

به نام خدا



# عیب یابی خطوط انتقال قدرت برق با پرندۀ چهار پره بوسیله بینایی ماشین و یادگیری عمیق

امیرحسین جراره ۹۵۴۱۱۲۶۱

استاد پروژه : دکتر عرب خابوری

زمستان ۹۹

## فهرست مطالب:

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنشین

کواد کوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

# مقدمة

## بررسی خرابی های احتمالی اجزای خطوط انتقال قدرت



برای بررسی خرابی های احتمالی اجزای خطوط انتقال قدرت مانند( مقره ها ، هادیها، اتصالات و ...) نیاز است هر از چند گاهی اپراتورها به بالای دکل رفته و خطوط را مورد بررسی قرار دهند

معایب این روش :

- خطر سقوط از بالا دکل
- خطر برق گرفتگی
- اتلاف وقت
- خستگی نیروی انسانی
- خطا در تشخیص

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

# راه حل موجود چیست؟



- مشورت با اساتید صاحب نظر
- مشورت با کارشناسان اداره برق استان هرمزگان
- مقالات
- اینترنت

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنویس

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

# استفاده از پرنده های بدون سرنشین با قابلیت تصویر برداری



مزايا :

- امنیت بالا
- سرعت زیاد و صرفه جویی در زمان
- دقت مناسب در تشخیص و کاهش خطاهای انسانی

معایب :

- عدم توانایی پرواز پرنده در شرایط جوی نامساعد

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرنده های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

# خطوط انتقال برق

# اجزای تشکیل دهنده خط انتقال

خط انتقال هوایی رایج ترین خط انتقال موجود در سطح دنیاست که در آن از دکل برق یا تیر برق برای نگه داشتن کابلها بالاتر از سطح زمین استفاده می‌شود.



- دکل
- هادی
- مقره
- کلمپ
- ترانسفورماتور
- برق گیر

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

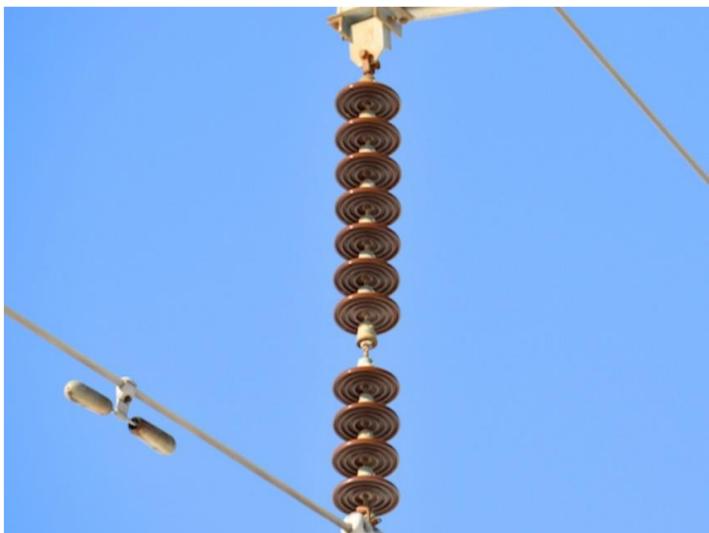
## مقره

مقره ها تجهیزاتی در شبکه انتقال قدرت می باشند که در جهت نگه داشتن هادی های الکتریکی دارای ولتاژ و عایق سازی آن ها از بازو های نگهدارنده پایه ها مورد استفاده قرار می گیرند.

در بین اجزای تشکیل دهنده خطوط انتقال مقره ها بیشترین آمار خرابی را دارند و متناوباً باید سلامت آنها بررسی شود



مقره سالم



مقره شکسته



آرکزدگی در مقره



سوختگی در قره

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

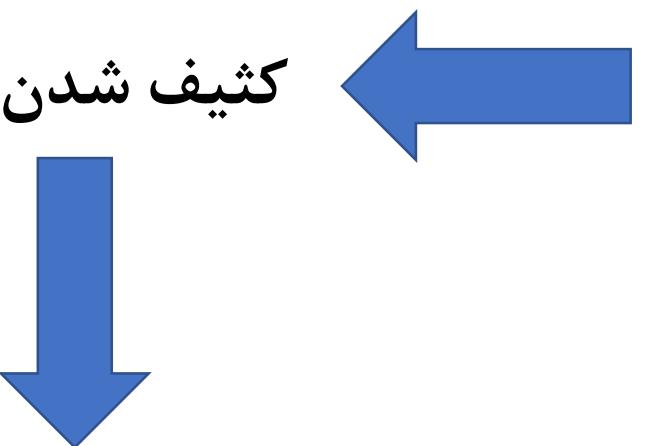
## مشکل اصلی برق استان خوزستان



شست و شوی مقره با آب مقطر

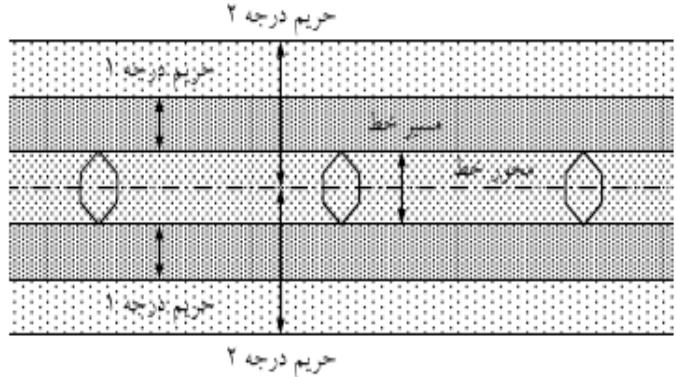
به دلیل شدت گرد و غبار و رطوبت در استان خوزستان برق این منطقه دچار نوسان شد که مسؤولان برقی راه حل این مساله را شستشو مقره عنوان کردند به عبارتی باید گفت که مقره موجب قطع برق این استان شده است.

