ |
| ۱۸ | واژه نامه ی انگلیسی به فارسی | ۱۸ |

فهرست اشکال

صفحه

شکل

| | | |
|----|-----|--|
| ۵ | ۱-۲ | بلوک دیالگرام لایه های کلی |
| ۷ | ۲-۲ | بخشی از توانایی های نرم افزار پری اسکن در شبیه سازی |
| ۸ | ۳-۲ | آیکون های اضافه شده بر روی محیط دسکتاپ پس از نصب پری اسکن |
| ۸ | ۴-۲ | پنل مدیریت نرم افزار پری اسکن |
| ۹ | ۵-۲ | صفحه گرافیکی محیط پری اسکن |
| ۱۰ | ۶-۲ | فایل سیمولینک ایجاد شده توسط نرم افزار پری اسکن همراه با تغییرات |
| ۱۱ | ۷-۲ | روش صحیح اعمال تغییرات روی فایل سیمولینک |
| ۱۲ | ۸-۲ | فایل سیمولینک - شبیه سازی اتومبیل |
| ۱۳ | ۹-۲ | نگاهی از نزدیک به بلوک Environmmnet |

فهرست جداول

صفحه

جدول

| | |
|----|---|
| ۹ | ۱-۲ توضیحات فرمت فایل خروجی |
| ۱۲ | ۲-۲ بررسی ورودی ها و خروجی های مهم در شکل ۸-۲ |

فهرست نمادها

| نماد | مفهوم |
|---------------------|---|
| \mathbb{R}^n | فضای اقلیدسی با بعد n |
| \mathbb{S}^n | کره n یکه بعدی |
| M^m | خمینه m -بعدی M |
| $\mathfrak{X}(M)$ | جبر میدان‌های برداری هموار روی M |
| $\mathfrak{X}^1(M)$ | مجموعه میدان‌های برداری هموار یکه روی (M, g) |
| $\Omega^p(M)$ | مجموعه p -فرمی‌های روی خمینه M |
| \mathcal{Q} | اپراتور ریچی |
| \mathcal{R} | تانسور انحنای ریمان |
| ric | تانسور ریچی |
| L | مشتق لی |
| Φ | ۲-فرم اساسی خمینه تماسی |
| ∇ | التصاق لوی-چویتای |
| Δ | لاپلاسین ناهموار |
| ∇^* | عملگر خودالحاق صوری القا شده از التصاق لوی-چویتای |
| g_s | متر ساساکی |
| ∇ | التصاق لوی-چویتای وابسته به متر ساساکی |
| Δ | عملگر لاپلاس-بلترامی روی p -فرم‌ها |

فصل اول

یادگیری تقویتی

۱-۱ تست

فصل دوم

جزئیات فنی پروژه

۱-۲ مقدمه

در این پروژه از جهت آنکه نسخه قبلی و پیشینی برای آن نبوده است، به ناچار می‌بایست که کد آن از صفر تا صد آن به صورت دستی نوشته شود. از این‌رو، پیچیدگی‌های بسیار فراوان را به طور خاص در پی داشت. ابزارهای زیادی نیز بنابه شرایط در آن استفاده شد که ارتباط بین آن ابزارها و اجزاء بر این پیچیدگی پیاده‌سازی طرح افزوده بود.

ابزارهای اصلی و کلی که در این پروژه استفاده شده بود، عبارتند از:

- نرم افزار پری اسکن^۱ ، نسخه 8.5.0

- نرم افزار قدرتمند متلب^۲ ، نسخه R2017b

- زبان برنامه نویسی پایتون^۳ ، نسخه 3.6.9

بنابراین برای راه اندازی مجدد کد این پروژه لازم است که موارد بالا روی کامپیوتر شخص به صورت کامل نصب باشد.

