



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
(پلی تکنیک تهران)  
دانشکده مهندسی کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی

## هدایت پهپاد با علائم دست مبتنی بر بینایی ماشین

نگارش  
سارا تاجرنیا

استاد راهنما

دکتر مهدی جوانمردی

اردیبهشت ۱۴۰۳

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
(پلی‌تکنیک تهران)  
دانشکده مهندسی کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی

هدایت پهپاد با علائم دست مبتنی بر بینایی  
ماشین

نگارش  
سارا تاجرنیا

استاد راهنما

دکتر مهدی جوانمردی

اردیبهشت ۱۴۰۳

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

در این صفحه فرم دفاع یا تایید 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  
(پلی‌تکنیک تهران)

به نام خدا

تاریخ: اردیبهشت ۱۴۰۳

## تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب سارا تاجرنیا متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب تحت نظرات و راهنمایی استادی 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 مأخذ 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 مأخذ بلامانع است.

سارا تاجرنیا

امضا

این پیان نامه را تقدیم می کنم به محبا ترین همراهان زندگیم، پدر، مادر، برادران  
غزینزم که حضور شان همیشه گرما بخش روح من بوده است.

# سپاس‌گزاری

زندگی دفتری از خاطره هاست، یک نفر در دل شب، یک نفر در دل خاک، یک نفر همدم خوشبختی هاست، یک نفر همسفر سختی هاست، چشم تا باز کنیم، عمرمان می‌گذرد ما همه رهگذریم، آنچه باقیست فقط خوبی‌هاست.

تشکر می‌کنم از تمامی عزیزانی که در تمامی مراحل زندگی همراه من بوده‌اند.  
و همچنین از استاد گرامی جناب آقای دکتر مهدی جوانمردی که در انتخاب و پیشبرد این پروژه به عنوان استاد پروژه، کمک‌های فراوانی به این جانب داشتند، کمال تشکر را دارم.

سارا آجرنیا  
اردیبهشت ۱۴۰۳

## چکیده

پهپادهای تجاری که به عنوان هواپیماهای بدون سرنشین<sup>۱</sup> نیز شناخته می‌شوند، به سرعت در حال رایج شدن هستند و در بسیاری از کاربردهای مختلف مانند نظارت برای رویدادهای ورزشی، حمل و نقل تجهیزات و کالاهای اضطراری، فیلمبرداری، عکاسی هوایی و بسیاری از فعالیت‌های دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

هدف این پژوهه توسعه سیستمی است که از حرکات دست به عنوان روشی برای کنترل پرواز پهپاد استفاده شود. بدین صورت که با استفاده از روش‌های بینایی ماشین<sup>۲</sup>، روشی بصری برای ارتباط بدون عامل بین پهپاد و اپراتور آن ایجاد می‌کنیم. روش‌های مبتنی بر بینایی ماشین بر توانایی دوربین هواپیماهای بدون سرنشین متکی هستند. بدین صورت که تصاویر اطراف را گرفته و با استفاده از ترجمه تصاویر و تشخیص الگوی دست، اطلاعات معناداری را استخراج می‌کنند. ساختار این پژوهه از دو مأذول اصلی تشکیل شده است: تشخیص حرکت دست<sup>۳</sup> و دستور به هواپیمای بدون سرنشین. برای مأذول اول از یک روش یادگیری عمیق<sup>۴</sup> استفاده شده است. الگوریتم‌ها و تکنیک‌های پردازش تصویر به عنوان روشی پویا برای شناسایی ژست‌ها و حرکات دست معرفی شده‌اند. مأذول دوم وظیفه ارتباط با پهپاد را بر عهده دارد. بدین صورت که پیام‌های بین سیستم پیشنهادی و پهپاد متصل به سیستم را ارسال و دریافت می‌کند و طبق آن پیام‌ها عملیات مورد نظر را اجرا می‌کند.

## واژه‌های کلیدی:

پهپاد، هواپیمای بدون سرنشین، ژست دست، بینایی ماشین، شبکه‌های عصبی پیچشی<sup>۵</sup>، حافظه طولانی

<sup>1</sup>Unmanned aerial vehicles

<sup>2</sup>Computer vision

<sup>3</sup>Hand detection

<sup>4</sup>Deep learning

<sup>5</sup>Convolutional neural network

<sup>6</sup>Long short-term memory

<sup>7</sup>Machine learning

<sup>8</sup>Human-drone interface

کوتاه مدت<sup>۶</sup>، یادگیری ماشین<sup>۷</sup>، رابط انسان و پهپاد<sup>۸</sup>

# فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱	.....	۱	مقدمه
۲	.....	۱-۱	مقدمه
۳	.....	۲-۱	چالش‌های استفاده از پهپاد
۳	.....	۳-۱	اهمیت استفاده از بینایی ماشین در پهپاد
۵	.....	۴-۱	تعریف مسئله
۵	.....	۱-۴-۱	چالش‌های اجرای پروژه
۵	.....	۱-۱	مراحل انجام پروژه
۶	.....	۶-۱	جمع‌بندی
۷	.....	۲	کارهای مشابه
۸	.....	۱-۲	مقدمه
۹	.....	۲-۲	مقالات مربوط به ویژگی‌های تصویر
۹	... Hand Gesture Controlled Drones: An Open Source Library	۱-۲-۲	مقاله
۱۰	.... A real-time hand gesture recognition method	۲-۲-۲	مقاله
	Hand Gesture Recognition using Image Processing and Fea-	۳-۲-۲	مقاله
۱۲	ture Extraction Techniques		
۱۲	.... مقالات مربوط به ورودی تصویر دست به مدل	۳-۲	مقالات
۱۲	.... Hand Gestures For Drone Control Using Deep Learning	۱-۳-۲	مقاله
۱۳	UAV-GESTURE: A Dataset for UAV Control and Gesture Recognition	۲-۳-۲	مقاله
۱۵	.... مقالات مربوط به نقاط کلیدی دست	۴-۲	مقالات
۱۵	.... Hand Gesture Recognition system for Real-Time Application	۱-۴-۲	مقاله
	An improved hand gesture recognition system using keypoints	۲-۴-۲	مقاله
۱۶	.... and hand bounding boxes		
۱۷	.... Visual gesture recognition based on hand key points	۳-۴-۲	مقاله
۱۸	.... MediaPipe Hands: On-device Real-time Hand Tracking	۴-۴-۲	مقاله
۱۹	.... مقالات مربوط به اجرای مدل‌های بینایی کامپیوتر روی پهپاد	۵-۲	مقالات