گرد و غبار  
کثیف شدن مقره



از بین رفتن خاصیت عایقی مقره

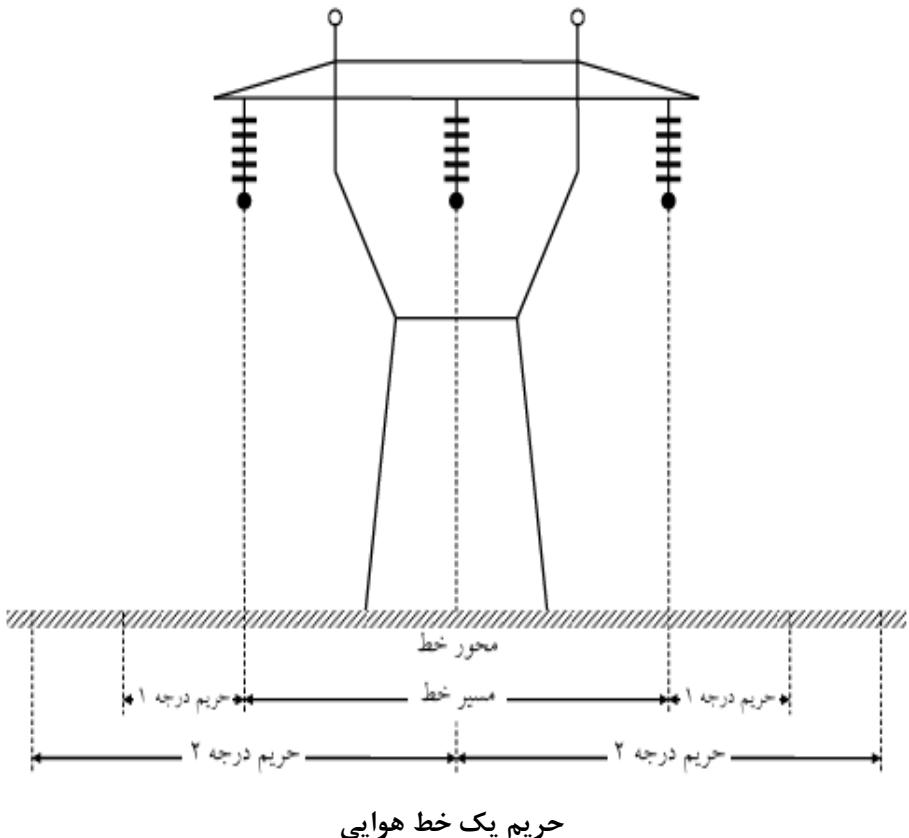
# حریم خطوط هوایی



در جدول پایین این محدوده را برای ولتاژ های مختلف مورد تایید وزارت علوم می بینید.  
در محدود شهری می توان از حریم درجه ۲ صرف نظر کرد و حریم درجه ۱ را تا ۳۰ درصد کاهش داد که این متناسب با تایید شورای شهر و شهرداری ها با تایید مراجع ذیصلاح می باشد.

ولتاژ خط(کیلو ولت)	حریم درجه ۱ (متر)	حریم درجه ۲ (متر)	۷۵۰	۴۰۰	۲۳۰	۱۳۲	۶۳	۳۳	۲۰	۱۱
	۲۵	۲۰	۱۷	۱۵	۹	۵	۳	۳	۳	۱
	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	۲۰	۱۵	۵	۵	۵	۲

جدول ۱ حریم یک خط هوایی در ولتاژ های مختلف



بیشترین مقداری که می توان به خط نزدیک شد:

1KV → 1cm

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

# پرندگان بدون سرنوشت

## کاربرد پرنده های بدون سرنشین

پرنده های بدون سرنشین به دلیل هزینه های پایین ساخت و عملکرد قابل توجهی که دارند نقش مهمی را در صنایع مختلف نظامی ، عمرانی و ... ایفا می کنند . امروزه این نوع پرنده ها در زمینه های مختلفی همچون امداد و نجات ، عکاسی و فیلم برداری هوایی ، بررسی معادن ، حمل بار، سم پاشی زمین های کشاورزی ، پایش خطوط برق و گاز و ... کاربرد فراوانی دارند



اطفای حریق در مناطق جنگلی با استفاده از پرنده های بال ثابت



اطفای حریق در مناطق جنگلی با استفاده از پرنده های بال ثابت



مقدمه

خطوط انتقال برق

پرنده های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

# کاربرد پرنده های بدون سرنشیین



پایش خطوط برق و گاز



مسیریابی به وسیله کوادکوپتر برای شرایط سیل زدگی

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرنده های بدون  
سرنشیین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع  
بندی

# مقایسه و انتخاب پرنده مناسب برای بازدید از خطوط انتقال



## پرنده های بدون سرنوشتی

بال ثابت



چند پره



مقدمه

خطوط انتقال برق

پرنده های بدون سرنوشتی

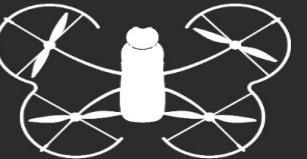
کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

# مقایسه و انتخاب پرنده مناسب برای بازدید از خطوط انتقال

		
<b>Projects</b>	Mapping	Small area mapping & inspection
<b>Applications</b>	Land surveying (rural), agriculture, GIS, mining, environmental mgt, construction, humanitarian	Inspection, cinematography/ videography, real estate, surveying (urban), construction, emergency response, law enforcement
<b>Cruising speed</b>	High	Low
<b>Coverage</b>	Large	Small
<b>Object resolution</b>	cm/inch per pixel	mm per pixel
<b>Take-off/landing area</b>	Large	Very small
<b>Flight times &amp; wind resistance</b>	High	Low

برای بازدید از المان های خطوط انتقال ، نیاز به تصویری با وضوح بالا و زاویه دید متوسط می باشد. بنابراین با توجه به توضیحات داده شده پرنده چند پره برای این کار مناسب تر است. در این پروژه جهت پیشبرد اهداف از پرنده چهارپره استفاده می شود.



مقدمه

خطوط انتقال برق

پرنده های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

# پرندہ چھارپہ (کواد کوپٹر)

## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



سخت افزار

## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## اجزای تشکیل دهنده کوادکوپتر

نرم افزار

ROS



## نرم افزار

**ARDUPILOT**



ROS



QgroundControl



Mission planner

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنشین

کوادکوپتر

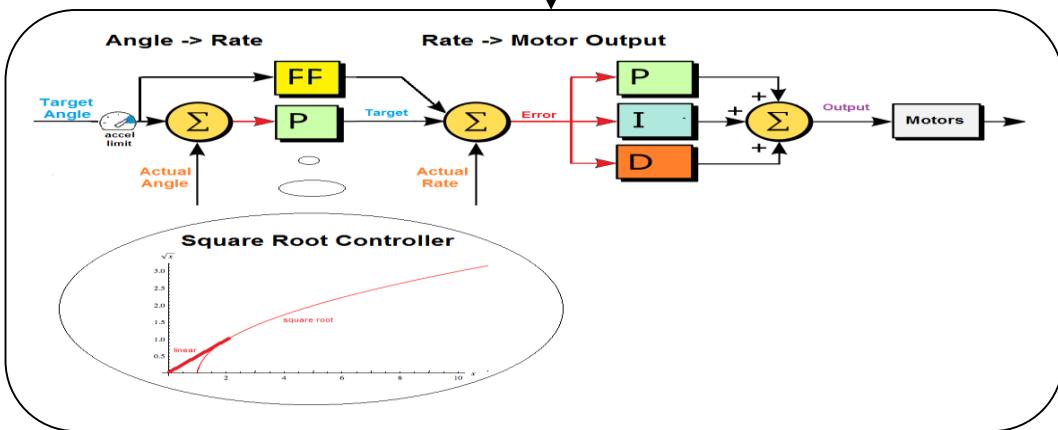
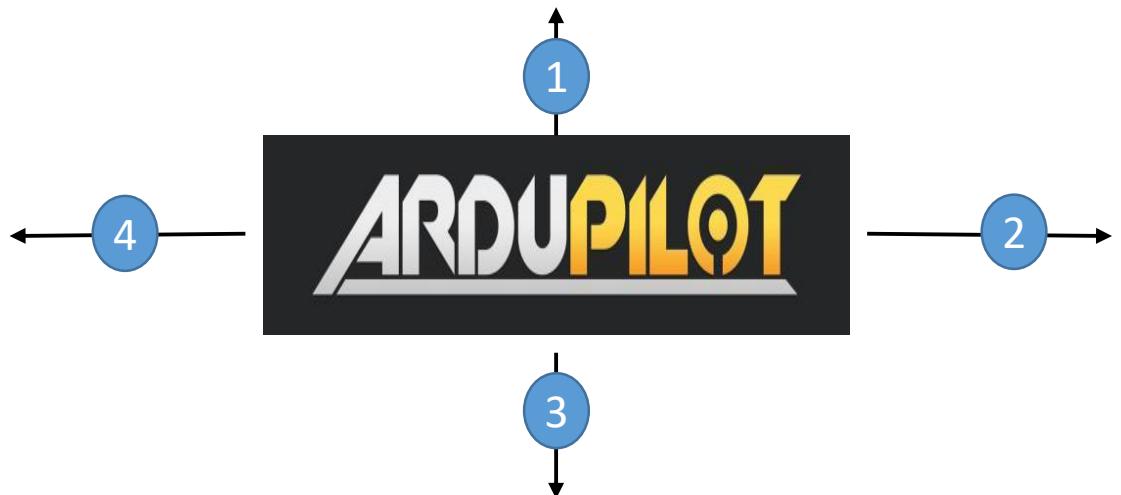
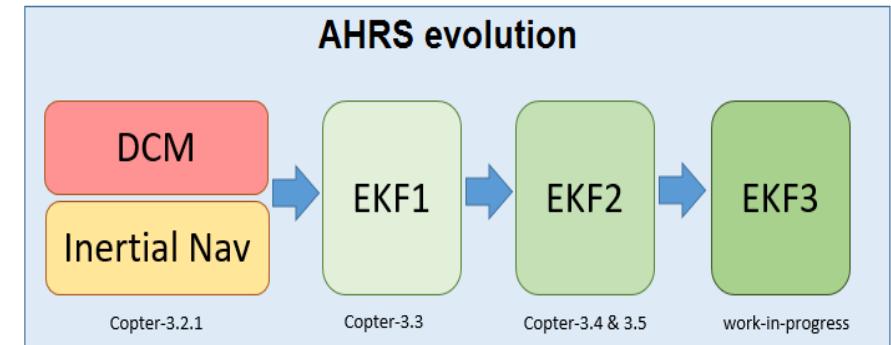
بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