همچنین لازم به ذکر است که برخی ابزارات دیگر نیز در این پروژه استفاده شده است که احتمالاً با نصب موارد بالا دیگر نیازی به نصب آن‌ها به صورت جداگانه نیست. هدف این ابزارها ایجاد اتصال بین اجزای اصلی گفته شده است. این گروه شامل موارد زیر هستند:

- سیمولینک^۴ ، جهت اتصال بین متلب و پری اسکن

- شبکه UDP^۵ ، جهت اتصال داده‌های پویا^۵ بین پایتون و سیمولینک

- موتور متلب^۶ ، جهت اتصال داده‌های ساکن^۷ بین پایتون و سیمولینک

در این فصل جزئیات بیشتری در مورد لزوم و دلیل استفاده از این ابزارها بررسی می‌شود.

¹PreScan

²Matlab

³Simulink

^۴برای این منظور از socket در پایتون استفاده شده است.

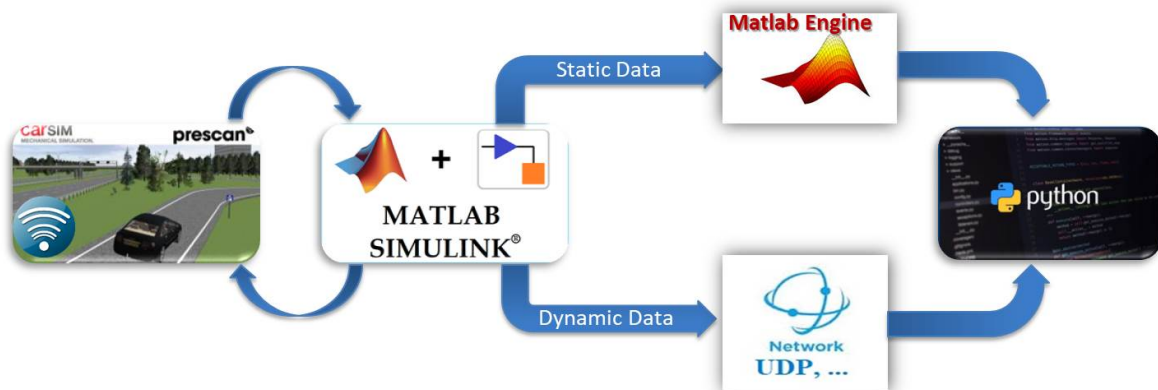
⁵Dynamic Data

⁶Matlab Engine

⁷Static Data

۲-۲ دورنمای کلی طرح

همان‌طور که گفته شد، در این پروژه از ابزار های مختلفی استفاده شده است. برخی ابزارات دیگر نیز جهت ایجاد اتصال بین آن ابزار ها استفاده شده اند. در این بخش، این اجزا به تفصیل بررسی خواهد شد. هر کدام از این اجزا کار مشخصی را بر عهده دارند. شکل ۱-۲ این ارتباط را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲: بلوک دیالگرام لایه های کلی

در شکل ۱-۲ از سمت چپ به راست اجزا یاد شده و نحوه ارتباط آن‌ها بایکدیگر را به‌خوبی نشان می‌دهد. این بلاک ها و ارتباط ها عبارتند از:

- اولین بلاک آن، نرم افزار پری‌اسکن می‌باشد. وظیفه اصلی این نرم افزار، شبیه سازی دینامیک یک اتومبیل و یا موتور و ... می‌باشد. همچنین ایجاد یک محیط گرافیکی زیبا و یک پنل کاربری گرافیکی برای ساخت ماشین ها از دیگر حسن های این نرم افزار است. فایل های مهم ایجاد شده توسط این بخش، pex و pb می‌باشد.

- بلاک بعدی ترکیبی از متلب و سیمولینک است. چرا که نرم افزار پری‌اسکن این امکان را دارد که برای کنترل و دسترسی بیشتر به قسمت های کنترلی مختلف، چیزی به نام API ارائه می‌دهد. این API یک فایل سیمولینک را در اختیار کاربران قرار میدهد که در آن بلوک های مشخصی به یکدیگر متصل هستند و با مطالعه و تغییر آن بلوک ها می‌توان کنترل سیستم را به دست گرفت. فایل های مهم این بخش نیز در فرمت slx و m در دسترس هستند.

