

پروژه بینایی ماشین

تشخیص برخورد توپ با دیوار

اعضا:

هومن مهرآفرین

امیرحسین کاظم‌نژاد

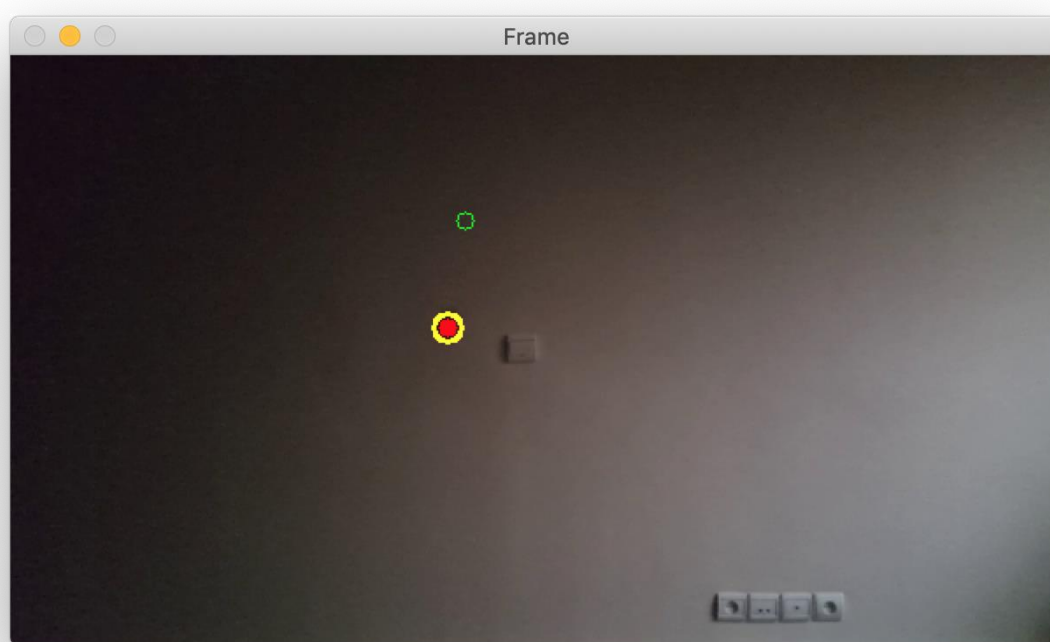
امیرمحمد کاظمینی‌زاده

اعضا:	۱
۱ دربارهی پروژه	۳
۲ مراحل پیاده‌سازی	۳
۲/۱ الگوریتم تشخیص توپ	۴
2.1.1 روش <i>canny</i>	۴
۲/۱/۲ روش اختلاف پس‌زمینه	۵
۲/۲ تشخیص برخورد	۸
۲/۲/۱ تشخیص برخورد بر اساس فاصله	۸
۲/۲/۲ تشخیص برخورد بر اساس سرعت	۱۰
۲/۲/۳ تشخیص برخورد بر اساس شتاب	۱۰
۲/۲/۴ روش نسبت مشتق شتاب به اختلاف شتاب میانگین	۱۱
۲/۲/۵ روش تشخیص الگو حرکت بر اساس <i>Kalman Filter</i>	۱۱