Modeling relation among implementing AI-based drones and	۱-۵-۲	مقاله
۱۹ . . . . . sustainable construction project success		
Use of a DJI Tello Drone as an Educational Platform in the	۲-۵-۲	مقاله
۲۰ . . . . . Field of Control Engineering		
۲۱ . . . . . جمع‌بندی	۶-۲	
		۳ روش انجام پژوهش
۲۲ . . . . .		۱-۳ مقدمه
۲۳ . . . . .		۲-۳ انتخاب ژست‌های دست متناسب با حرکت پهپاد
۲۴ . . . . .	۳-۳	دیتاست
۲۵ . . . . .	۴-۳	اهمیت ژست دست
۲۵ . . . . .	۵-۳	کنترل پهپاد
۲۶ . . . . .	۶-۳	ابزارها و نرم افزارهای مورد استفاده
۲۶ . . . . .	۱-۶-۳	TensorFlow
۲۶ . . . . .	۲-۶-۳	MediaPipe
۲۷ . . . . .	۷-۳	مدياپاپ
۲۷ . . . . .	۱-۷-۳	مدل تشخیص کف دست
۲۸ . . . . .	۲-۷-۳	مدل تشخیص نقاط عطف دست
۲۹ . . . . .	۸-۳	پیش‌پردازش
۳۰ . . . . .	۹-۳	رأی‌گیری پنجره‌ای
	۴	۴ نتایج و ارزیابی
۳۱ . . . . .	۱-۴	۱-۴ مقدمه
۳۲ . . . . .	۲-۴	۲-۴ نتایج و ارزیابی
۳۲ . . . . .	۳-۴	۳-۴ جمع‌بندی
	۵	۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۳۳ . . . . .	۱-۵	۱-۵ مقدمه
۳۴ . . . . .	۲-۵	۲-۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادات

فهرست مطالب

۳۴	.....	۳-۵ جمع‌بندی
۳۵	.....	کتاب‌نامه

# فهرست تصاویر

صفحه

شکل

۱-۲	چارچوب کنترل پهپاد مبتنی بر ژست . . . . .	۱۰
۲-۲	ویژگی های Haar برای استفاده از آستانه رنگ پوست برای تشخیص دست . . . . .	۱۰
۳-۲	تشخیص کف دست و انگشتان . . . . .	۱۱
۴-۲	معماری VGG-16 . . . . .	۱۳
۵-۲	معماری ساختار شبکه های عصبی دو خط لوله . . . . .	۱۶
۶-۲	ورودی ها و خروجی های مدل تشخیص نقطه کلید دستی . . . . .	۱۸
۱-۳	نمونه ای از ژست های انتخاب شده در مجموعه داده ها . . . . .	۲۴
۲-۳	معماری مدل آشکارساز کف دست . . . . .	۲۸
۳-۳	خط لوله تشخیص دست . . . . .	۲۸
۴-۳	معماری مدل نقطه عطف دست. این مدل دارای سه خروجی است که یک استخراج کننده ویژگی را به اشتراک می گذاردند. هر سر توسط مجموعه داده های مربوطه که با همان رنگ مشخص شده اند آموزش داده می شود. . . . .	۲۹
۵-۳	موقعیت ۲۱ نقطه کلیدی در ناحیه دست . . . . .	۲۹

## فهرست جداول

صفحه

جدول

٣٢ ..... ١-٤ چدول ..

# فصل اول

## مقدمه

## ۱-۱ مقدمه

پهپادها یا به عبارتی هواپیماهای بدون سرنشین امروزه در صنایع مختلف به عنوان یک فناوری بسیار گسترده و کارآمد مورد استفاده قرار می‌گیرند. هواپیماهای بدون سرنشین اساساً به عنوان ربات‌های پرندۀ‌ای دیده می‌شوند که عملکردهای متعددی مانند جمع آوری داده‌ها و سنجش از محیط اطراف را بر عهده دارند [۱]. از جمله این صنایع می‌توان به کشاورزی، ساخت و ساز، خدمات حمل و نقل و نقشه‌برداری اشاره کرد. یکی از دلایل اصلی افزایش کاربرد این هواپیماهای بدون سرنشین، کارایی بالای آنها است. این فناوری نه تنها به دلیل سرعت بالا در پوشش دهی مساحت‌های گسترده، بلکه به دلیل قابلیت برنامه‌ریزی و استفاده در صنایع مختلف مورد توجه قرار می‌گیرد. همچنین، صرفه‌جویی در هزینه‌های مالی و جانی و افزایش امنیت نیز از جمله عوامل مهمی است که اهمیت پهپادها را بیشتر می‌کند [۲].

در حال حاضر، ربات‌های پرندۀ در مشاغل مختلف مانند سیستم‌های تحویل بسته استفاده می‌شوند [۳]. به عنوان مثال، شرکت‌هایی مانند آمازون و UPS از پهپادهای چند روتور برای تحویل بسته‌های خود استفاده می‌کنند [۴]. در پی این موضوع، بسیاری از شرکت‌های تولید کننده پهپاد تشویق شدند تا انواع مختلفی از ویژگی‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری مانند حسگرها را به پهپادها اضافه کنند، که ابتدایی ترین آنها دوربین است. دوربین بصری یک حسگر ضروری برای پهپادهای فعلی است. هزینه کم، قدرت کم، اندازه کوچک ضبط تصویر، و دستگاه‌های پخش جریان، آنها را به پهپادهای کاربردی و متعدد در بازار تبدیل می‌کند [۵]. در ادامه زمینه مطالعاتی جدیدی به نام رابط هواپیماهای بدون سرنشین و انسان<sup>۱</sup> گشوده شد تا تعامل بین پهپاد و انسان را پیشرفت دهد، که این تعامل مجموعه دستگاه‌های سنتی مانند کنترلر رادیویی<sup>۲</sup> تا کنترل پهپادها با استفاده از وضعیت بدن و دست انسان را شامل می‌شود [۶].