همچنین API یاد شده، دستورات دیگری را جهت دریافت داده های استاتیک محیط ساخته شده در این نرم افزار را به کاربران خویش در محیط متلب می‌دهد.

- دو بلوک بعدی، مربوط به اتصال بین متلب و یا سیمولینک با پایتون هستند.
- بلوک بالایی این اتصال را بین داده های استاتیک شامل طول جاده و عرض هر لاین، موقعیت اولیه اتومبیل و جاده، و بسیاری اطلاعات دیگر که بسیاری از آن اطلاعات استفاده نشده اند زیرا در این پروژه مفید نبوده اند. این بلوک، فایل سیمولینک را تغییر نمی دهد.
- بلوک پایینی نیز با استفاده از روش های شبکه کردن، می تواند داده های پویا را از محیط سیمولینک به پایتون منتقل کند. این داده های پویا عبارتند از موقعیت و سرعت و اطلاعات دیگری از اتومبیل در حال حرکت، اطلاعات سنسورها و ... باشد.
- بلوک بعدی پایتون است که خود شامل لایه های دیگری است که در شکل ۲-۱ به تفصیل بیان شده است. نکته جالب در آن این است که در آن لایه ها اثری نیز از دو بلوک پیشین آمده است. همچنین بخش اصلی کار، یا به عبارتی مغز و هوش این کار در این قسمت توسعه یافته است.

۲-۱-۲ تقسیم بندی وظایف هر بخش

بخش اصلی کار که وظیفه آن تصمیم گیری و انتخاب مسیر درست توسط یک عامل^۸ (که در این پروژه، عامل همان اتومبیل می باشد) در پایتون انجام می شود. وظیفه اصلی بخش متلب و سیمولینک و پری اسکن، ایجاد یک محیط شبیه سازی است.

یادداشت ۲-۱-۲. این محیط شبیه سازی اهمیت زیادی در الگوریتم های یادگیری تقویتی دارد. زیرا در این الگوریتم ها یک «عامل» با «محیط»^۹ در تعامل است. تعامل در این الگوریتم ها به معنای این است که «عامل» در یک «حالت»^{۱۰} قرار دارد. سپس متناسب با آن یک «حرکت»^{۱۱} انجام می دهد. با این «حرکت»، «محیط» به آن یک مقدار «امتیاز» و یک «حالت» جدید برمی گرداند. بنابراین داشتن یک محیط شبیه سازی کامل و دقیق از اجزای ضروری کار است.

بخش های دیگر مربوط به ارتباط این قسمت ها به یکدیگر بودند که پیچیدگی های زیادی را رقم زده است.

به طور ساده تر و کلی تر می توان گفت که پایتون نقش «عامل» و پری اسکن نقش «محیط» را دارد.

⁸ Agent

⁹ Environment

¹⁰ State

¹¹ Action



شکل ۲-۲: بخشی از توانایی های نرم افزار پری اسکن در شبیه سازی

۳-۲ معرفی نرم افزار پری اسکن

می توان در ابتدا گفت که این نرم افزار یک افزونه متلب و سیمولینک است اما توانایی زیادی که آن دارد باعث می شود که بگوییم این محصول از متلب و سیمولینک جعت رسیدن به هدف خود کمک می گیرد. نرم افزار پری اسکن یکی از نرم افزار های بسیار قدرتمند در زمینه شبیه سازی مسایل مربوط به وسایل نقلیه است که می تواند حرکت یک ویله نقلیه را به طور خیلی دقیق و مناسب شبیه سازی کند. همچنین در کنار این وظیفه مهم، یک محیط گرافیکی مناسب را در اختیار کاربران خود قرار می دهد که از دیگر حسن های آن است. شکل ۲-۲ این توانایی ها را به تصویر کشیده است.