۱ درباره‌ی پروژه

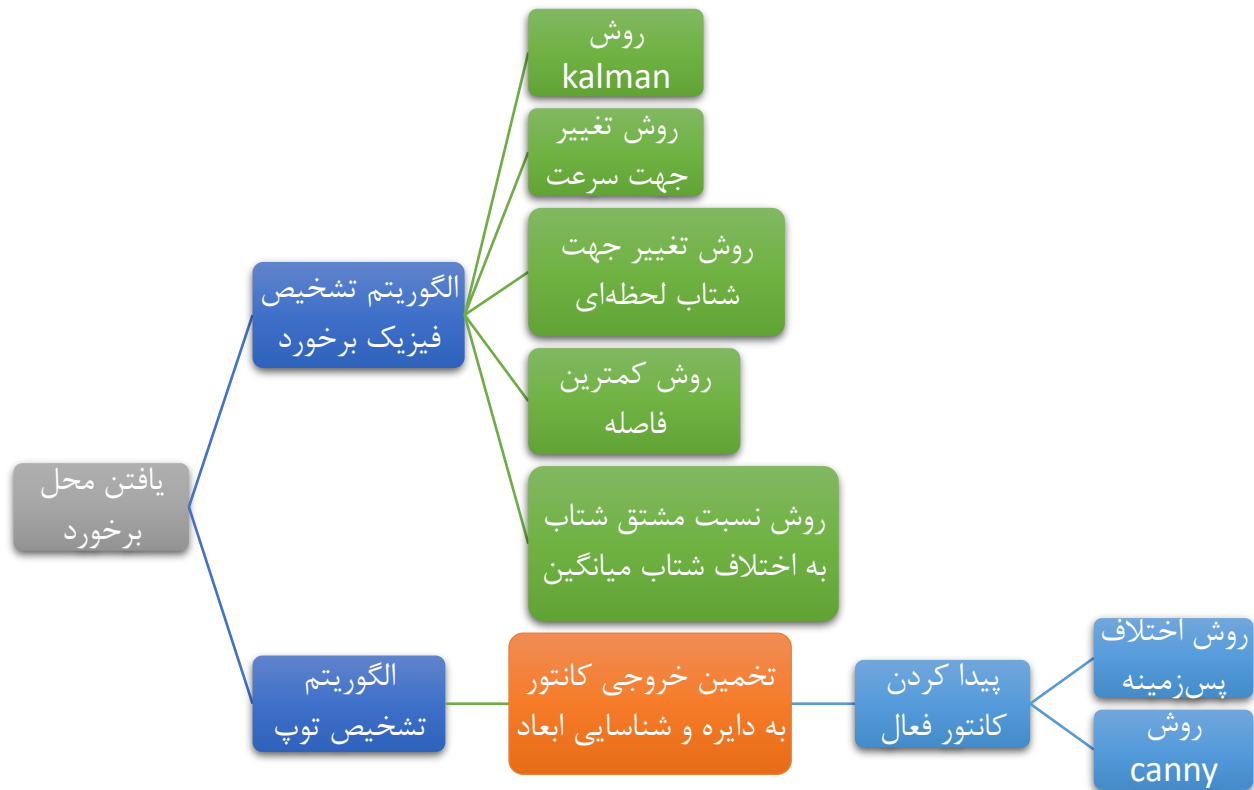
در این پروژه قصد داریم توپی را به کمک تکنیک‌های پردازش تصویر و بینایی ماشین، شناسایی و مسیر حرکت را الگوییابی کنیم. پس از تشخیص حرکت و تغییرات ناگهانی آن، با استفاده از فیزیک مکانیک زمان و مکان برخورد توپ را بیابیم. در این پروژه با چالش‌های قابل توجهی برخورد کردیم که از جمله آن‌ها میتوان به تغییرات نورپردازی، تغییرات پس‌زمینه، نیازمندی به دانش فیزیک مکانیک و تغییرات رنگ توپ اشاره کرد. در ادامه ابتدا به بررسی مراحل پیاده‌سازی و رفع چالش‌ها میپردازیم. کدهای این پروژه به طور کامل در آدرس گیت زیر قابل دسترس است:

https://github.com/amirmohammadkz/ball_wall_hit_detection



شکل 1: دایره سبز محل توپ و دایره زرد مکان توپ در هر نقطه را نشان می‌دهد.

