

# قوانین مسابقه شبیه سازی خودروهای خودران فیرا ۱۴۰۲

## چکیده:

خودروهای خودران یکی از جالبترین موضوعات جهان به شمار می‌رود و طراحی سخت‌افزاری و نرم‌افزاری این خودروها، هر دو چالش برانگیز است. هدف از مسابقه شبیه‌سازی خودروهای خودران فیرا، تشویق محققان به طراحی و پیاده‌سازی خودروهای خودران و در نهایت تحقق بخشیدن به این رویای همیشگی بشر است.

یک شبیه‌ساز سه بعدی مبتنی بر سیستم عامل ربات<sup>۱</sup> طراحی شده است تا امکان برگزاری چالش‌های خودروهای خودران را فراهم کند و شرکت‌کنندگان بتوانند با هم رقابت کنند.

## ۱. سناریوی لیگ خودروهای خودران

در لیگ خودروهای خودران، خودرو باید به صورت خودکار، با بهره‌گیری از سیستم هدایت هوشمند در هر دو محیط شهری و محیط مسابقه حرکت کند. در لیگ خودروهای خودران، در هر دو محیط، خودرو از پردازش تصویر، اطلاعات حسگرهای فاصله‌یاب و لیدار<sup>۲</sup> برای حرکت خودکار استفاده می‌کند.

## ۲. محیط شبیه‌سازی

شرکت‌کنندگان باید الگوریتم‌های خود را برای هدایت خودروهای شبیه‌سازی شده، به‌جای خودروهای واقعی، پیاده‌سازی کنند. دو مسیر اصلی برای رقابت وجود خواهد داشت که تیم‌ها باید در آن رانندگی کنند: مسیر رقابت سرعت و مسیر درون‌شهری. قوانین این دو مسیر اساساً مشابه هستند و صرفاً چند تفاوت میان آنها وجود دارد. چالش در شبیه‌ساز برگزار می‌شود، بنابراین داوری نیز توسط خود شبیه‌ساز انجام می‌شود.

## ۳. ساختار مسابقه

این مسابقات از دو مرحله مقدماتی و نهایی تشکیل شده است و با توجه به امتیازات کسب‌شده در مرحله مقدماتی، تعدادی از تیم‌ها به مرحله نهایی راه می‌یابند. امتیازهای کسب‌شده در مرحله مقدماتی با ورود به مرحله نهایی حذف می‌شوند و تیم‌های منتخب با امتیاز صفر وارد مرحله نهایی می‌شوند.

خودرو از خط شروع، آغاز به حرکت می‌کند و باید از نقاط بازرسی عبور کند و تا انتهای مسیر پیش برود. هرچه خودرو در مدت‌زمان کوتاه‌تر از تعداد نقاط بازرسی بیشتری رد شود، امتیاز بیشتری کسب خواهد کرد.

## ۴. رقابت سرعت

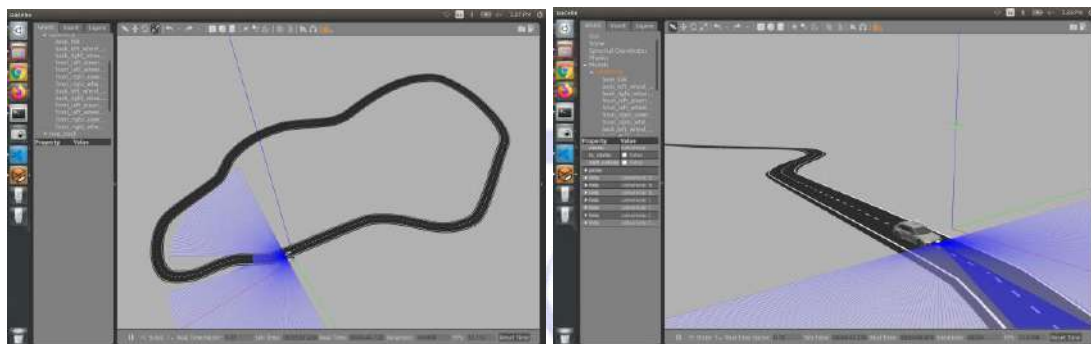
در بخش رقابت سرعت، خودرو باید به‌طور خودکار از نقاط بازرسی قرار داده شده در مسیر عبور کند. تعداد نقاط بازرسی باقیمانده و نقاط بازرسی رده‌شده توسط شبیه‌ساز نشان داده می‌شود. در این بخش، هر تیم مدت‌زمان مشخصی خواهد داشت و در این زمان فقط می‌تواند یک‌بار مسابقه را شروع کند (قبل از شروع مسابقه، تیم‌ها زمان کوتاهی برای بررسی اجرای کد خود در سیستم داوری خواهند داشت).