همچنین این نرم افزار یک سری فایل خروجی به کاربر می دهد که یکی از فایل های آن فایل سیمولینک است که اجازه تغییر و دسترسی به داخل برخی بلاک ها به ما کمک می کند که اطلاعات خود را از دل آن نرم افزار بیرون بکشیم.^{۱۲}

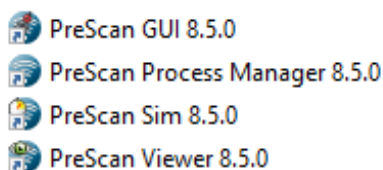
از این رو در مقایسه با محیط های دیگر، محاسن زیادی را داشت که هدف این پروژه را در به کارگیری این ابزار تحت تاثیر قرار داد.

۱-۳-۲ بخش های مختلف نرم افزار پری اسکن

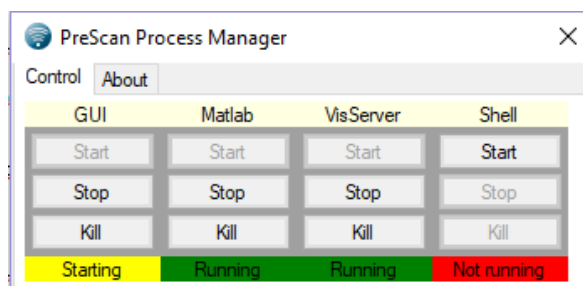
پس از دانلود و نصب نسخه 8.5.0 این نرم افزار چهار آیکون مانند شکل ۲-۳ به محیط دسکتاپ اضافه می کند. اصلی ترین آن ها PreScan Proccess Manager 8.5.0 نام دارد.

^{۱۲} جهت کسب اطلاعات بیشتر و تهیه این نرم افزار به لینک زیر مراجعه کنید:

<https://tass.plm.automation.siemens.com/prescan>



شکل ۲-۳: آیکون های اضافه شده بر روی محیط دسکتاپ پس از نصب پری اسکن
با انتخاب آن صفحه ای مانند زیر باز می شود.



شکل ۲-۴: پنل مدیریت نرم افزار پری اسکن

این پنجره شامل گزینه های زیر است:

- GUI •
- Matlab •
- VisServer •
- Shell •

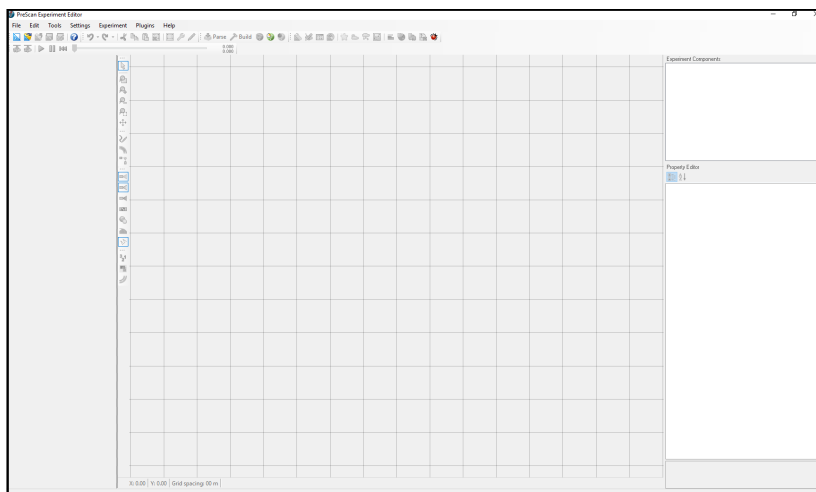
برای ایجاد یک محیط جدید باید GUI را استارت کرد. پس از مدتی صفحه ای مانند شکل ۲-۵ باز می شود.

پس از ایجاد مدل ها و ذخیره آن، فایل های **.pex و **.pb و **_cs.slx ساخته می شود.^{۱۳}
جهت استفاده از فایل سیمولینک باید در شکل ۲-۴ متلب را استارت کنید.

نکته ۲-۳-۱. برای اجرای فایل های سیمولینک خروجی، لازم است که متلب را فقط و فقط با استفاده از نرم افزار پری اسکن و با استفاده از پنل مدیریت نرم افزار معرفی شده در شکل ۲-۴ باز شود. در صورتی که به صورت مستقیم این کار انجام شود، به مشکل منتهی می شود.