یکی از رویکردهای مورد استفاده برای افزایش کاربرد و دسترسی به پهپادها، استفاده از بینایی ماشین است. این ویژگی معمولاً از طریق پردازش تصویر و با استفاده از شبکه‌های عصبی به کار می‌رود. پهپادهایی که با مدل‌های بینایی ماشین آموزش می‌بینند، توانایی تحلیل تصاویر و ویدئوهایی که از محیط اطراف دریافت می‌کنند را دارا هستند. این قابلیت به پهپاد این امکان را می‌دهد که بدون نیاز به تداخل انسانی، وظایفی همچون امنیت، ارسال کالا، پست و این چنین موارد را انجام دهد [۷]. می‌توان گفت هدف اصلی استفاده از بینایی ماشین در پهپادها برای به حداقل رساندن دخالت انسان به صورت مستقیم است. این

<sup>1</sup>Human drone interface

<sup>2</sup>Radio Controller

امر پهپاد را قادر می‌سازد تا تشخیص اشیاء، تشخیص چهره، تحلیل تصاویر، شناسایی الگوهای مختلف و مواردی از این دست را به صورت خودکار انجام دهند [۸].

## ۲-۱ چالش‌های استفاده از پهپاد

استفاده از پهپادها، با چالش‌های متعددی همراه است. یکی از این چالش‌ها، محدودیت زمان پرواز است که پس از مدتی نیاز به شارژ مجدد دارند. همچنین، محدودیت‌های محیطی نیز می‌تواند به چالش‌هایی بدل شوند؛ زیرا پهپادها به شرایط محیطی مانند آب و هوا، یا وزن و ارتفاع حساس هستند و این موارد می‌توانند در طراحی آنها تأثیر بهسزایی داشته باشد. در ادامه باید به میزان اهمیت امنیت اطلاعات هم اشاره کرد، زیرا پهپادها به دلیل استفاده از سیستم‌های موقعیت‌یاب و ارتباطات بی‌سیم ممکن است در برابر حملات سایبری آسیب‌پذیر باشند و اطلاعات مهمی که توسط آنها مخابره می‌شود، در معرض خطر قرار گیرد.

همچنین می‌توان به برخی چالش‌هایی که ما هم در این پروژه به صورتی با آنها سر و کار داریم و در تلاشیم آنها را از بین ببریم یا کمتر کنیم اشاره کرد. مانند انتقال اطلاعات، زیرا برای ارتباط با پهپادها از شبکه‌های بی‌سیم استفاده می‌شود و در شرایطی مانند اشباع شبکه یا فاصله بین پهپاد و کنترل‌کننده، ممکن است این ارتباط دچار مشکل شود. علاوه بر این، محدودیت محاسباتی پهپاد نیز با توجه به اهدافی که برای آن در نظر گرفته شده می‌تواند چالش برانگیز باشد؛ زیرا پهپادها به دلیل محدودیت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، دارای پردازشگرها و حافظه‌های محدودی هستند [۹]. قابل ذکر است که با ادامه پیشرفت فناوری پهپاد، می‌توان انتظار داشت که ویژگی‌های جدید و نوآورانه‌ای برای از بین بردن این محدودیت‌ها و چالش‌ها به پهپادهای آینده اضافه شود.

## ۳-۱ اهمیت استفاده از بینایی ماشین در پهپاد

طبق اعلام پیش‌بینی اداره هوانوردی فدرال، بازار هواپیماهای بدون سرنشین تا سال ۲۰۲۵ به ۱۷ میلیارد خواهد رسید و ۷ میلیون هواپیمای بدون سرنشین به آسمان پرواز خواهند کرد. پهپادهای کنترل از راه دور به تدریج به دستگاه‌های نیمه خودکار یا کاملاً خودکار تبدیل می‌شوند که از پیاده سازی مبتنی بر هوش مصنوعی بهره می‌برند. در این پروژه هدف ما هدایت پهپاد با استفاده از علائم دست مبتنی بر بینایی ماشین است که یک حوزه پژوهشی مهم در ترکیب هوش مصنوعی و رباتیک است. استفاده از

حرکات دست در کنترل هواپیماهای بدون سرنشین در حال تبدیل شدن به یک روش محبوب برای تعامل است. این پایان نامه یک سیستم کامل برای کنترل هواپیماهای بدون سرنشین با استفاده از حرکات دست پیشنهاد می‌کند. سیستم پیشنهادی باید در زمان واقعی<sup>۳</sup> کار کند و دقت<sup>۴</sup> خوبی داشته باشد تا بتواند به بهترین نحو ممکن پهپاد را کنترل کند [۶].

در این روش، از سیستم بینایی ماشین به منظور تشخیص و تحلیل حرکات دست از روی تصاویر ویدئویی پهپاد استفاده می‌شود. با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق و شبکه‌های عصبی، سیستم قادر است علائم و حرکات دست را تشخیص داده و به تفسیر آنها بپردازد. سپس، براساس تحلیل این حرکات، دستورات مربوطه برای حرکت و کنترل پهپاد را صادر کند. بدین صورت این روش نه تنها از دقت بالا برای تشخیص و تفسیر حرکات دست برخوردار است، بلکه قابلیت ارائه یک رابط کاربری بین انسان و پهپاد را نیز فراهم می‌کند. به طوری که با استفاده از حرکات دست کاربر قادر است به راحتی و بدون نیاز به دستگاه‌های کنترل خارجی، پهپاد را هدایت کند [۱۰].

استفاده از حرکات دست برای کنترل پهپاد مزایای زیادی دارد. ابتدا باید گفت که حرکات دست یک شکل طبیعی ارتباطی هستند و استفاده از آنها برای کنترل پهپاد یک روش شهودی و طبیعی برای تعامل با فناوری است. این امر باعث می‌شود که کاربران بتوانند به راحتی و با کمترین تلاش پهپاد را کنترل کنند. استفاده از حرکات دست به کاربر اجازه می‌دهد پهپاد را با سرعت و دقت بیشتری کنترل کند و محدودیت‌های مرتبط با دستگاه‌های کنترل سنتی را کاهش دهد. همچنین، این روش، حرکت و دنبال کردن پهپاد را آسان‌تر می‌کند و امکان جابجایی پهپاد در فضا را بهبود می‌بخشد.