<sup>۱</sup> Robot Operating System

<sup>۲</sup> Light Detection and Ranging

<sup>۳</sup> Check Point

متناسب با هر مرحله، ممکن است موانعی در خیابان وجود داشته باشد و اگر خودرو به آنها برخورد کند، فرصت ادامه رقابت را از دست خواهد داد.



شکل ۱، ۲: نماهای مختلف از مسیر مسابقه در شبیه‌ساز گزبو<sup>۴</sup>

## ۵. مسابقه درون شهری

در مسابقات رانندگی درون شهری، خودروها باید در محیط شهری به‌طور خودکار و با توجه به علائم راهنمایی و رانندگی، خطوط خیابان، خطوط عابر پیاده و سایر اطلاعات محیطی هدایت شوند (شکل ۳).




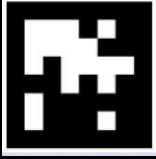



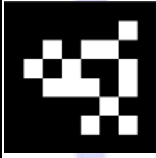
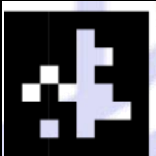
رنگ خطوط خیابان در محیط شهری سفید است. نقاط بازرسی زیادی در خیابان‌ها وجود دارد. هر تصمیم اشتباه خودرو باعث کسر امتیاز می‌شود و این موضوع در روش امتیازدهی به تفصیل توضیح داده شده است. در این بخش از مسابقه، هر تیم مدت زمان مشخصی در اختیار دارد و فقط یک‌بار می‌تواند مسابقه را شروع کند (قبل از شروع مسابقه، تیم‌ها زمان کوتاهی برای بررسی اجرای کد خود در سیستم داوری خواهند داشت). علائم و نشانه‌های راهنمایی و رانندگی (جدول ۱) در تقاطع‌ها وجود دارد و عدم تشخیص هر یک از آنها و اتخاذ تصمیم اشتباه منجر به از دست‌دادن فرصت ادامه مسیر و عبور از نقاط بازرسی بعدی می‌شود. در این بخش از نشانه‌های خانواده اپریل‌تگ ۳۶ اچ ۱۱<sup>۵</sup> استفاده خواهد شد.

در تقاطع‌ها خطوط افقی‌ای وجود دارد که نشان‌دهنده رسیدن به تقاطع است و خودرو باید حداقل ۳ ثانیه پشت آنها توقف کند و سپس به حرکت خود ادامه دهد.

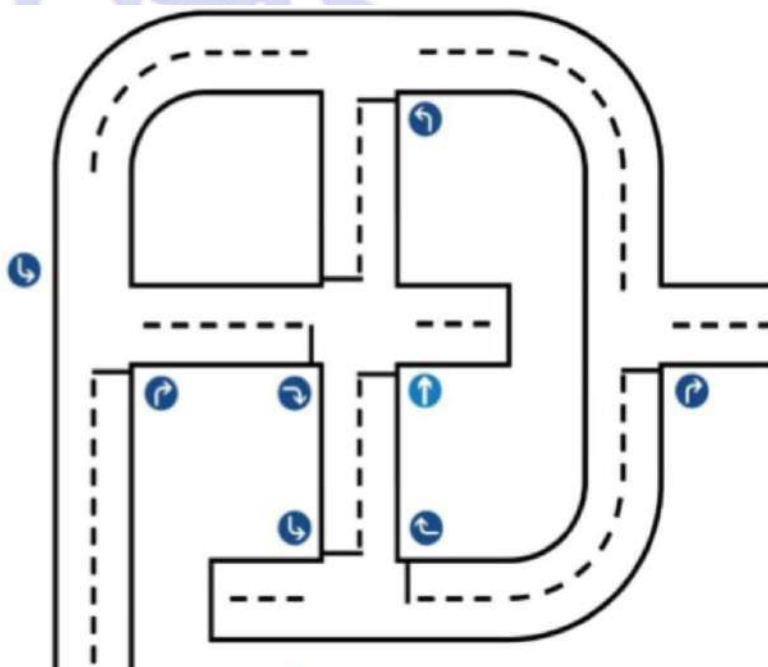
شناسه	تصمیم خودرو	نشانگر تابلو	تصویر تابلو	نام تابلو
۰	نباید وارد خیابانی شد که در ابتدایش این تابلو وجود دارد.			ورود ممنوع
۱	نباید وارد خیابانی شد که در ابتدایش این تابلو وجود دارد.			بن‌بست
۲	باید مسیر سمت راست تقاطع انتخاب شود.			فقط عبور به راست مجاز است.