۲ مراحل پیاده‌سازی



شکل 2: نمودار مراحل حل مسئله

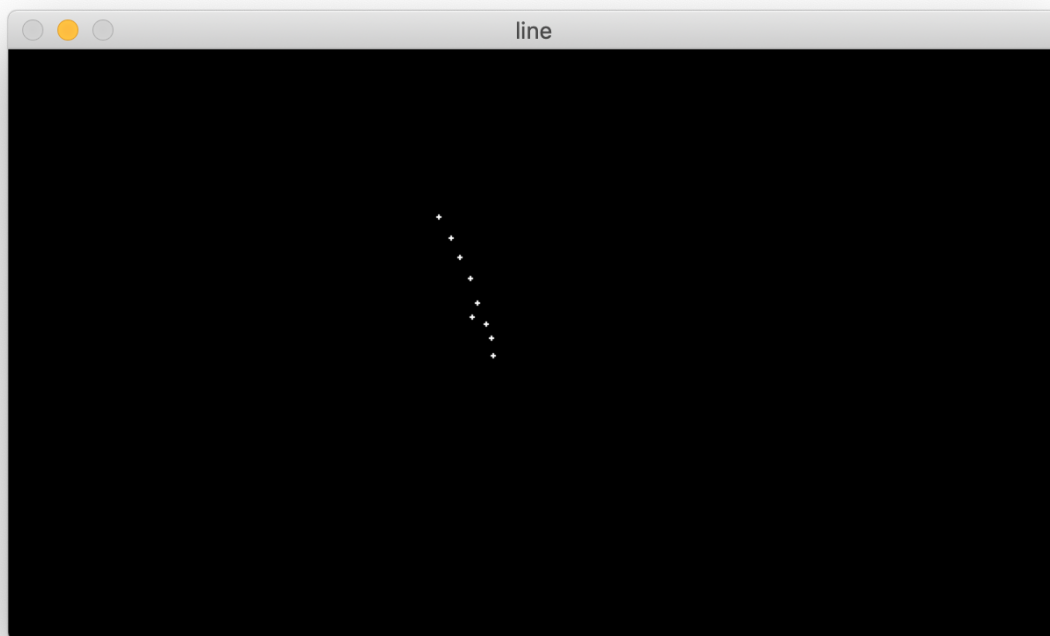
۲.۱ الگوریتم تشخیص توپ

در مرحله‌ی تشخیص توپ از دو روش canny و اختلاف پس‌زمینه استفاده شده است که هر دو روش، توپ را به درستی تشخیص می‌دهند. اما با توجه به وجود مقداری noise، این الگوریتم‌ها به تنهایی کارایی لازم و کافی را ندارند و محدوده‌های دیگری نیز به عنوان توپ تشخیص می‌دهند. بنابراین از خروجی این دو روش اشتراک گرفته می‌شود تا یک خروجی سالم و صحیح برای ادامه‌ی کار آماده گردد (شکل ۷). در این مرحله توپ به صورت یک محدوده‌ی بسته برای ورودی مرحله‌ی بعد مهیا است. با استفاده از یک کانتور فعال و استفاده از minEnclosingCircle، دایره‌ی محیط بر آن را پیدا می‌کنیم. سپس با اندکی نرم کردن آن، مرکز آن را یافته و در نتیجه شعاع و مرکز را به خروجی می‌دهیم (شکل 4).

۲.۱.۱ روش canny

برای تشخیص توپ ابتدا، بازه‌ی رنگ توپ را به صورت hsv تعیین می‌کنیم. پس از آن، با یک آستانه‌گذاری سخت این محدوده را فیلتر می‌کنیم. حال رنگ این محدوده را در این frame تقویت کرده و بقیه محدوده‌ها را تیره تر می‌کنیم. سپس خروجی سیاه‌سفید آن را به الگوریتم canny می‌دهیم تا مرزها را تشخیص دهد. با توجه به تقویت رنگ و تعیین حساسیت canny، مرزهای توپ به دست می‌آیند. سپس با تبدیلات

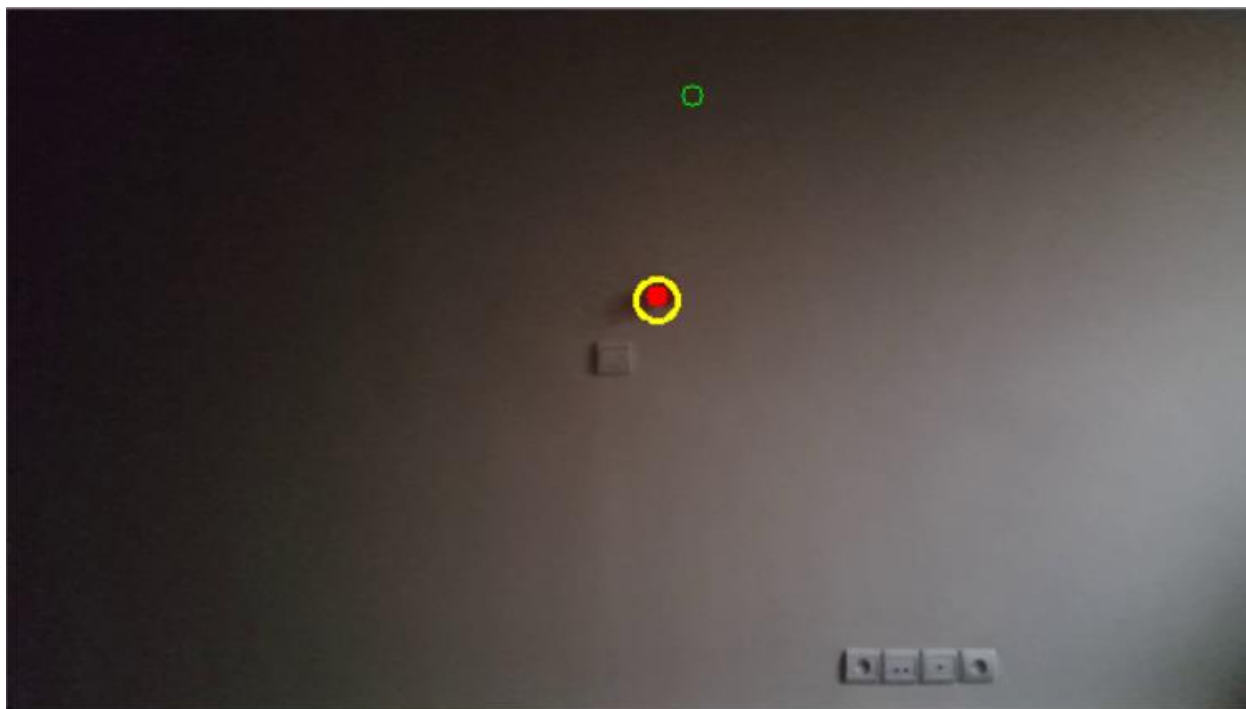
morphology، ناحیه‌ی توپ را پر می‌کنیم و این خروجی را به عنوان خروجی روش canny به ادامه‌ی الگوریتم پاس می‌دهیم. نتیجه‌ی آن در شکل ۵ موجود است.