استفاده از علائم دست سبب کاهش نیاز به دستگاه‌های کنترل پیچیده می‌شود و به این ترتیب، پهپاد را برای طیف وسیع‌تری از کاربران قابل دسترس می‌کند. این امر به کاربرانی که با دستگاه‌های کنترل سنتی آشنایی ندارند، امکان استفاده آسان از پهپاد را می‌دهد. همچنین، با توجه به چالش‌هایی که از قبل بیان شده است، این روش خطرات مرتبط با اتصالات بی‌سیم بین کنترلر و پهپاد را کاهش می‌دهد و دقت در کنترل پهپاد در محیط‌های پرتلاطم و مختلف را افزایش می‌دهد.

<sup>3</sup>Real-time

<sup>4</sup>Accuracy

<sup>5</sup>Image Processing

<sup>6</sup>Deep Neural Network

<sup>7</sup>Convolutional Neural Network(CNN)

## ۴-۱ تعریف مسئله

هدف این پروژه کنترل کردن پهپاد با استفاده از پردازش تصویر<sup>۵</sup> در زمان واقعی است. برای پیاده‌سازی آن می‌توان از یک شبکه عصبی عمیق<sup>۶</sup>، مانند یک شبکه عصبی کانولوشن<sup>۷</sup>، استفاده کرد. دلیل استفاده از این معماری قابلیت استخراج خودکار ویژگی‌ها با توجه به الگوریتم طبقه‌بندی تصاویر<sup>۸</sup> است. عملکرد شبکه عصبی کانولوشنال به این گونه است که ویژگی‌ها را با توجه به لایه‌های پنهان می‌آموزد، همچنین می‌تواند تعداد پارامترها را بدون به خطر انداختن دقت مدل تغییر دهد. با گذشت زمان محققان معماری‌های مختلفی از شبکه عصبی کانولوشن را برای دقت<sup>۹</sup> بهتر، زمان پردازش کمتر و پیچیدگی‌های ۱۰ گوناگون مطرح کردند.

## ۱-۴-۱ چالش‌های اجرای پروژه

وجود سخت‌افزاری مناسب برای اجرای این پروژه الزامی است. پهپاد انتخاب شده در ابتدا باید شامل یک دوربین با رزوولوشن نسبتاً بالا (حداقل \*\*\* پیکسل باشد) تا ژست دست تا فاصله سه متری از پهپاد به وضوح گرفته شود. در ادامه از آنجایی که زمان واقعی در این پروژه از اهمیت بالایی برخوردار است پهپاد باید پردازنده نسبتاً قوی داشته باشد تا بتواند به صورت مستقل و بدون نیاز به هیچ‌گونه سخت افزار خارجی مدل را اجرا کند، بدین صورت که در هر لحظه ورودی عکس گرفته‌شده از دوربین را به مدل بدهد و در کمترین زمان ممکن بتواند خروجی مدل را به دست آورده و دستور مورد نظر را روی پهپاد به اجرا درآورد. از دیدگاهی دیگر، از آنجایی که اجرای یک مدل بینایی ماشین یک برنامه سنگین است و اجرای آن برای عموم پهپادها انرژی زیادی می‌طلبد، لذا باید پهپادی را انتخاب کرد که از شامل باطربادی بادوام و باکیفیت باشد که هم در هنگام اجرای مدل بتواند انرژی موردنیاز پردازنده را فراهم کند و همچنین عمر کوتاه آن به مرور زمان برای استفاده کننده آزاردهنده نباشد.

## ۱-۵ مراحل انجام پروژه

۱. انتخاب ژست‌های مناسب و مفهومی برای کنترل پهپاد

۲. انتخاب چگونگی دخیره کردن دیتای عکس‌ها در دیتابست

<sup>8</sup>Image Classification

<sup>9</sup>Accuracy

<sup>10</sup>Complexity

۳. پیاده‌سازی کد برای جمع‌آوری دیتاست

۴. پیاده‌سازی مدل‌ها متناسب با دیتا

۵. آموزش به مدل‌ها

۶. بهینه‌سازی مدل‌ها

۷. تست مدل‌ها و انتخاب بهترین مدل

۸. پیاده سازی رأی‌گیری پنجره‌ای<sup>۱۱</sup>

۹. اجرای مدل روی پهپاد

## ۶-۱ جمع‌بندی

هدف این پروژه پیاده‌سازی برنامه‌ای کاربردی بر روی پهپاد است تا بتواند ۹ ژست دست از پیش تعیین شده را شناسایی و با توجه به آنها دستور داده شده از طرف کاربر را به پهپاد بدهد. در این پروژه موارد زیر از اهمیت بالایی برخوردار هستند:

- دقت بالای مدل زیرا در صورت انجام نادرست دستورات امکان برآورد هزینه مالی وجود دارد.
- زمان واقعی زیرا اجرای دستورات باید در کمترین زمان ممکن رخ دهد تا مورد پسند کاربر باشد.
- مدلی سبک تا توانایی اجرا روی پهپاد را داشته باشد.

---

<sup>11</sup>Window voting

# فصل دوم

## کارهای مشابه

## ۱-۲ مقدمه

در این فصل هدف ما بررسی پروژه‌های مشابه است تا بتوان از آنها در روند پروژه کمک گرفت. همچنین در این راه می‌توان با توجه به نتایج و ارزیابی پروژه‌های دیگر بسترهای را فراهم کرد تا نتیجه پروژه را با دیگر کارهای مشابه مقایسه کرد.

به صورت کلی پروژه‌هایی با هدف کنترل پهپاد با ژست دست در ۲ دسته قرار می‌گیرند.