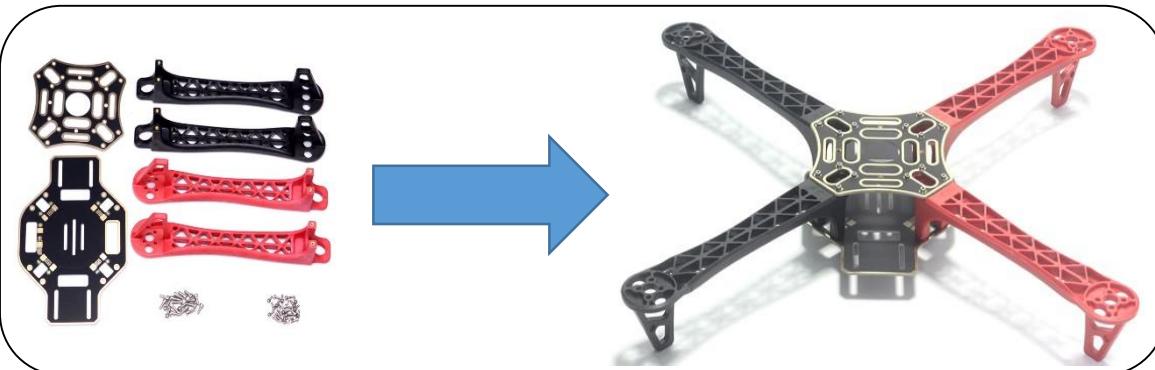
## نرم افزار

ویژگی های  
فلایت کنترلر



# سخت افزار

## اتصال قطعات



- فلايت کنترلر
- Gps TS100
- موتور براشلس tarot2214
- اسپیدکنترلر ۱۰ آمپر
- ملخ ۱۰۴۵
- دسته رادیویی
- تلمتری
- بدنه F450

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

## مشخصه های موتور



باکس	باتری	طول ملخ (IN)	تراست	جریان (A)	توان (W)	وزن (g)	دور (RPM)	دما کاری (C)
Tatot 2214/920	3S / LiPo	10*4.5	30	1.29	16.20	180	3200	27
			40	2.16	27.20	263	3800	
			50	3.18	39.80	347	4400	
			60	4.42	56.80	432	4900	
			70	6.20	75.80	540	5500	
			80	7.92	96.20	640	6000	
			90	10.16	122.00	752	6400	
			100	10.52	125.00	755	6500	

جدول ۱ مشخصه موتور tarot 2214

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنوشت

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

## محاسبات پرواز

2.16 A جریان شناوری هر موتور:

تراست معادل موتور: 40%

وزن سیستم: 1100 g

وزن وارد بر هر موتور:  $1100/4 = 275$  g

ظرفیت باتری: 3300 mAh

ظرفیت باتری بر حسب آمپر برساعت:  $3300/1000 = 3.3$  Ah

جریان شناوری همه موتور ها:  $2.16 * 4 = 8.64$  A

زمان پرواز شناور بر حسب ساعت:  $3.3 / 8.64 = 0.382$  h

زمان پرواز شناور بر حسب دقیقه:  $0.382 * 60 = 22$  min

زمان پرواز شناور موثر بر حسب دقیقه:  $0.7 * 22 = 15$  min

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنوشتین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

# سخت افزار

## شیلدینگ

Electric Field



Aluminum shield

Magneto Field



Iron shield



- رعایت فاصله مجاز

- شیلد آلومینیوم

- شیلد آهن(فریت)