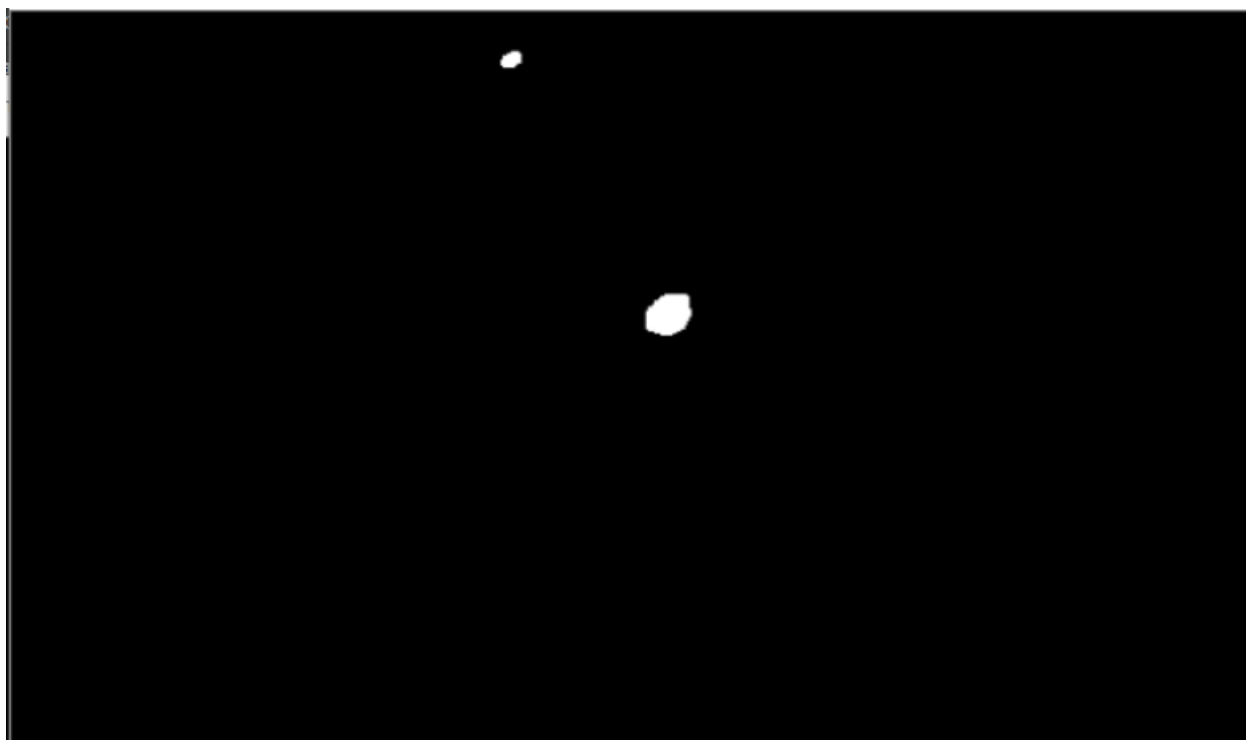
شکل 3: مراکز تشخیص داده شده در *frame* های متوالی از توپ

۲,۱,۲ روش اختلاف پس‌زمینه

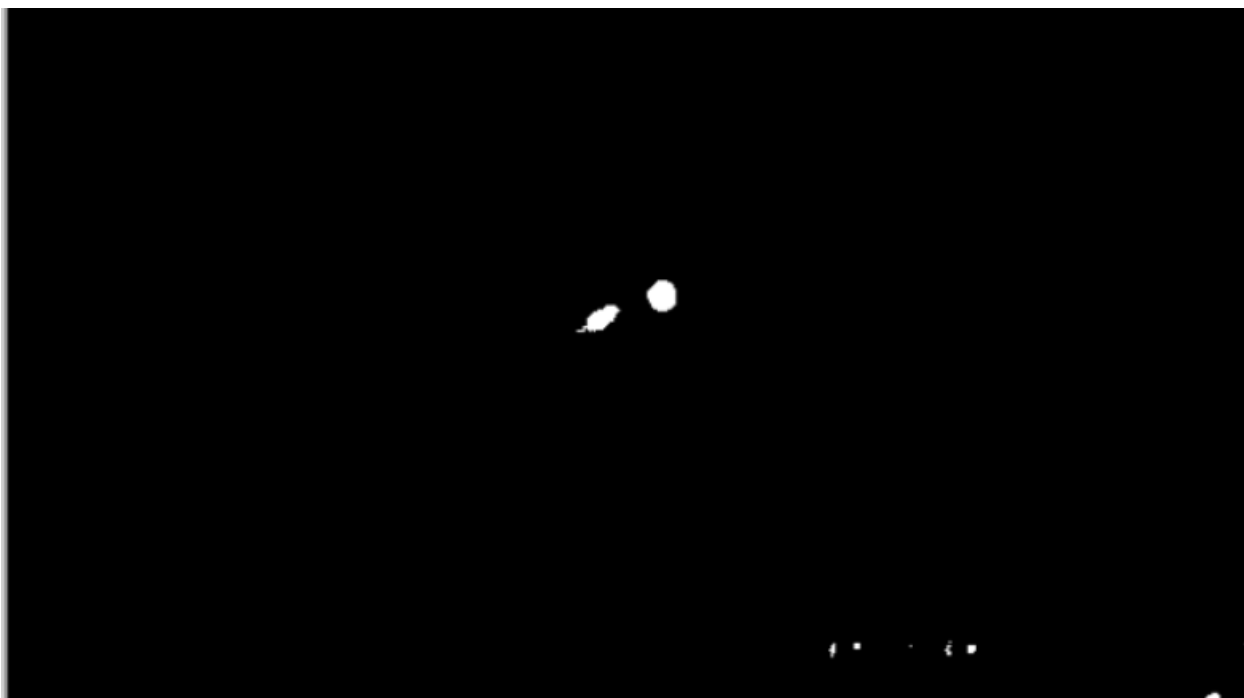
برای تشخیص پس‌زمینه، *frame* ای که در آن هیچ گونه جسمی (توپ یا دست) نبود را به عنوان پس‌زمینه‌ی خود انتخاب کردیم. درواقع *frame* هایی که روش canny خروجی خالی می‌دهد را به عنوان پس‌زمینه در نظر گرفتیم. پس از آن، در هر *frame* جدید، ابتدا یک فیلتر گوسی روی آن اعمال می‌کنیم و از پس‌زمینه‌ی به‌دست آمده که آن هم رویش فیلتر گوسی اعمال شده کم می‌کنیم. حاصل یک تصویری است که مکان‌های غیر پس‌زمینه را به صورت خاکستری نشان می‌دهد. با انتخاب یک بازه‌ی رنگی سیاه‌سفید به عنوان آستانه، توپ را از آن محل استخراج می‌کنیم. خروجی این روش در شکل ۶ موجود است.