- کنترل پهپاد با کمک بینایی ماشین که شامل شبکه‌هایی برای پردازش تصویر است.
- کنترل پهپاد با دستکش‌های سنسور دار از جمله سنسور IMU که نیازمند سخت‌افزار خاص برای پیدا کردن موقعیت نقاط دست است. مانند پروژه‌های Motion Estimation and Hand [۱۰] Gesture Recognition-Based Human–UAV Interaction Approach in Real Time و Hand gesture recognition with convolutional neural networks for the multimodal UAV [۱۱] control.
- وجود دستگاه کنترل کننده حرکت جهشی Leap Motion Controller که با توجه آن ویژگی‌های دست با دقت بالا اندازه گیری شده و با کمک شبکه‌های عصبی ژست دست تشخیص داده می‌شود. پروژه‌ی [۱۲] Deep Learning Based Hand Gesture Recognition and UAV Flight Controls نمونه‌ای از این جمله پروژه‌ها و [۱۳] Gesture control of drone using a motion controller هستند.

از بین این موارد پروژه ما مربوط به اولین گزینه است که تنها سخت‌افزار مورد نیاز به جز پهپاد دوربین نصب شده روی پهپاد است. که به بررسی نمونه‌ی این پروژه‌ها می‌پردازیم. پروژه‌های مشابه با کار ما که با کمک بینایی ماشین پهپاد را کنترل می‌کنند به ۴ دسته کلی تفکیک می‌شوند.

۱. استخراج ویژگی‌های تصویر در هر فریم که با توجه به نیازهای مسئله می‌تواند متفاوت باشد.
۲. تشخیص دست<sup>۱</sup> برای پیدا کردن موقعیت دست در هر فریم تصویر و ورودی پیکسل‌های RGB آن به مدل و در نهایت کلاس‌بندی ژست دست.
۳. استخراج نقاط کلیدی<sup>۲</sup> تصویر و ورودی آنها به مدل برای کلاس‌بندی.

<sup>1</sup>Hand detection

<sup>2</sup>Key point

## ۲-۲ مقالات مربوط به ویژگی‌های تصویر

مقالات به کار برده شده در این قسمت بر چگونگی تعیین ژست دست با توجه به تصویر داده شده تمرکز دارند. برخی از این مقالات چگونگی ارتباط با پهپاد را نیز پوشش می‌دهند، اما نکته مهم در این مقالات چگونگی استخراج ویژگی‌های تصویر و استفاده از آنها برای تعیین ژست دست است.

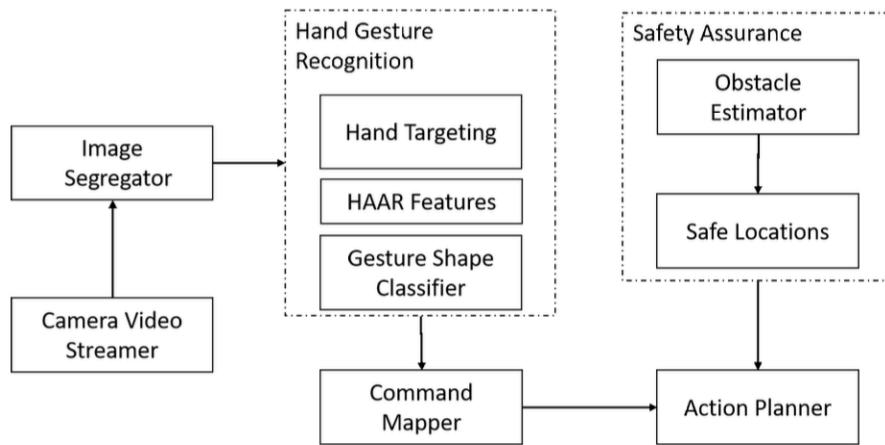
### ۱-۲-۲ مقاله Hand Gesture Controlled Drones: An Open Source Library

در این پروژه، تمرکز بر پیاده‌سازی یک سیستم کنترل برای هواپیماهای بدون سرنشین با استفاده از حرکات دست است که مشابه رویکرد مورد بحث در مقاله می‌باشد. هدف اصلی این پروژه استفاده از شبکه‌های عصبی یادگیری عمیق برای تشخیص لحظه‌های حرکات دست پویا برای کنترل پرواز پهپاد است. این تشخیص بر اساس ویژگی‌های Haar که با توجه به سایه‌ها و رنگ‌های درون تصویر تعیین می‌شوند، انجام می‌شود.

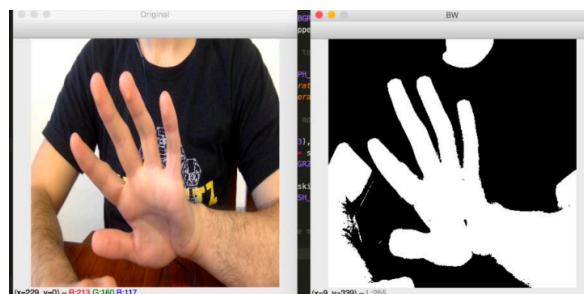
#### روش‌شناسی

در این پروژه، ابتدا از یک شبکه عصبی برای تشخیص موقعیت دست استفاده می‌شود که به عنوان یک ماژول پیش‌پردازش عمل می‌کند و با دقت بالایی موقعیت دست را تشخیص می‌دهد. پس از تشخیص موقعیت دست، ویژگی‌های Haar از تصویر استخراج می‌شوند که این ویژگی‌ها مجموعه‌ای از الگوریتم‌های تشخیص ویژگی هستند که از تصاویر استفاده می‌کنند تا ویژگی‌های خاصی از تصویر را شناسایی کنند. ویژگی‌های Haar بر اساس تغییرات گرادیان در تصویر تعیین می‌شوند و به عنوان الگوهای محلی برای تشخیص حرکات دست استفاده می‌شوند. در ادامه، از شبکه‌های عصبی یادگیری عمیق برای تشخیص حرکات دست پویا برای کنترل پرواز پهپاد استفاده می‌شود. این شبکه‌ها عملکرد پیچیده‌ای دارند و با استفاده از داده‌های ورودی، مثل ویژگی‌های Haar، می‌آموزند تا حرکات دست را تشخیص دهند و بر اساس آنها دستورات حرکت پهپاد را تعیین کنند. این سیستم شامل مراحل پیش‌پردازش داده‌ها، شناسایی شده به دستورات حرکت پهپاد می‌باشد. علاوه بر این، از مدل SVM (ماشین بردار پشتیبان) برای کلاس‌بندی و تشخیص حرکات دست استفاده شده است. SVM به عنوان یک ماشین یادگیری ماشینی است که برای مسائل دسته‌بندی و رگرسیون استفاده می‌شود و در این پروژه برای تشخیص حرکات دست و ترجمه آنها به دستورات حرکت پهپاد مورد استفاده قرار گرفته است. این روش امکان

کنترل دقیق و پویا برای پهپاد را فراهم می‌کند و از قابلیت‌های پیشرفته یادگیری عمیق برای تشخیص حرکات دست بهره می‌برد.