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

## کالیبراسیون

شتاپ سنج

ژایروسکوپ

قطب نما

فشار

کالیبراسیون سنسورها

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنشین

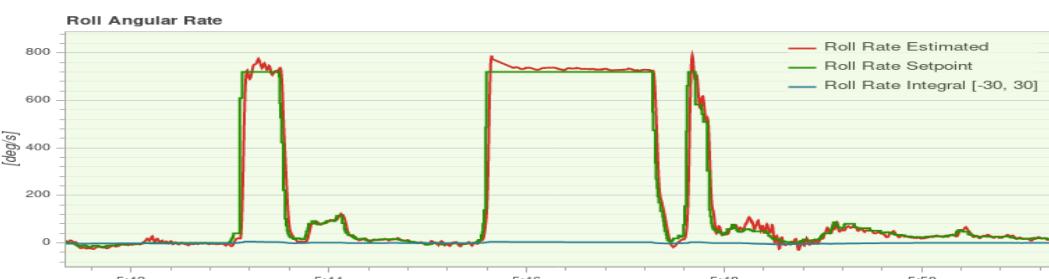
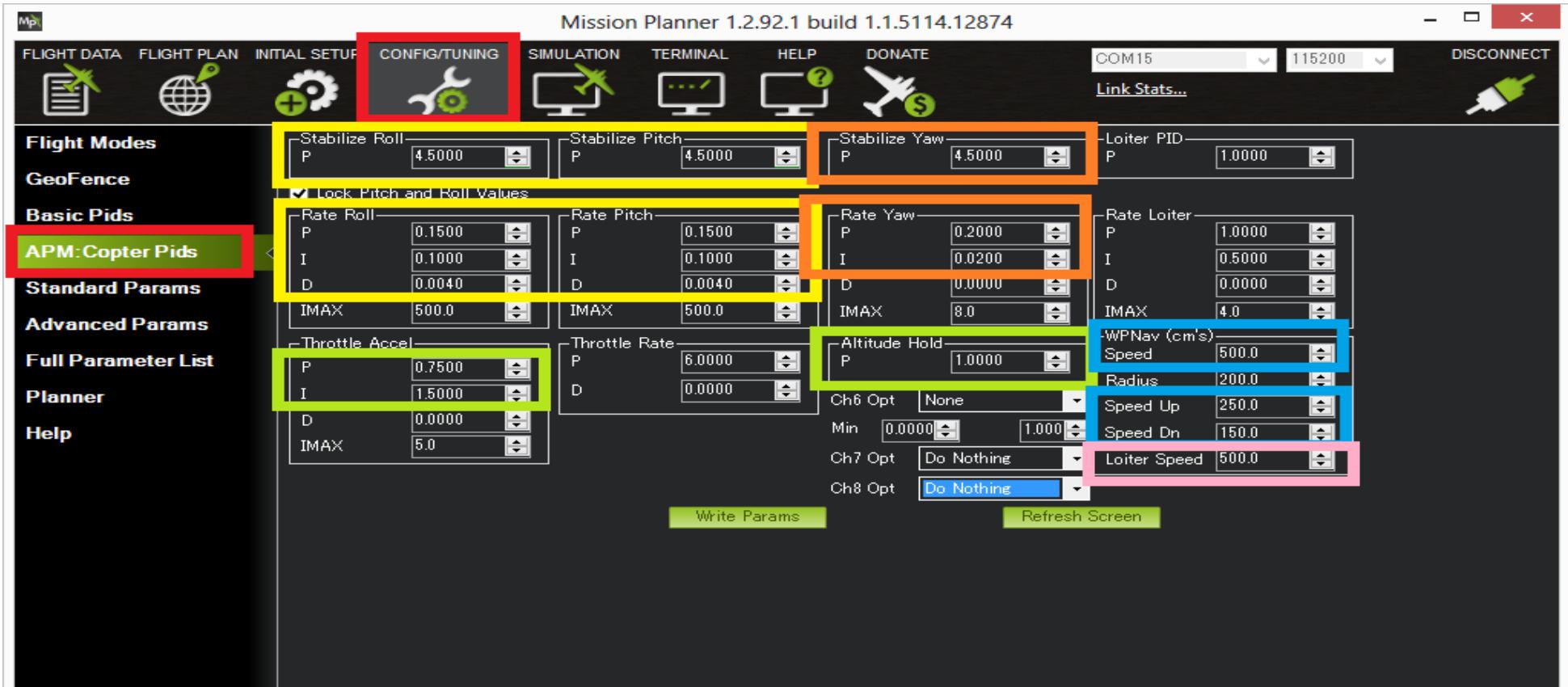
کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

# تنظیم ضرایب PID



مقدمه

خطوط انتقال برق

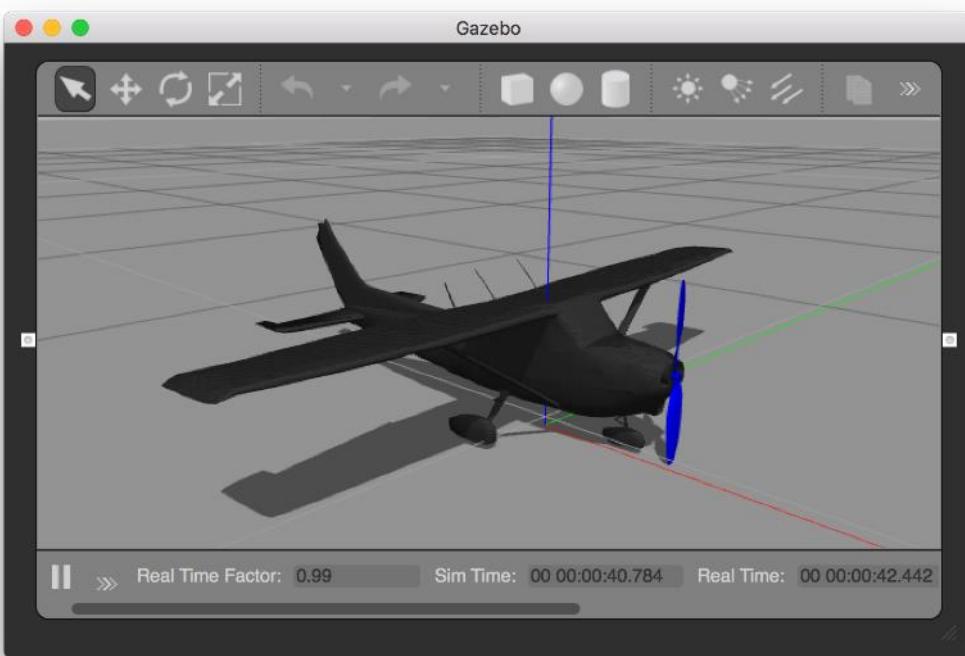
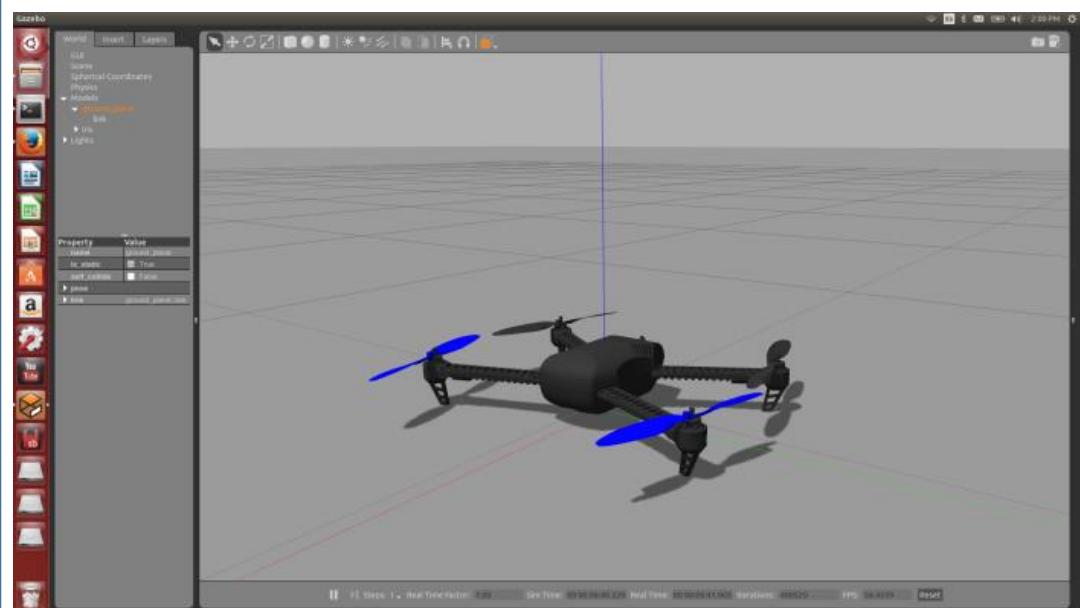
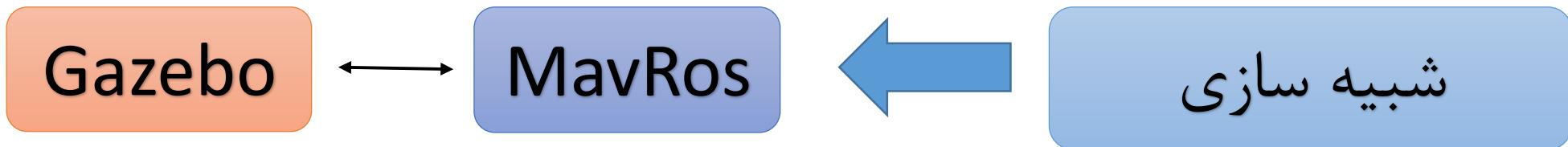
پرنده های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی



مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون  
سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع  
بندی

# تست عملی پرواز

(زمین ورزشی مدرسه خواجه نصیر بندرعباس)

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی



# بینایی

# (پردازش تصویر مقره در شبکه عصبی)

## فاکتور های مهم در پردازش تصویر

اساس کار الگوریتم های شبکه عصبی در پردازش تصویر ، به کیفیت مجموعه داده باز می گردد و بر کیفیت تصاویر مورد استفاده بر آموزش و آزمایش مدل متکی است.