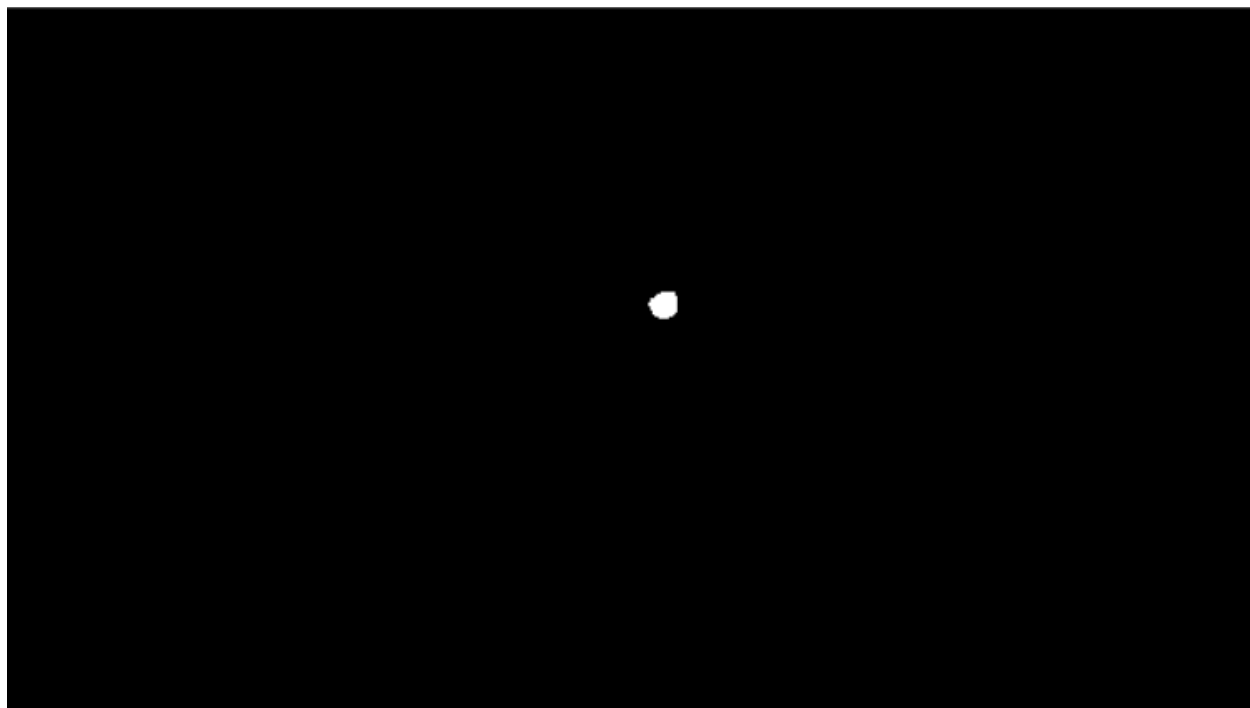
شکل ۴: *frame* اصلی. نقطه‌ی قرمز مرکز توپ و دایره‌ی زرد محدوده‌ی توپ است