دو قسمت دیگر نیز در شکل ۲-۴ وجود دارد که نیازی به استارت کردن آن ها نیست و خودشان در صورت لزوم به صورت خودکار فراخوانی می شوند.

^{۱۳} علامت ** به معنای یک اسم مشترک در این سه فایل استفاده شده است.



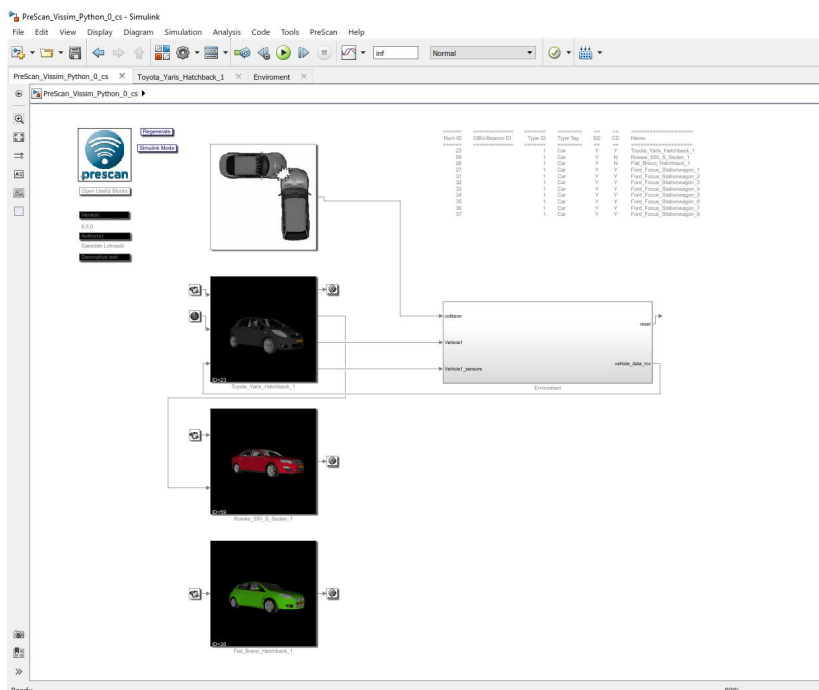
شکل ۲-۵: صفحه گرافیکی محیط پری اسکن

۲-۳-۲ فرمت های فایل های خروجی

نرم افزار پری اسکن پس از ایجاد یک محیط جدید، فایل ها و پوشه های بسیار زیادی را ایجاد می کند. اما در خارج آن پوشه ها ۳ فایل وجود دارد که پسوند آن ها `** .pex` و `** .pb` و `**_cs .slx` می باشد. علامت `**` همان اسم پروژه ای است که ایجاد کرده ایم. هر یک از این فایل ها به یک بلوک از شکل ۱-۲ مربوط می شود.

| فرمت فایل | توضیحات |
|-------------------------|--|
| <code>** .pex</code> | این فایل مربوط به اولین بلوک شکل ۱-۲ است و ارتباط مستقیم با GUI دارد. برای تغییر محیط گرافیکی باید این فایل را باز کرد. |
| <code>** .pb</code> | این فایل برخی از اطلاعات فایل <code>** .pex</code> را در اختیار دارد و با تغییر آن فایل این فایل نیز عوض می شود. این فایل حاوی اطلاعات استاتیک محیط ایجاد شده است و مهم ترین کاربرد آن در بلوک موتور متلب که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است می باشد. پایتون از طریق این فایل این اطلاعات را دریافت می کند. |
| <code>**_cs .slx</code> | این فایل سیمولینک است که برای کار کردن با آن باید از پنل مدیریت شکل ۴-۲ استفاده کرد. این فایل پس از ایجاد از فایل <code>** .pex</code> مستقل می شود. این فایل خود قابلیت تغییر دارد و می توان بلوک های آن را در محیط سیمولینک تغییر داد و بلوک های دیگری به آن افزود. در صورتی که فایل <code>** .pex</code> تغییر کند، این امکان را نیز دارد که از داخل خود سیمولینک با فشردن دکمه ای این تغییرات جدید اعمال شود بدون آن که به تغییرات خود کاربر لطمه ای وارد شود. در این پروژه این فایل، تغییرات بسیاری را تجربه کرد. |

جدول ۱-۲: توضیحات فرمت فایل خروجی



شکل ۲-۶: فایل سیمولینک ایجاد شده توسط نرم افزار پری اسکن همراه با تغییرات

جدول ۲-۱ توضیحات لازم را جهت آشنایی با این خروجی ها آورده است.