در شبکه‌ی استفاده شده برای تشخیص مقره‌های سالم و خراب همه تصاویر به اندازه  $1152 \times 864$  تغییر ساز داده شده اند.

هر چه تعداد تصاویری که به یک مدل داده می شود بیشتر باشد ، دقت سیستم و در نهایت قدرت تشخیص آن بالاتر می رود . باید به این مسئله توجه کرد مجموعه تصاویری که به سیستم آموزش می دهیم نشان دهنده و نمونه‌ای از جمعیت واقعی که باید برای تشخیص نهایی استفاده شود ، باشد.

تصاویر سیاه و سفید دارای دو کanal (سیاه و سفید) و تصاویر رنگی به طور معمول دارای سه کanal رنگی RGB (قرمز ، سبز ، آبی) هستند رنگ های این تصاویر معمولاً در محدوده  $[0,255]$  قرار دارند.

اندازه تصویر

تعداد تصاویر

تعداد کanal ها

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرنده های بدون سرنشیان

کوادکوپتر

بینایی

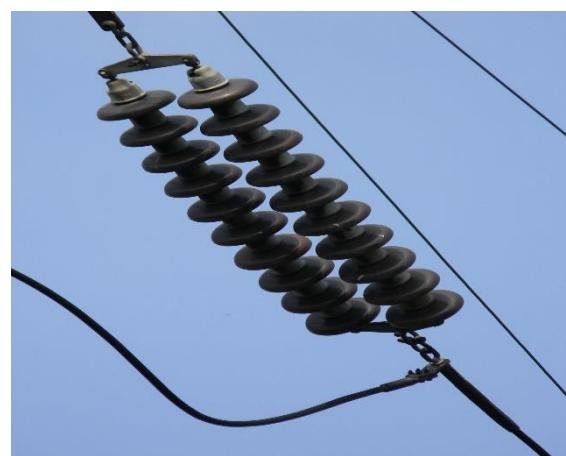
پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

## روند تهیه دیتاست

یکی از راه های جمع آوری دیتاست جستجو در اینترنت و استفاده از سایت های مختلف است . ما در این بخش از دیتاست CPLID که به صورت رایگان قرار داده شده است به همراه تصاویر دریافت شده از گوگل استفاده کرده ایم.

اینترنت



مقدمه

خطوط انتقال برق

پرنده های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

## روند تهیه دیتاست

با نصب دوربین روی کوادکوپتر و تصویر برداری از مقره های روی تیر برق ها و دکل های مختلف تصاویر تهیه شده است. به دلیل استفاده از دوربین پرنده و تصویر برداری در محیط واقعی، تاثیرگذاری این روش برای تهیه دیتاست در قدرت تشخیص شبکه به مراتب بیشتر از تهیه دیتاست از اینترنت است.

### تصویر برداری با کوادکوپتر



مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنشین

کوادکوپتر

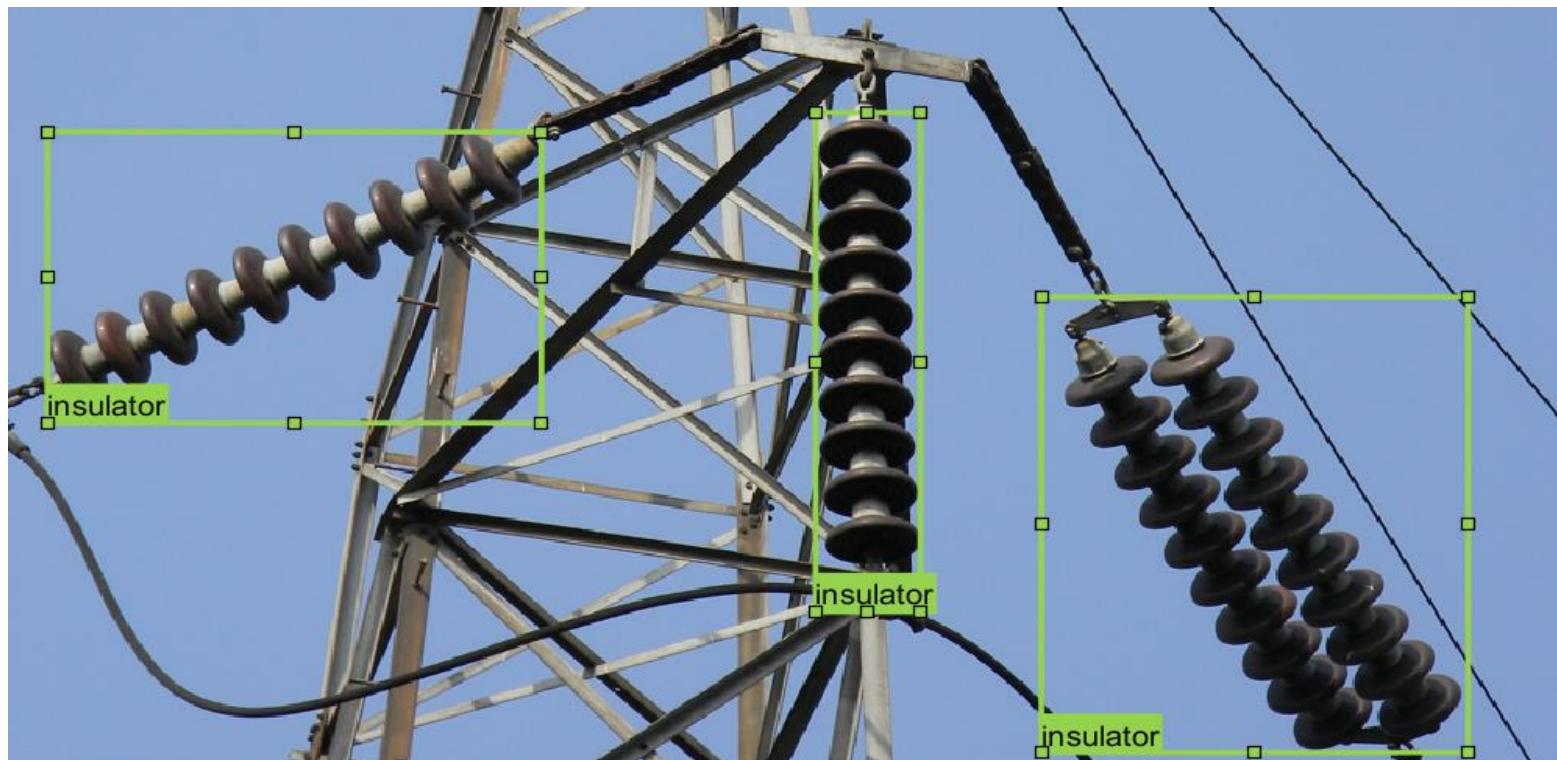
بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