<sup>۴</sup> Gazebo

<sup>۵</sup> Apriltag 36h11

۳	باید مسیر سمت چپ تقاطع انتخاب شود.			فقط عبور به چپ مجاز است.
۴	باید مسیر مستقیم انتخاب شود.			فقط عبور مستقیم مجاز است.
۵	خودرو باید بایستد (این جا مقصد است).			ایست
۶	شرایط نور تغییر می کند و چراغ های جلوی خودرو باید روشن شوند.			تونل
۷	پایان تونل، چراغ های جلوی خودرو باید خاموش شوند.			پایان تونل

جدول ۱: اطلاعاتی درباره اپریل تگ ها در مسیر شهری و اینکه خودرو باید چه تصمیمی بگیرد



شکل ۳: نمونه ای از نقشه احتمالی مسابقه در محیط شهری

خودرو باید با اعلام شروع مسابقه شبیه‌سازی استارت بزند و با پیروی از علائم راهنمایی و رانندگی در مقصد، یعنی جایی که تابلوی «ایست» قرار دارد توقف کند. حداقل یک نقاط بازرسی بین هر دو تقاطع وجود دارد و برای هر تصمیم اشتباهی که در تقاطع گرفته شود، امتیاز کسر می‌شود و خودرو نمی‌تواند دیگر به رقابت ادامه دهد.

خودرو باید بین خطوط خیابان (در خط سمت راست) حرکت کند، مگر اینکه برای ممانعت از برخورد با مانع از خط راست خارج شود. (در نسخه جدید شبیه‌ساز، برای کسب امتیاز نقاط بازرسی، خودرو باید در مسیر صحیح قرار گیرد).

متناسب با هر مرحله، ممکن است موانعی در خیابان وجود داشته باشد و اگر خودرو به آنها برخورد کند، رقابت به پایان می‌رسد.

## ۶. رقابت مجازی

قبل از هر مسابقه و در زمان تعیین شده توسط داور، تیم‌ها موظفند فایل نهایی پروژه خود را به کمیته فنی ارسال کنند. ارزیابی تیم‌ها در هر مسابقه بر اساس آخرین فایل‌های ارسالی تا پیش از موعد مقرر خواهد بود. پس از این مدت فایل‌های دریافتی پذیرفته نمی‌شوند.

تمامی مسابقات به صورت زنده از برخی شبکه‌های اجتماعی پخش می‌شود و تیم‌ها می‌توانند مسابقات را تماشا کنند.

جزئیات نحوه برگزاری مسابقات طی روزهای آینده به اطلاع تیم‌ها خواهد رسید. لطفاً اطلاعیه‌های بعدی را دنبال کنید.

هر تیم باید یک نفر را به عنوان سرپرست به کمیته فنی معرفی کند تا فایل‌های هر دور از رقابت‌ها را ارسال کند.

## ۷. مدل امتیازدهی به مسابقات خودروهای خودران

در بخش رقابت سرعت، امتیاز بر اساس زمان کل ( $T_{total}$ ) و تعداد نقاط بازرسی ( $cp$ ) رده شده محاسبه می‌شود. زمان کل، مجموع مدت زمانی است که خودرو برای تکمیل مسیر یا عبور از نقاط بازرسی‌ها صرف کرده است و همچنین زمان جریمه‌ای که به خودرو بر حسب اینکه چقدر خوب به‌طور خودران مسیر را طی کرده است تعلق گرفته است. جدول جریمه‌ها در زیر نشان داده شده است:

تعریف جریمه	زمان جریمه
هر نقطه بازرسی از دست‌رفته	تعداد کل نقاط بازرسی / زمان هر مرحله یا $(T_{stage}) * 0.5 +$

امتیاز این بخش با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$S_{AR} = (1 + \max \{T_{stage} - T_{total}/T_{stage}, 0\}) * 35 * cp$$

زمان هر مرحله ( $T_{stage}$ ) مدت زمانی است که هر تیم در هر مرحله از مسابقه برای انجام همان مرحله از مسابقه دارد و این زمان برای مرحله مقدماتی و نهایی متفاوت خواهد بود. برای مثال، اگر به تیمی ۲۰۰ ثانیه زمان داده شود و بتواند مسابقه را در ۱۰۰ ثانیه تمام کند و هیچ نقطه بازرسی را از دست ندهد (مثلاً اگر امتیاز ۱۴ ایست بازرسی را کسب کند)، جمعاً ۳۳۵ امتیاز دریافت می‌کند.