شکل ۲-۱ چارچوب کنترل پهپاد مبتنی بر ژست



شکل ۲-۲ ویژگی های Haar برای استفاده از آستانه رنگ پوست برای تشخیص دست

### نتیجه بدست آمده

این پروژه دقت بالایی در تشخیص ژست دست و کنترل پرواز پهپاد دارد. پنج حالت دست مدنظر در این پروژه قرار گرفته‌اند و دقت متوسط آن برابر با  $97.471$  درصد است که نشان‌دهنده عملکرد بسیار عالی است. اما لازم به ذکر است که این دقت در پس زمینه‌های بهم ریخته و همچنین در شرایط نوری مختلف بسیار متغیر است زیرا ویژگی Haar به سایه و رنگ‌های درون تصویر بسیار حساس است.

## ۲-۲-۲ مقاله A real-time hand gesture recognition method

در این مقاله در زمینه پردازش تصویر و تشخیص ژست‌های دست، از روش‌های مبتنی بر مدل ظاهری Appearance Model به عنوان یک رویکرد موثر استفاده شده است. این روش‌ها از ویژگی‌های تصویری

و حرکتی دست برای تشخیص و تعیین ژست‌های دست استفاده می‌کنند. در این مقاله، روش تشخیص ژست‌های دست به صورت زمان واقعی و قابل اعتماد است که از تشخیص دست، پیگیری دست<sup>۳</sup>، تقسیم‌بندی دست<sup>۴</sup> و تشخیص ویژگی‌های مقیاس-فضا<sup>۵</sup> برای تشخیص ژست‌های دست استفاده می‌کند.

### روش‌شناسی

در مقاله از ترکیب متنوعی از روش‌ها و ویژگی‌های تصویری استفاده می‌شود. این ویژگی‌ها به ترتیب به صورت زیر عمل می‌کنند.

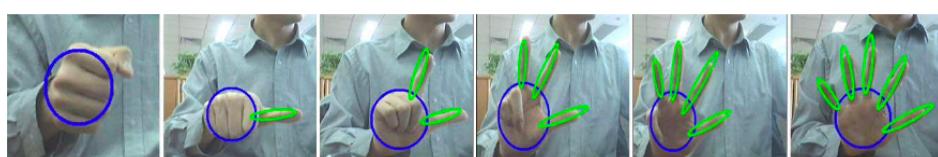
۱. استفاده از روش Adaboost برای تشخیص دست، که یک روش معتبر برای تشخیص اشیاء در تصاویر است.

۲. پیگیری دست با استفاده از تشخیص حرکت و رنگ، که از ترکیب تکنیک‌های جریان نوری و نشانه رنگ برای پیگیری دست در تصاویر استفاده می‌شود.

۳. تقسیم‌بندی دست با استفاده از اطلاعات حرکت و رنگ برای تمایز دست از پس‌زمینه و اشیاء دیگر.

۴. تشخیص ویژگی‌های مقیاس-فضا برای تشخیص ژست‌های دست، که برای شناسایی ساختارهای شبیه به کف دست و انگشتان استفاده می‌شود تا نوع ژست دست توسط ترکیب این ساختارها تعیین شود.

این روش‌ها و ویژگی‌ها با هم ترکیب شده‌اند تا یک سیستم تشخیص دست پایدار و دقیق برای استفاده در رابط کاربری تعاملی و تشخیص ژست‌های دست در زمینه‌های مختلف ارائه شود.



شکل ۲-۳ تشخیص کف دست و انگشتان

<sup>3</sup>Hand tracking

<sup>4</sup>Hand segmentation

<sup>5</sup>Scale-space feature detection

نتیجه

اعمال این روش‌ها نتایج قابل قبولی را به همراه داشته است. دقت مدل در تشخیص ژست‌های دست به صورت میانگین ۹۳.۸ درصد بوده و از جمله نتایج مهم آزمایشات می‌توان به تشخیص صحیح فریم از کل ۲۵۹۶ فریم ضبط شده اشاره کرد. این نتایج نشان می‌دهند که روش ارائه شده در این مقاله عملکرد قابل قبولی در تشخیص ژست‌های دست دارد و می‌تواند به عنوان یک روش موثر برای تعاملات زمان واقعی استفاده شود. [۱۴]

### Hand Gesture Recognition using Image Processing and مقاله ۳-۲-۲

#### Feature Extraction Techniques

روش‌شناسی

نتیجه

[۱۵]