## طبقه بندی و لیبل زدن تصاویر

استفاده از افزونه `labelImg` با استفاده از پایتون



مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

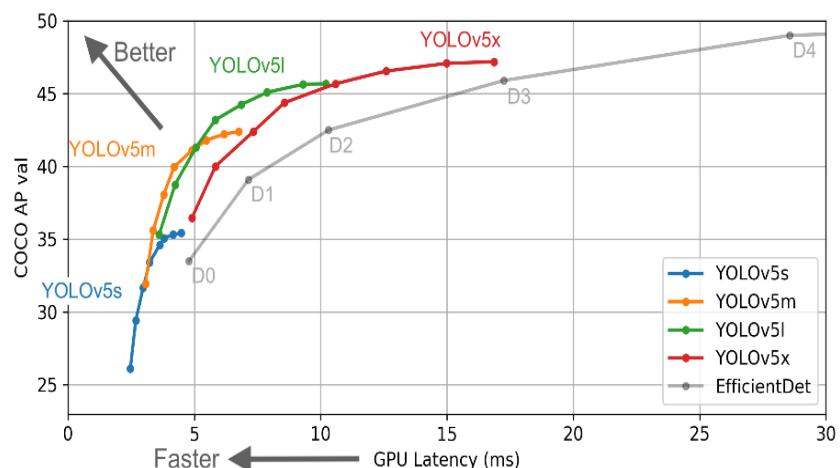
پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

## شبکه یولو ورزن ۵

Model	Pascal mAP	Speed
DPM V5	33.7	0.07 FPS 14 s/img
R-CNN	66.0	0.05 FPS 20 s/img
Fast R-CNN	70.0	0.5 FPS 2 s /img
Faster R-CNN	73.2	7 FPS 140 ms /img
YOLO	69.0	45 FPS 22 ms/img

جدول ۳ مقایسه شبکه های عصبی مختلف از نظر سرعت و دقت



شبکه یولو ورزن ۵ از محبوب ترین شبکه ها با دقت و سرعت بالا در زمینه تشخیص اشیاء می باشد . همانطور که در جدول ۳ می بینید این شبکه با پردازشی بالغ بر ۴۵ فریم عکس بر ثانیه بر روی پردازنده گرافیکی دقیقی در حدود شبکه Faster R-CNN با پردازشی در حدود ۰.۵ فریم عکس بر ثانیه می باشد . همچنین در بین نسخه های مختلف یولو ورزن ۵ ما از نسخه small به دلیل سرعت بالا و نزدیکی مقره ها به دوربین استفاده نموده ایم.

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنوشت

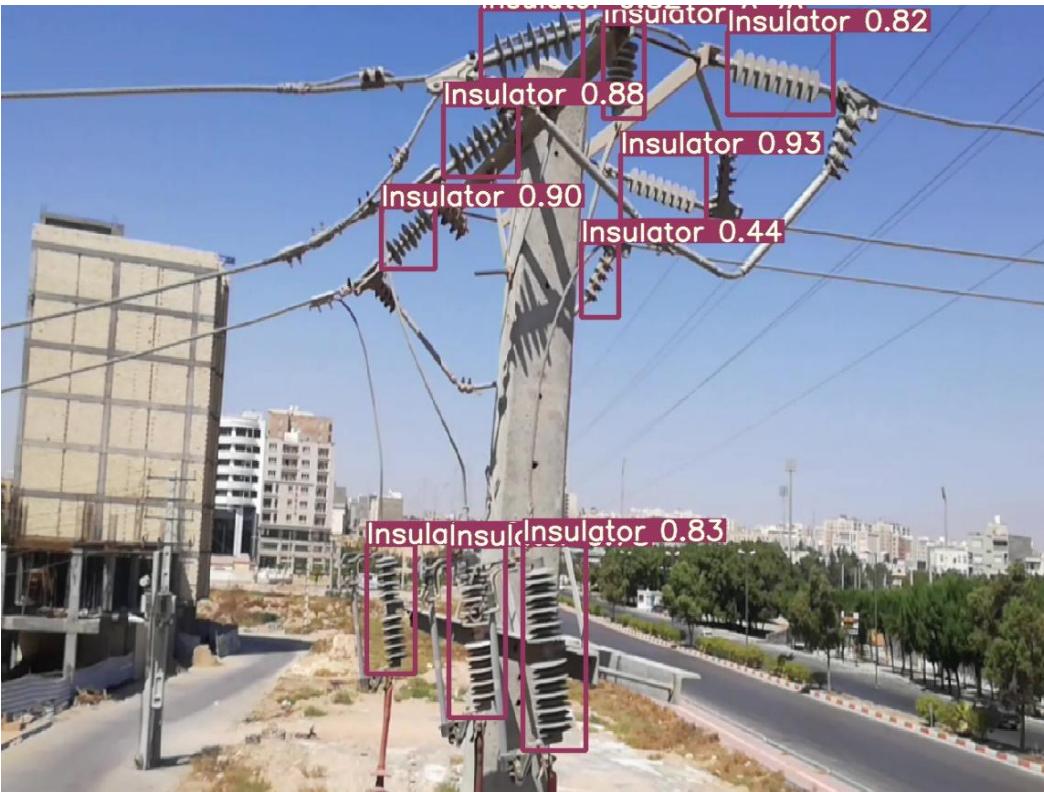
کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