## ۸. مدل امتیازدهی رانندگی خودران شهری

در این بخش خودروها باید از یک نقطه شروع، حرکت خود را آغاز کنند و طبق تابلوها در خیابان‌ها حرکت کنند و به نقطه مقصد برسند. هر نقاط بازرسی که خودرو از آن عبور کند، ۶۰ امتیاز دارد. مجموع این امتیازها منهای مجموع امتیازات جریمه که هر خودرو در حین پیمودن مسیرش دریافت کرده است، امتیاز این قسمت خواهد بود. جدول امتیازهای جریمه به شرح زیر است:

تعریف جریمه	امتیازات جریمه
عدم توقف در تقاطع	-۱۰
تصمیم‌گیری نادرست در تقاطع	-۳۰
تغییر خط نادرست (یک‌بار بین دو تقاطع)	-۲۰

(مجموع امتیازات جریمه) - {۶۰ \* (تعداد نقاط بازرسی)} = امتیاز بخش رانندگی خودران شهری (SAUD)

اگر امتیازات دو تیم در این بخش یکسان باشد، تیمی که در زمان کمتری به نقطه پایان برسد، برنده خواهد بود.

تصمیم اشتباه در محل تقاطع و انتخاب مسیر اشتباه به منزله پایان یافتن دور خواهد بود.

## ۹. امتیاز کل

امتیاز کل مجموع امتیاز مسابقه بخش سرعتی خودران و رانندگی خودران شهری است:

$$S_T = S_{AR} + S_{AUD} \quad | \quad \text{امتیاز کل} = \text{امتیاز رانندگی خودران شهری} + \text{امتیاز بخش سرعتی خودران}$$

اما برای سال ۲۰۲۱ امتیاز کل برابر با امتیاز بخش رانندگی خودران شهری است:

$$S_T = S_{AUD} \quad | \quad \text{امتیاز رانندگی خودران شهری} = \text{امتیاز کل}$$

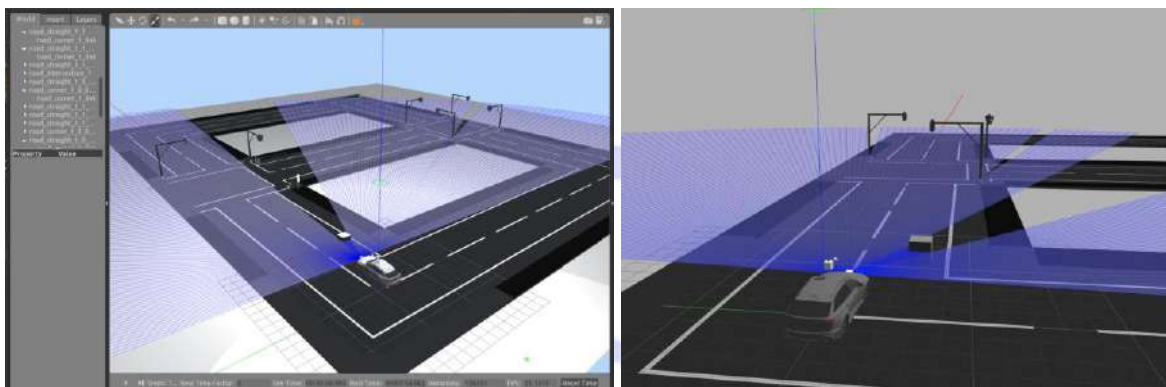
## نکات:

- خط پایان یک نقطه بازرسی در نظر گرفته می‌شود.
- هنگام عبور از هر نقطه بازرسی، خودرو باید کاملاً درون مسیر و در خط سمت راست باشد؛ در غیر این صورت، فرض بر این است که نقطه بازرسی را از دست داده است.
- امتیاز در هیچ بخشی نمی‌تواند منفی شود.
- اگر خودرو به مانع برخورد کند، دیگر قادر به ادامه مسیر نخواهد بود. اگر خودرو در محیط درون شهری از خیابان خارج شود، این امر به منزله برخورد با مانع محسوب می‌شود و دور به پایان می‌رسد.
- زمان کل بخش سرعتی خودران به گونه‌ای تعیین می‌شود که حداکثر امتیاز کسب‌شده در بخش سرعتی خودران و امتیاز رانندگی خودران شهری مسابقه تقریباً یکسان باشد.
- پس از پایان داوری مرحله نهایی و مشخص شدن تیم‌های برتر، هر یک از این تیم‌ها موظف است که کدها و الگوریتم‌ها را به کمیته فنی ارسال کند. پس از اینکه کمیته فنی کدها و الگوریتم‌ها را بررسی کرد، تیم‌های نهایی مشخص خواهند شد.
- هر دور زمانی به پایان می‌رسد که شرکت‌کننده به داور اطلاع دهد که مسابقه تمام شده است یا خودرو به مانعی برخورد کند.