### ۳-۲ مقالات مربوط به ورودی تصویر دست به مدل

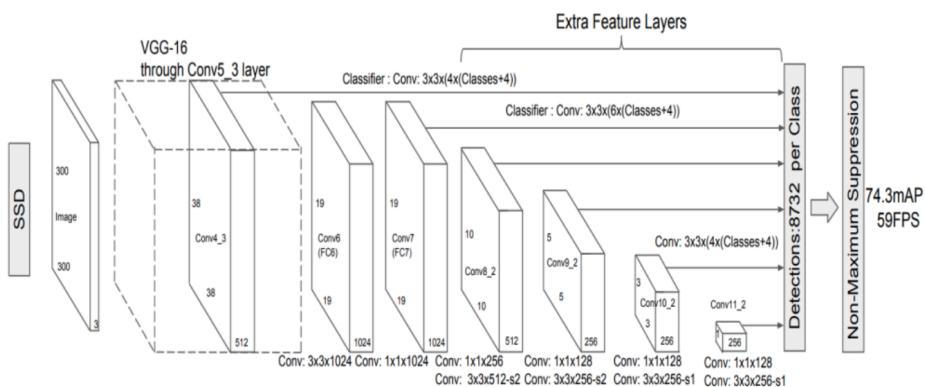
مقالات این دسته از جمله پژوههایی هستند که بیشتر از آنکه بر روی پیش پردازش کار کنند باید بر روی معماری خود شبکه تمرکز کنند. در این مقالات تمام یا بخشی از تصویر گرفته شده به صورت یک ماتریس از تصویر با پیکسل‌های متعدد به مدل داده می‌شود. تنها موردی که می‌توان در این نوع پژوهه‌ها پیش رو گرفت تشخیص موقعیت دست است تا بتوان تنها قسمتی از تصویر را به ورودی شبکه داد که دست در آن وجود دارد تا در حد ممکن اندازه ورودی شبکه و دقت آن افزایش یابد. پس از آن باید توجه داشت معماری شبکه را به گونه‌ای برگزید تا مخصوص پردازش تصویر باشد و بتوان ویژگی‌های تصویر را خود استخراج کند.

### Hand Gestures For Drone Control Using Deep Learning مقاله ۱-۳-۲

این پژوهه با هدف کنترل پهپادها با استفاده از حرکات دستی و با کمک شبکه‌های عمیق یادگیری انجام شده است تا بتوان ۹ حالت مختلف دست را شناسایی و به پهپاد، دستور موردنظر کاربر را داد.

## روش‌شناسی

در این تحقیق، از معماری شبکه عصبی عمیق VGG-16 برای تشخیص و تعیین حرکات دستی برای کنترل پهپادها استفاده شده است. شبکه VGG-16 یکی از معروف‌ترین و پرکاربردترین شبکه‌های عمیق در زمینه بینایی ماشین است که شامل ۱۶ لایه عصبی با لایه‌های کانولوشنال و پولینگ می‌باشد. این شبکه برای استخراج ویژگی‌های مهم از تصاویر استفاده می‌شود. ورودی این شبکه تصاویری است که از دوربین متصل به دستگاه اجرایی گرفته می‌شود و سپس این تصاویر به شبکه وارد می‌شوند. خروجی این شبکه شامل تشخیص حرکات دستی مانند حرکات مختلف انگشتان و دست‌ها می‌شود که سپس این اطلاعات برای ارسال دستورات کنترلی به پهپاد استفاده می‌شود. این روش نه تنها امکان کنترل دقیق و موثر پهپادها را فراهم می‌کند بلکه ارتباط بین انسان و ماشین را نیز بهبود می‌بخشد.



شکل ۴-۲ معماری VGG-16

## نتیجه بدست آمده

در پروژه این پروژه ۹ حالت دست مدنظر قرار گرفته شده و دقت آن برابر ۸۳.۳ درصد است. که در بهترین حالت ممکن با پس‌زمینه‌ی مناسب بدست آمده و باید در نظر گرفت که دقت بالایی برای کنترل پهپاد به حساب نمی‌آید. [۶]

## ۲-۳-۲ مقاله UAV-GESTURE: A Dataset for UAV Control and Gesture Recognition

این مقاله به منظور کنترل پهپاد یا خلبان خودکار با استفاده از حرکت دست پیاده‌سازی شده است. به عنوان مثال، حرکت دست از چپ به راست نشان‌دهنده حرکت پهپاد به راست می‌باشد. برای اجرای این

برنامه، شبکه P-CNN طراحی شده است تا بتواند مفهوم تصاویر را تجربه کند.

### روش‌شناسی

در این مقاله، از شبکه P-CNN<sup>6</sup> برای تشخیص حرکات دست استفاده شده است. این شبکه از اطلاعات حرکت و ظاهر را بر روی مسیرهای بخش‌های بدن انسان (مانند دست راست، دست چپ، بدن بالا و بدن کامل) جمع‌آوری می‌کند. این شبکه ابتدا موقعیت دست فرد را با استفاده از جعبه مرزی مشخص می‌کند و سپس تصویر دست با استفاده از فیلترهای مناسب وارد شبکه P-CNN می‌شود تا بتواند حرکت دست را پیش‌بینی کند.

در خروجی این مدل، ۱۳ نوع حرکت مختلف وجود دارد که برای پیش‌بینی مفهوم آن‌ها استفاده می‌شود. این حرکات شامل کل دست از شانه تا انگشتان و حرکات آنها می‌شود، که در این پروژه برای دستور دادن به هواپیماهای بزرگ بدون سرنوشتین در فرودگاه‌ها استفاده می‌شود.

اطلاعات ظاهر و حرکت را از بخش‌های مختلف بدن استخراج می‌کند و از دو شبکه پیش‌آموزش داده شده برای محاسبه ویژگی‌های CNN استفاده می‌کند. برای بخش‌های ظاهر، از شبکه VGG-f استفاده می‌شود، در حالی که برای بخش‌های حرکتی از شبکه حرکتی از پیاده‌سازی Action Tube استفاده می‌شود. ویژگی‌های استاتیک و پویا به طور جداگانه در طول زمان جمع‌آوری می‌شوند تا ویژگی‌های ویدیوی استاتیک و پویا به دست آید.

در نهایت، از روش‌های تجمعی مینیمم و ماکسیمم برای هر بعد از توصیف‌گر بر روی تمام ویدیوها استفاده می‌شود. این روش‌ها برای تشخیص حرکات با دقت بالا استفاده می‌شوند.