## بررسی نتایج آموزش شبکه



مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنویس

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی



دوربین

1



دوربین اکشن



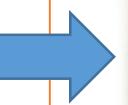
2



دوربین اکشن



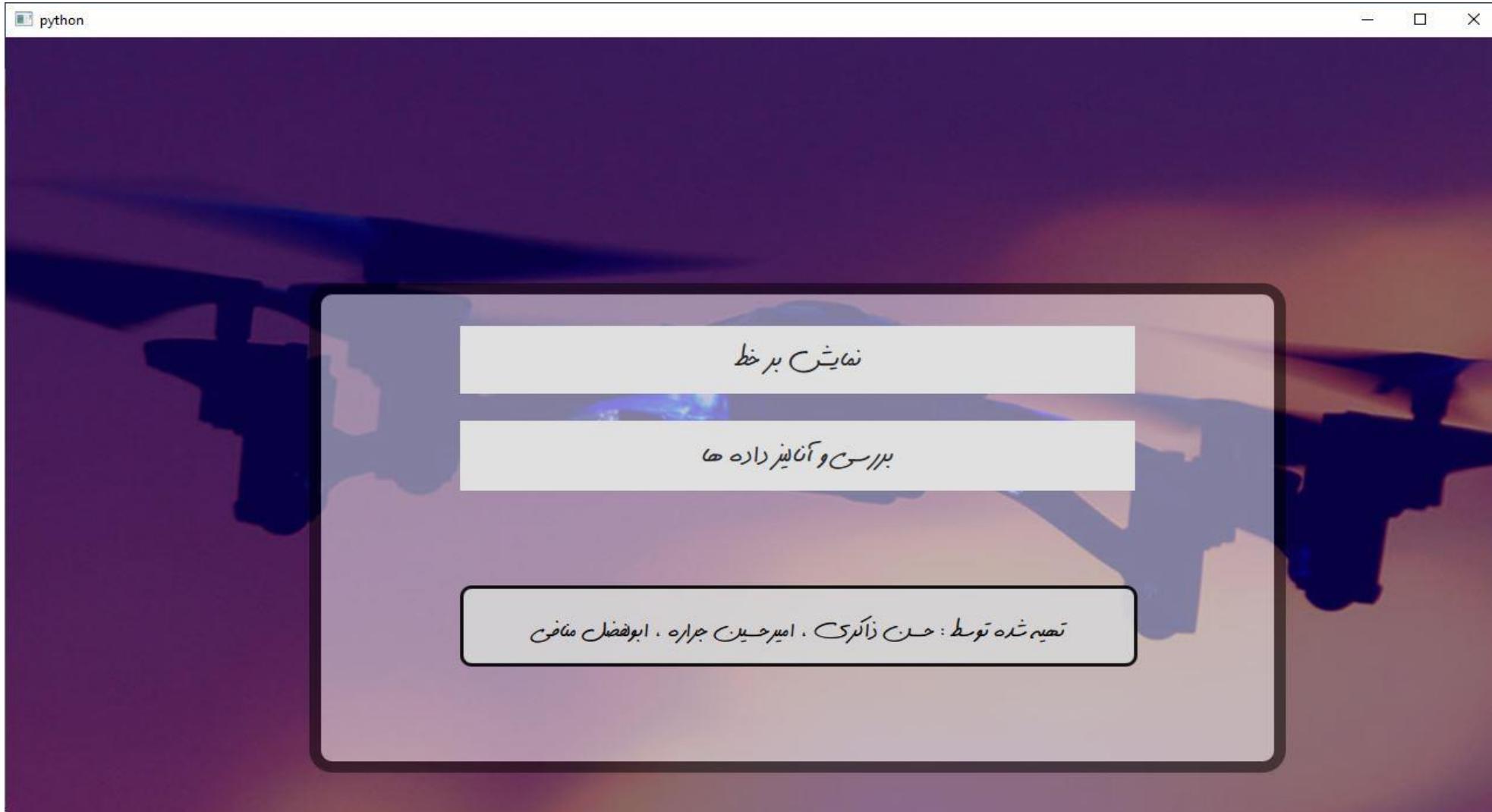
لرزشگیر



# پنل زمینی

## قسمت های مختلف پنل زمینی

### فهرست اصلی



مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنوشت

کوادکوپتر

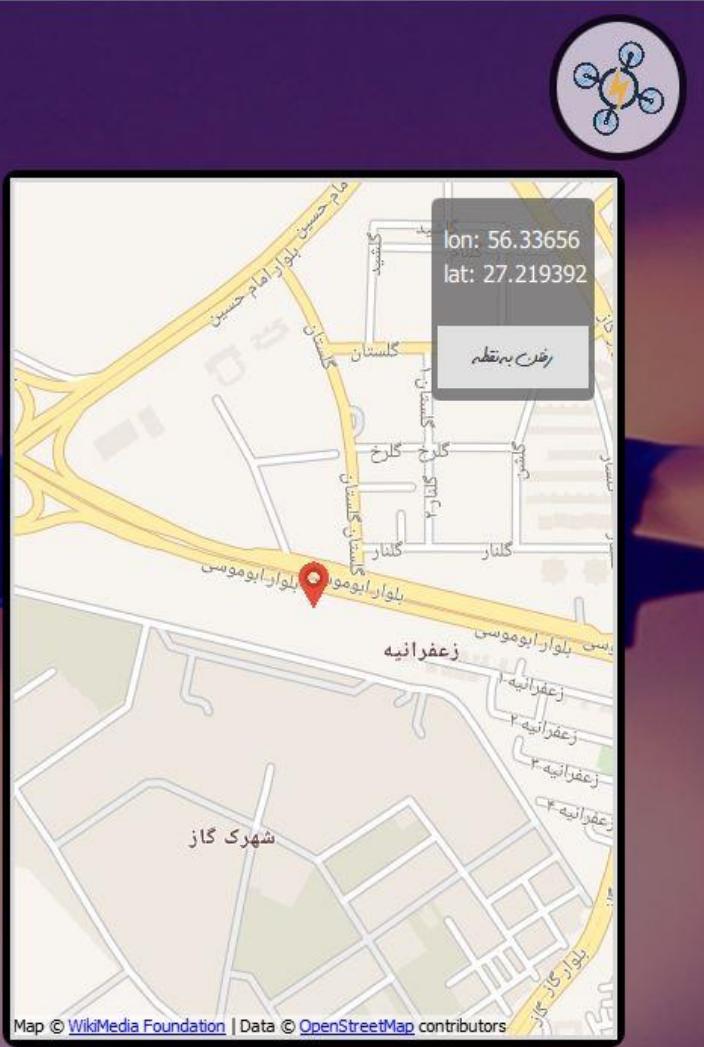
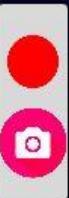
بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

## قسمت های مختلف پنل زمینی

### نمایش برخط



مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنوشت

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

## قسمت های مختلف پنل زمینی

### بررسی و آنالیز داده ها



مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنوشت

کوادکوپتر

بینایی

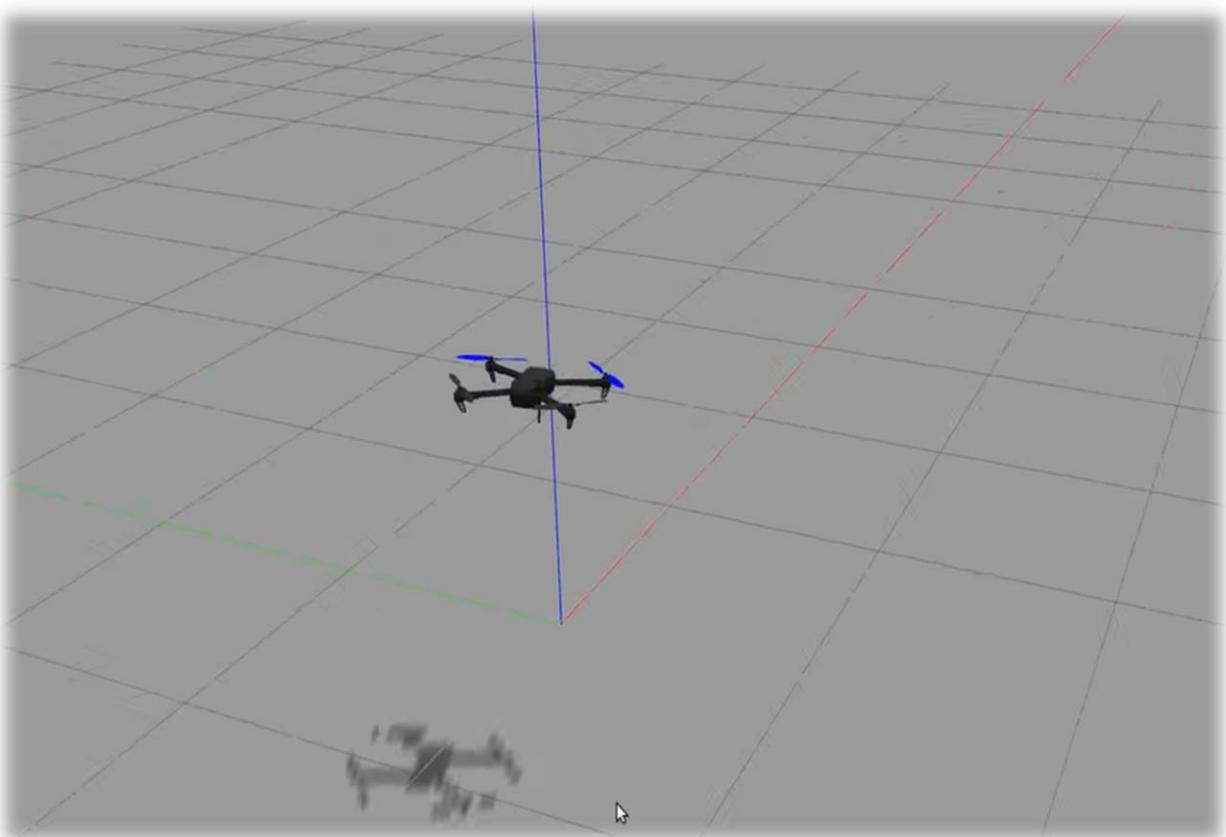
پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