همچنین در بخش ۲-۴ در مورد فایل *_cs.slx توضیحات دقیق تری در مورد جزئیات آن گفته خواهد شد.

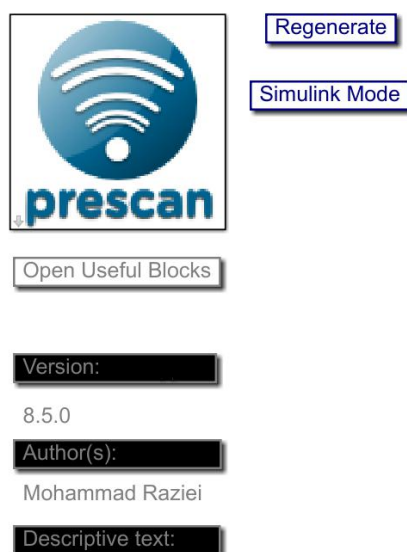
۲-۴ بررسی دقیق تر فایل سیمولینک

فایل سیمولینک ایجاد شده توسط نرم افزار پری اسکن، قابلیت تغییر به دست کاربر را دارد. شکل ۲-۶ فایل تغییر یافته مربوط به این پروژه را نشان می دهد.

بلوک های سمت راست نشان داده شده در سمت راست شکل ۲-۶ توسط نرم افزار پری اسکن ایجاد شده است که البته دست خوش تغییراتی نیز بوده اند.

در صورتی که با استفاده از محیط گرافیکی GUI فایل *.pex تغییر کند، فایل سیمولینک تغییر نمی کند. در برخی موارد این تغییرات ممکن است منجر به پیغام خطا شود.

نکته ۲-۴-۱. در صورتی که فایل *.pex تغییر کند، برای اعمال این تغییرات، باید روی کلمه Regenerate که در شکل ۲-۷ آمده است، کلیک کرد. با این کار، تغییرات جدید اعمال می شود بی آن که تغییرات کاربر تحت تاثیر قرار بگیرد.