شکل ۵: خروجی روش *canny*



شکل ۶: خروجی روش اختلاف پس‌زمینه



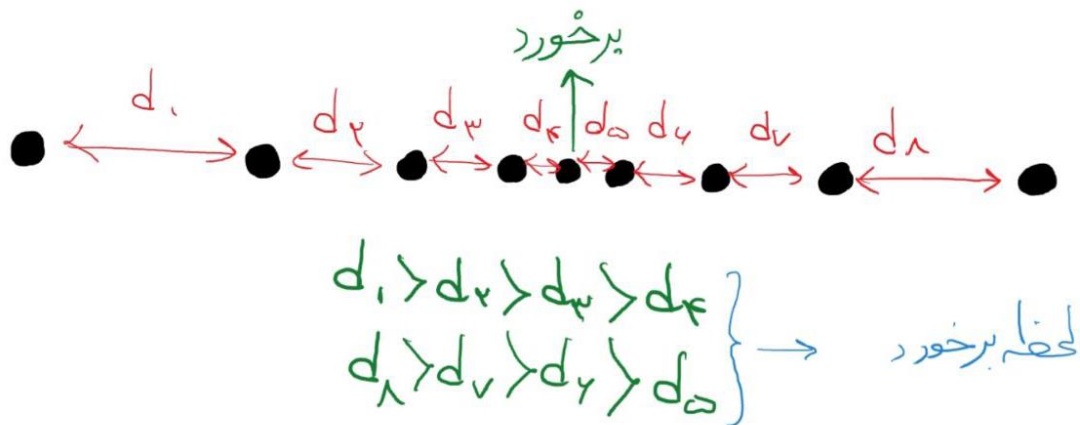
شکل ۷: اشتراک خروجی روش canny و روش اختلاف پس‌زمینه

۲,۲ تشخیص برخورد

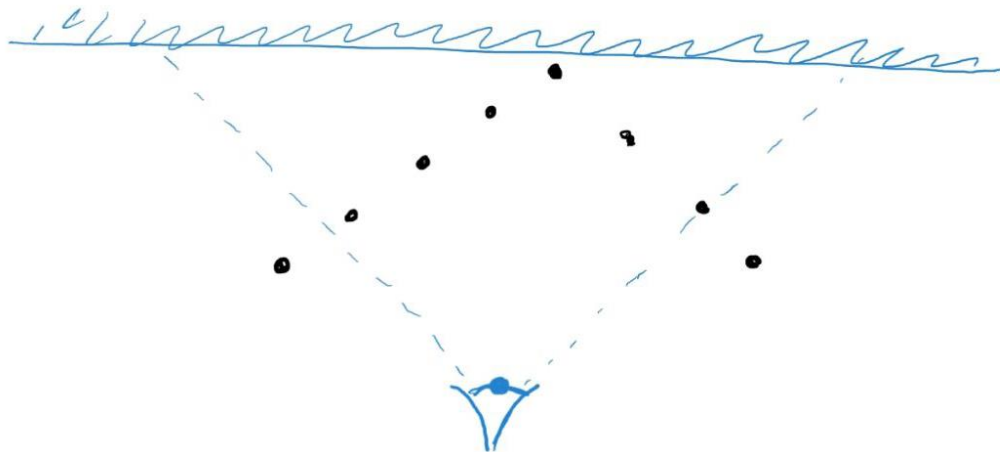
برای تشخیص برخورد توپ با دیوار ما چند الگوریتم را پیاده سازی کردیم. سپس با استفاده از روش رای گیری، در هر پرتاب بهترین محل برخورد را انتخاب کرده و به عنوان خروجی معرفی می کنیم.