# بررسی نتایج و جمع بندی

## بررسی نتایج شبیه سازی

در محیط شبیه ساز گزبو در محیط لینوکس، سیستم عامل توسعه خلبان خودکار به صورت نرم افزار در حلقه و با تعامل با سیستم عامل ربات ها (ROS) با ایجاد انواع نویز های محتمل قطار ضربه و قطار پالس بر روی موقعیت و سرعت پرنده توانست تمام این نویز ها را دمپ کند حتی در نهایت با ایجاد نویز سفید و حتی نویز رندوم با دامنه محدود باز هم خلبان خودکار سیستم پرنده تمام فرمان های ما را در محیط شبیه سازی پیروی کرد.



مقدمه

خطوط انتقال برق

پرنده های بدون  
سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع  
بندی

## بررسی نتایج پرواز

تایم پروازی برای کوادکوپتر با ۶۰ درصد باتری چیزی در حدود ۱۲ دقیقه پرواز مداوم بود ، همچنین در جهت فیلم برداری توانستیم تا ۱ متری دکل ۶۳ کیلو ولت فعال ، ۳ متری دکل ۲۰۰ کیلوولتی فعال و ۵۰ سانتی متری تیر برق ۲۰ کیلو ولت نزدیک شویم .



(دکل برق ۶۳ کیلو ولت شهرک گاز بندرعباس)



(زمین ورزشی مدرسه خواجه نصیر بندرعباس)

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

## بررسی وضعیت صرفه اقتصادی

- از لحاظ مقایسه ساخت و وضعیت اقتصادی پروژه، در مقایسه با پهپاد فانتوم ۴ پرو شرکت dji که قیمتی حدود ۵۰ میلیون تومان در بازار ایران دارد عملکرد مشابه با صرف هزینه یک دهم فانتوم ۴ پرو و با چیزی در حدود ۵ میلیون قابل ساخت می باشد.
- در موارد توسعه پذیری این پروژه بر خلاف فانتوم ۴ قابلیت توسعه پذیری بسیار بالایی را دارد و می تواند در عین داشتن کنترل زمینی از طریق یک مینی کامپیوتر بر روی پهپاد نیز فرمان گیرد و به صورت خودران رفتار نماید.
- از طرفی با انتخاب یک موتور و باتری مناسب می توان همین سیستم را ارتقا داد و حتی توانایی شست و شوی مقره با پرنده را نیز به آن اضافه نمود.



مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

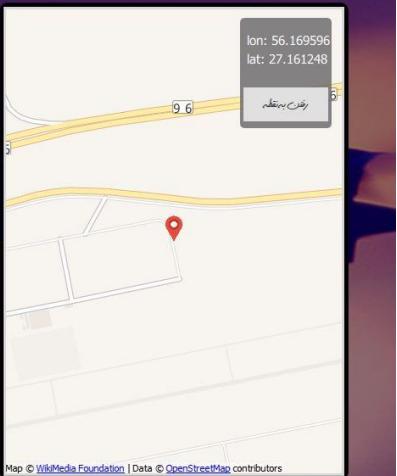
بررسی نتایج و جمع بندی

## نتایج خروجی پنل کاربری و شبکه



آی پی: 127.0.0.1  
 پورت: 8080  
 اعمال تطبیق

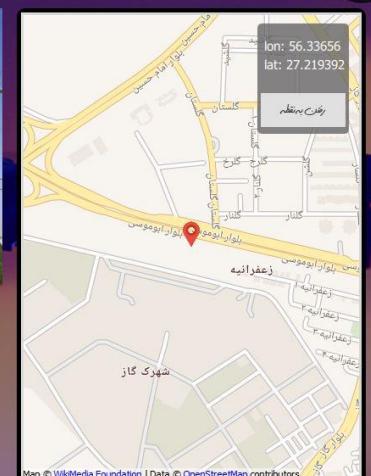
کامپیوتر:  
 برگشت





آی پی: 127.0.0.1  
 پورت: 8080  
 اعمال تطبیق

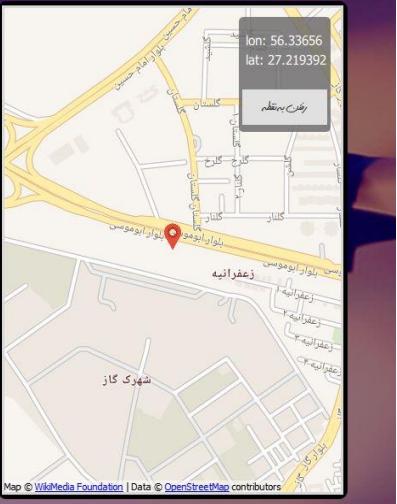
کامپیuter:  
 برگشت





آی پی: 127.0.0.1  
 پورت: 8080  
 اعمال تطبیق

کامپیuter:  
 برگشت



عملکرد نرم افزار طراحی شده توانست با ارسال و نمایش حدود ۵ فریم بر ثانیه عملکرد قابل قبول و با پردازش ۲ فریم بر ثانیه توسط شبکه عصبی بر روی cpu این روند خود را تکمیل کند. همچنین امکان فیلم برداری لوكال با کیفیت التراچ دی آنالیز های آینده را بهبود ببخشد.

مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون سرنویس

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع بندی

45

## پیشنهادات

- استفاده از دوربین ترمومتری
- افزایش تنوع مقره ها و تعداد عکس مقره های خراب برای بهبود شبکه
- استفاده از باتری ۴۰۰۰ میلی آمپر به جای ۳۳۰۰ میلی آمپر ساعت
- استفاده از موتور Tarot 2214 Air Gear 450 به جای tarot 2214 و افزایش بازده موتور براسلس
- استفاده از اسپید کنترولر ۲۰ آمپر به جای ۱۰ آمپر و در نهایت افزایش ظرفیت باتری از ۳ سلول به ۴ سلول
- ایجاد خروجی اکسل و ورد برای پنل کاربری بعد از هر بازدید و فرستادن رو شبکه آنلاین
- استفاده از پنل کاربری بر روی سیستمی با گرافیک nvidia به جای intel یا amd



مقدمه

خطوط انتقال برق

پرندۀ های بدون  
سرنشین

کوادکوپتر

بینایی

پنل زمینی

بررسی نتایج و جمع  
بندی