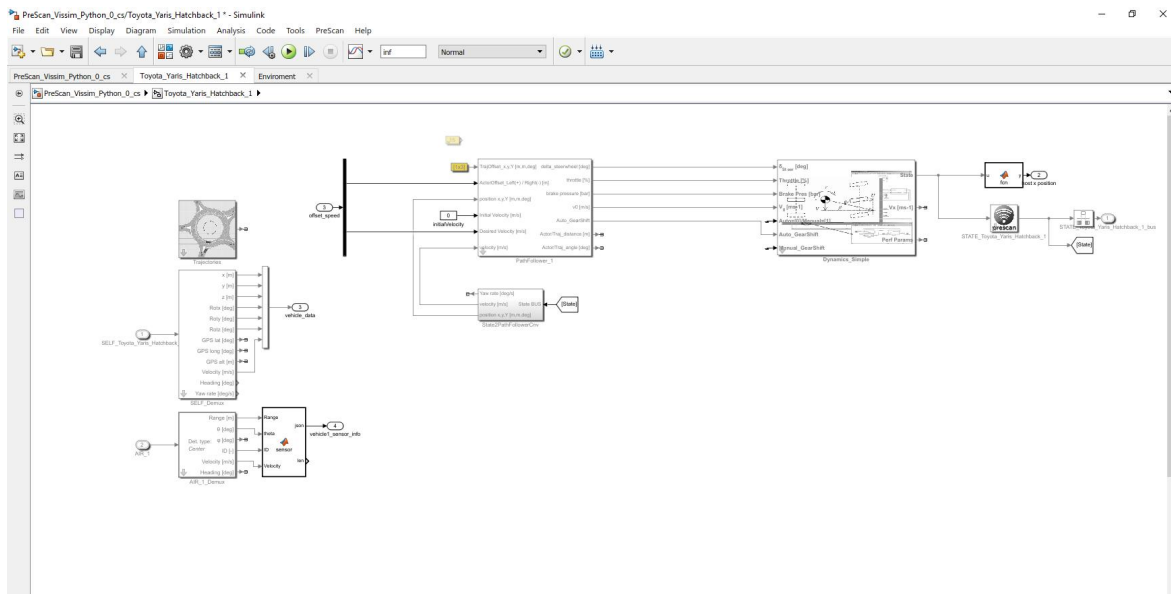


شکل ۷-۲: روش صحیح اعمال تغییرات روی فایل سیمولینک

در شکل ۷-۲ همانطور که در نکته ۱-۴-۲ به آن اشاره شد، دکمه ای تحت عنوان Regenerate وجود دارد که استفاده از آن در همان نکته مشخص شده است. همچنین در این تصویر در زیر لوگوی برنامه پریاسکن، اطلاعاتی مانند شماره نسخه نرم افزار (که در این جا 8.5.0 می باشد)، نام نویسنده مشاهده می شود.

در شکل ۶-۲ اولین بلوک سمت راست همان ماشینی است که ما آنرا تحت کنترل گرفته ایم. اگه به آن وارد شویم، شکل ۸-۲ را مشاهده می کنیم. در این تصویر ورودی و خروجی ها نقش خیلی مهمی دارند. این اطلاعات در جدول ۲-۲ آمده اند.

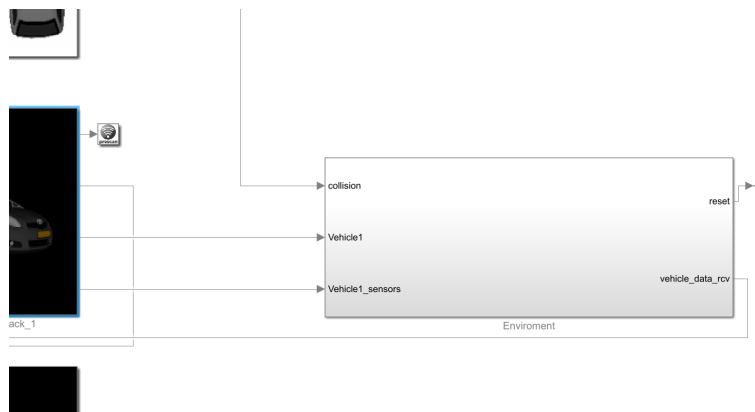
در جدول ۲-۲ صرفا ورودی خروجی های مهم مورد بررسی قرار گرفته است. این ورودی ها و خروجی های مهم به یک بلوک دیگر منتقل می شود. بلوک Environment همان بلوک است که در شکل ۶-۲ نیز مشخص است و در شکل ۹-۲ نیز از زاویه نزدیک تر با جزئیات بیشتر می توان آنرا مشاهده نمود.



شکل ۸-۲: فایل سیمولینک - شبیه سازی اتومبیل

| نوع | عنوان | بلوک مربوط | توضیحات |
|-------|-------------------------|----------------|---|
| خروجی | اطلاعات ماشین | SELF_Demux | اطلاعات ماشین، شامل اطلاعات موقعیت (x, y, z) و اطلاعات چرخش (حول x, y, z) به همراه سرعت ماشین را خروجی می‌دهد. این ۷ داده قبل از خروجی توسط یک mux با یکدیگر ادغام می‌شوند. |
| خروجی | اطلاعات سنسور ماشین | AIR_Demux | اطلاعات سنسور V2C را خروجی می‌دهد. از آنجا که این سنسور فاصله و زاویه و ... تا ده ماشین نزدیک خود را می‌دهد. بنابراین هریک از این اطلاعات یک بردار ده تایی است. برای فرستادن آن اطلاعات به خروجی، ابتدا آن‌ها را به طریقی به فرمت جیسون ^{۱۴} تبدیل می‌کند و یک رشته کاراکتر با طول مشخص ^{۱۵} را خروجی می‌دهد. |
| ورودی | کنترل لاین و سرعت ماشین | PathFollower_1 | دستورات کنترلی اتومبیل، شامل کدام خط بودن و مقدار سرعت نهایی، به صورت ورودی وارد یک demux می‌شود و پس از جدا سازی، به بلوک مربوط متصل می‌شود. |