۲,۲,۱ تشخیص برخورد بر اساس فاصله

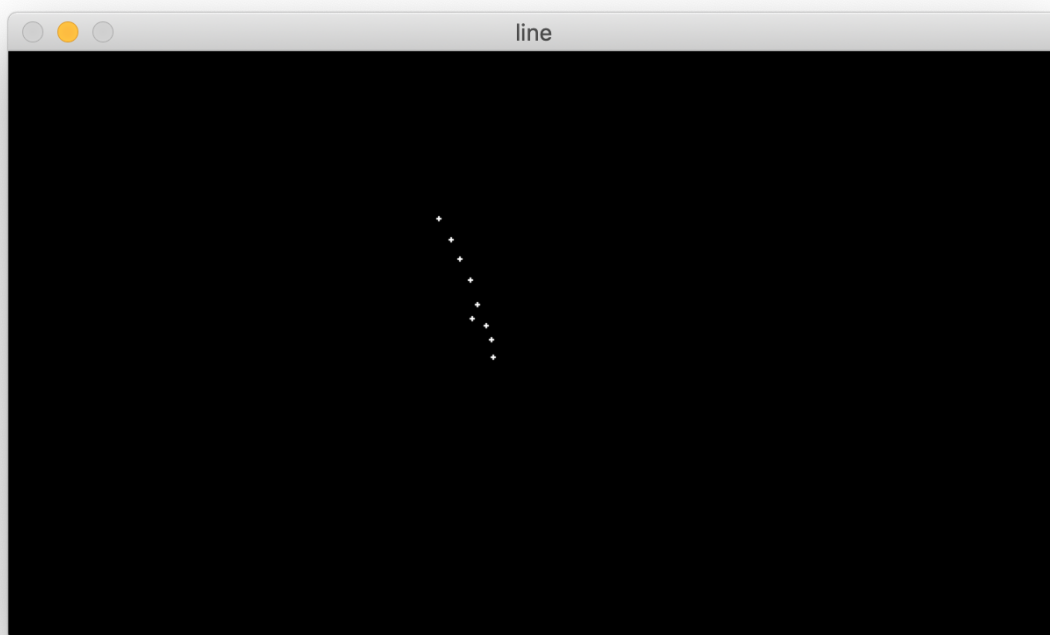
در این روش، برای یافتن توپ از ترکیب تاثیر پرسپکتیو و کم شدن سرعت توپ موقع برخورد استفاده کرده ایم. نکته ی مهم این است که فاصله ی زمانی frame ها ثابت است بنابراین فاصله ی توپ ها در هر دو frame متوالی، نماینده ی سرعت است. در لحظه ی برخورد این سرعت کم می شود. همچنین با توجه به دور شدن توپ از لنز و تاثیر پرسپکتیو، این احساس به ناظر دست می دهد که توپ سرعت کمتری دارد (شکل ۹). در نتیجه در لحظه ای که فاصله ی بین نقاط از روند نزولی به روند صعودی تغییر کند، آن نقطه را به عنوان محل برخورد اعلام می کنیم (شکل ۸). نتیجه ی اصلی نیز در شکل ۱۰ موجود است.



شکل ۸: محل دیده شدن توپ در هر frame از روبرو

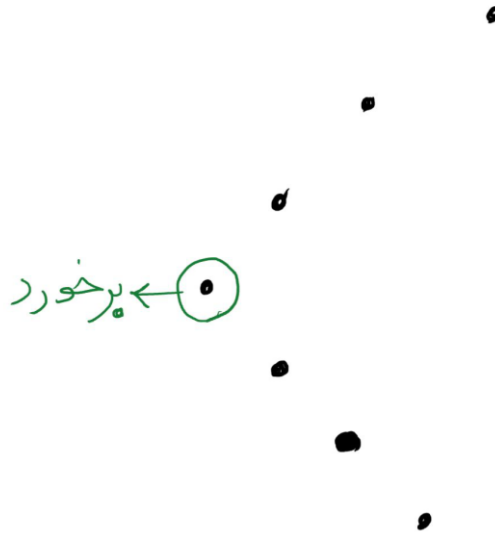


شکل ۹: محل دیده شدن توپ در هر $frame$ از بالا



شکل 10: محل دیده شدن توپ در $frame$ های متوالی، نقاط سفید مراکز توپ هستند

۲,۲,۲ تشخیص برخورد بر اساس سرعت

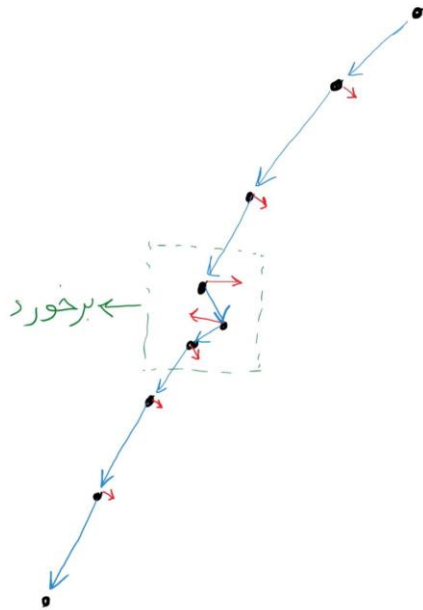


شکل ۱۱: محل دیده شدن توپ از روبرو، نقاط مشکوک مراکز توپ هستند

توپ زمانی که به دیوار برخورد می کند جهت سرعتش عوض می شود. بنابراین frame به frame سرعت توپ را حساب می کنیم و آن را در سرعت frame قبلی ضرب می کنیم (سرعت افقی). اگر حاصل منفی شود یعنی جهت سرعت عوض شده بنابراین آن نقطه را به عنوان نقطه ی برخورد در نظر می گیریم (شکل ۱۱).

۲,۲,۳ تشخیص برخورد بر اساس شتاب

در برخورد توپ به دیوار پدیده ی خاصی رخ می دهد که آن را الگوی نوک تیز می نامیم. با توجه به شکل ۱۰، مشاهده می شود که در زمان برخورد توپ اندکی در خلاف مسیر حرکت کرده و دوباره به مسیر اصلی باز می گردد. این پدیده ممکن است به دلیل جمع شدگی توپ اتفاق افتاده باشد یا سرعت بالای توپ موقع پرتاب و تاثیر دوربین روی آن. حال ما از پدیده ی نوک تیز در تشخیص توپ استفاده می کنیم. با توجه به شکل ۱۲ مشاهده می شود که شتاب در لحظه ی وقوع نوک تیز تغییر جهت می دهد و در باقی نقاط در جهت افقی مقدار زیادی ندارد. بنابراین با تشخیص لحظه ی تغییر جهت افقی شتاب، نقطه ی برخورد را می یابیم. با توجه به وجود خطا، از یک آستانه برای اندازه ی شتاب افقی نیز استفاده شده است که خطا کاهش یابد.