## ۱۰. شبیه‌ساز



برای این مسابقات، شبیه‌ساز کاملاً طراحی شده است و مبتنی بر سکوی منبع‌باز است. تمامی فرایندهای کنترل خودرو توسط سیستم‌عامل ربات انجام می‌شود و شبیه‌سازی محیط سه‌بعدی این چالش با شبیه‌ساز گزبو طراحی و اجرا می‌شود (شکل ۴ و ۵).



شکل ۴، ۵: نماهای مختلف مسیر شهری در شبیه‌ساز گزبو

این شبیه‌ساز از <https://github.com/Fira-Autonomous-Cars> قابل دسترسی است و دستورالعمل‌های نصب نیز در این آدرس موجود در دسترس است.

عملکرد شبیه‌ساز گزبو به همراه تمام گره‌های<sup>۶</sup> مورد نیاز برای راندن خودرو در (جدول ۲) نشان داده شده است.  $T_{RT}$  زمان واقعی و  $T_{ST}$  زمان شبیه‌سازی است.

$T_{RT} - T_{ST}$ (S)	فاکتور زمان واقعی	FPS	عملکرد
$\approx 0$	$\approx 1$	$\approx 20$	بهترین
$\approx 0.3$	$\approx 0.6$	$\approx 30$	میانگین

جدول ۲: عملکرد شبیه‌ساز به تفصیل

نتایج نشان داده شده در جدول ۲ با استفاده از لپ‌تاپی با مشخصات زیر حاصل شده است؛ بنابراین آن را حداقل مشخصات مورد نیاز برای سیستم در نظر گرفته‌اند:

– واحد پردازش مرکزی (CPU): Intel® Core™ i5-5257U CPU @ 2.70GHz

– واحد پردازش گرافیک (GPU): ۲GB

– حافظه دسترسی تصادفی (RAM): ۸ GB

– اوبونتو: Ubuntu 20.04

– سیستم عامل ربات: Noetic ROS

## ۱.۱ اجرای شبیه‌ساز

پس از اتمام موفقیت‌آمیز مراحل نصب، همه‌چیز آماده است. با راه‌اندازی دستور زیر شبیه‌ساز گزبو در مسیر مسابقه راه‌اندازی می‌شود.

<sup>۶</sup> nodes

`roslaunch avisengine_environment track_race_simple.launch`

شرکت کنندگان تصویر دوربین جلو را از طریق تایپیک `catvehicle/camera_front/image_raw_front/compressed` دریافت می کنند و باید فرمان و سرعت را از طریق `catvehicle/cmd_vel_safe` ارسال کنند.

همچنین با اجرای دستور زیر می توان خودرو را به صورت دستی هدایت کرد:

`roslaunch catvehicle_tests cmdvel_unsafetest.launch`

پارامترها و موضوعات متعدد دیگری نیز وجود دارد که در آدرس زیر در دسترس است:

<https://github.com/Fira-Autonomous-Cars>

## ۱۲. فرم مشخصات فنی تیم و اسناد ویدئویی

هر تیم باید این موارد را ارسال کند:

۱. فرم مشخصات فنی تیم (TDP)

۲. ویدئویی از عملکرد خودرو در شبیه ساز

قالب TDP را می توانید در وبسایت فیرا بیابید (فرمت ترجیحی قالب LNCS Springer است). TDP باید حاوی اطلاعاتی در مورد ساخت افزار و نرم افزار مورد استفاده در خودرو باشد.

آخرین نگارش این سند از نشانی های زیر قابل دستیابی است.

<https://docs.google.com/document/d/1JIDED3eSyl1eIq4Jrc4L8M0LGSziAxxGFpkfxNdrqXAQ/edit?usp=sharing>

FIRA Autonomous Cars Github Organization Profile:

<https://github.com/Fira-Autonomous-Cars>

## آخرین نسخه قوانین

آخرین نسخه رسمی قوانین بخش چالش مسابقه شبیه سازی خودروهای خودران فیرا از لینک زیر در دسترس است:

<https://docs.google.com/document/d/1A3JSKAcG6D0XKvf3yOCAPz8LegOrYmK5SdV3zCk4-c4/>