جدول ۲-۲: بررسی ورودی ها و خروجی های مهم در شکل ۸-۲



شکل ۲-۹: نگاهی از نزدیک به بلوک Environmmnet

منابع و مراجع

پیوست

موضوعات مرتبط با متن گزارش پایان نامه که در یکی از گروه‌های زیر قرار می‌گیرد، در بخش پیوست‌ها آورده شوند:

۱. اثبات‌های ریاضی یا عملیات ریاضی طولانی.
۲. داده و اطلاعات نمونه (های) مورد مطالعه (Case Study) چنانچه طولانی باشد.
۳. نتایج کارهای دیگران چنانچه نیاز به تفصیل باشد.
۴. مجموعه تعاریف متغیرها و پارامترها، چنانچه طولانی بوده و در متن به انجام نرسیده باشد.

کد میپل

```
with(DifferentialGeometry):  
with(Tensor):  
DGsetup([x, y, z], M)  
frame name: M  
a := evalDG(D_x)  
D_x  
b := evalDG(-2 y z D_x+2 x D_y/z^3-D_z/z^2)
```

واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی

| | |
|----------------------------------|---|
| آ | Cartesian product حاصل ضرب دکارتی |
| اسکالر Scalar | خ |
| ب | Automorphism خودریختی |
| بالابر Lift | د |
| پ | Degree درجه |
| پایا Invariant | ر |
| ت | microprocessor ریزپردازنده |
| تناظر Correspondence | ز |
| ث | Submodule زیرمدول |
| ثابت‌ساز Stabilizer | س |
| ج | Character سرشت |
| جایگشت Permutation | ص |
| چ | Faithful صادقانه |
| چند جمله‌ای Polynomial | ض |
| ح | |

| | | | |
|---------------------|-------|-----------------------------|-------------------|
| Connected | همبند | Inner product | ضرب داخلی |
| | ی | | ط |
| Edge | یال | Loop | طوقه |
| | | | ظ |
| | | Valency | ظرفیت |
| | | | ع |
| | | Nonadjacency | عدم مجاورت |
| | | | ف |
| | | Vector space | فضای برداری |
| | | | ک |
| | | Complete reducibility . . . | کاملاً تحویل پذیر |
| | | | گ |
| | | Graph | گراف |
| | | | م |
| | | Permutation matrix . . . | ماتریس جایگشتی |
| | | | ن |
| | | Disconnected | ناهمبند |
| | | | و |
| | | Invertible | وارون پذیر |
| | | | ه |

واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی

| | |
|---------------------------------|--|
| A | Homomorphism همریختی |
| Automorphism خودریختی | I |
| B | Invariant پایا |
| Bijection دوسویی | L |
| C | Lift بالابر |
| Cycle group گروه دوری | M |
| D | Module مدول |
| Degree درجه | N |
| E | Natural map نگاشت طبیعی |
| Edge یال | O |
| F | One to One یک به یک |
| Function تابع | P |
| G | Permutation group گروه جایگشتی |
| Group گروه | Q |
| H | |

| | | | |
|--------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------|
| Quotient graph | گراف خارج‌قسمتی | Trivial character | سرشت بدیهی |
| R | | U | |
| Reducible | تحویل پذیر | Unique | منحصربفرد |
| S | | V | |
| Sequence | دنباله | Vector space | فضای برداری |
| T | | | |

Abstract

This page is accurate translation from Persian abstract into English.

Key Words:

Write a 3 to 5 KeyWords is essential. Example: AUT, M.Sc., Ph. D, ..