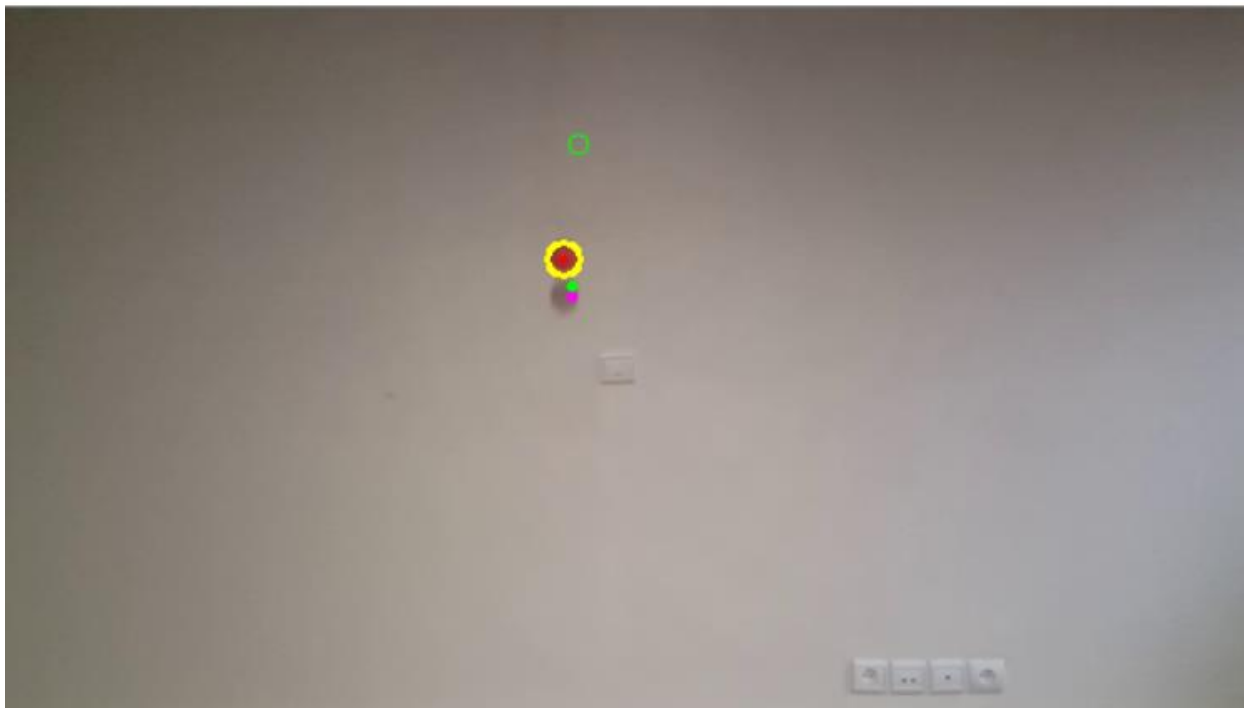
شکل ۱۲: محل دیده شدن توپ در هر frame از روبرو. نقاط مراکز توپ، بردارهای آبی سرعت و بردارهای قرمز شتاب هستند

۲,۲,۴ روش نسبت مشتق شتاب به اختلاف شتاب میانگین

با توجه به شکل ۱۲، مشاهده می‌شود که در لحظه‌ی نوک‌تیز، اختلاف شتاب لحظه‌ای به حداکثر مقدار خود می‌رسد و در باقی نقاط بسیار کم است (اختلاف شتاب لحظه‌ی برابر است با اختلاف شتاب حال با شتاب قبلی). بنابراین برای شناسایی لحظه‌ی پدیده‌ی نوک‌تیز، از نسبت اختلاف شتاب لحظه‌ای به اختلاف شتاب میانگین استفاده می‌کنیم. در زمانی که از آستانه‌ی مدنظر بیشتر شد، به عنوان خروجی آن مکان و زمان را معرفی می‌کنیم. این الگوریتم به تنهایی نسبت به سایر الگوریتم‌ها دقت بالاتری داشته است.

۲,۲,۵ روش تشخیص الگو حرکت بر اساس Kalman Filter

در این روش با توجه به مدل حرکتی توپ، یک فیلتر کالمن ساخته می‌شود و توپ را ردیابی می‌کند. با استفاده از اختلاف مکان پیش‌بینی شده‌ی توپ با مکان دیده‌شده‌ی توپ، لحظه‌ی برخورد تشخیص داده می‌شود. لازم به ذکر است که برخلاف تصور، این روش در عمل دقت بالایی ندارد.



شکل ۱۳: خروجی تشخیص برخورد به کمک فیلتر *Kalman*