### نتیجه

دارد، اما نیازمندی‌های پیچیده‌ای برای پیاده‌سازی واقعی دارد که از جمله موانعی است که باید در نظر گرفته شود. در نتیجه، این مقاله یک روش برای کنترل پهپاد با استفاده از حرکت دست پیاده‌سازی کرده است و از شبکه P-CNN برای تشخیص حرکات دست استفاده کرده است. نتایج نشان داده‌اند که این روش با دقت ۹۱.۹ درصد، قابلیت اجرا در پروژه‌های واقعی را دارد، اما نیازمندی‌های پیچیده‌ای برای پیاده‌سازی واقعی دارد که از جمله موانعی است که باید در نظر گرفته شود. [۱۶]

<sup>6</sup>Pose-based Convolutional Neural Network

## ۴-۲ مقالات مربوط به نقاط کلیدی دست

در این چنین مقالات ورودی شبکه بینایی ماشین برای تشخیص ژست، مختصات نقاط کلیدی دست هستند، که به نوعی یک ویژگی تصویر نیز تلقی می‌شوند. بدین صورت که در ابتدای کار دست کاربرد شناسایی شده و سپس نقاط کلیدی آن استخراج می‌شوند تا بتوان حجم داده ورودی به مدل را تا حد امکان ساده‌تر و در عین حال مفیدتر کرد.

### ۱-۴-۲ مقاله Hand Gesture Recognition system for Real-Time Application

این مقاله به بررسی سیستم تشخیص حرکات دست برای کاربردهای زمان واقعی می‌پردازد. در این سیستم، از الگوریتم SIFT برای استخراج ویژگی‌ها از تصاویر حرکتی استفاده شده و سپس از مدل Bag of Feature و رده‌بند SVM برای تشخیص دقیق حرکات دست و دستیابی به عملکرد زمان واقعی استفاده شده است.

#### روش‌شناسی

در مقاله اشاره شده، از الگوریتم SIFT برای استخراج نقاط کلیدی از تصاویر حرکتی دست استفاده شده است. الگوریتم SIFT یک الگوریتم معروف برای استخراج ویژگی‌های برجسته و تمایزدهنده از تصاویر است که از مقیاس، جهت و بخشی از تغییرات نوری مستقل برای استخراج این ویژگی‌ها استفاده می‌کند. این ویژگی‌ها به طور قابل توجهی مستقل از مقیاس و جهت تصویر هستند و می‌توانند برای تطبیق قابل اعتماد بین دیدگاه‌های مختلف یک شیء یا تصویر استفاده شوند.

#### نتیجه

الگوریتم SIFT به عنوان یک ابزار قدرتمند برای استخراج ویژگی‌های برجسته و تمایزدهنده از تصاویر شناخته شده است و در این پژوهه با موفقیت برای تشخیص حرکات دست و دستیابی به دقت ۹۰.۸ درصد در تشخیص استفاده شده است.

[۱۷]

## مقاله ۲-۴-۲

### An improved hand gesture recognition system using key-points and hand bounding boxes

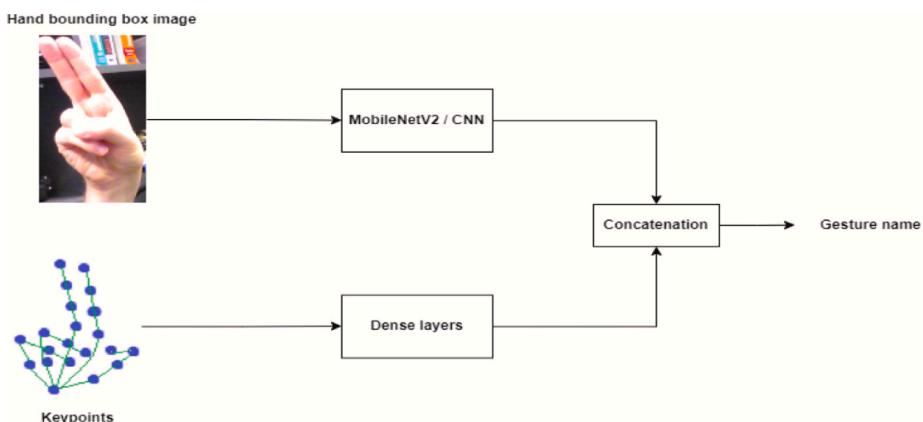
این مقاله یک سیستم بهبود یافته تشخیص حرکات دست با استفاده از نقاط کلیدی و جعبه‌های محدود کننده دست را معرفی می‌کند تا بتوان نقاط کلیدی دست را پیدا کرد.

#### روش‌شناسی

این پروژه از دو لوله موازی به نام‌های "CNN + FC" و "MobileNetV2 + FC" تشکیل شده‌است که تصاویر جعبه محدود کننده دست و ویژگی‌های استخراج شده از نقاط کلیدی را ترکیب می‌کند و از این طریق ژست دست را پیش‌بینی می‌کند.

در مدل MobileNetV2 + FC، از یک معماری سبک به نام MobileNetV2 برای استخراج ویژگی‌ها از تصاویر جعبه محدود کننده دست استفاده می‌شود. سپس این ویژگی‌ها به یک شبکه عصبی کاملاً متصل (FC) داده می‌شوند تا حرکات دست تشخیص داده شوند.

در مدل CNN + FC، در ابتدا نقاط کلیدی دست که اطلاعات مهمی درباره حرکات دست را شامل می‌شوند پیدا کرده و به یک شبکه عصبی کاملاً متصل (FC) وارد می‌شوند تا حرکات دست تشخیص داده شوند. این مدل از لایه‌های کانولوشنی برای کاهش تعداد پارامترها استفاده می‌کند و سپس از لایه‌های کاملاً متصل برای تشخیص حرکات دست استفاده می‌کند.



شکل ۵-۲ معماری ساختار شبکه‌های عصبی دو خط لوله

### نتیجه

در صورتی که دو مدل خروجی‌های متفاوتی را پیش‌بینی کنند، از روش‌های ترکیبی مانند ترکیب احتمالاتی یا استفاده از مدل‌های متفاوت برای شرایط ورودی مختلف استفاده می‌شود تا بهترین تصمیم برای تشخیص ژست دست گرفته شود.

[۱۸]

## ۳-۴-۲ مقاله Visual gesture recognition based on hand key points

این مقاله یک روش تشخیص حرکات ژستی بصری بر اساس نقاط کلید دست ارائه می‌دهد. این روش ابتدا نقاط کلید دست را در تصویر ورودی فعلی تشخیص می‌دهد و سپس حرکات تعریف شده را تشخیص می‌دهد.

### روش‌شناسی

مدل ارائه شده در این مقاله شامل دو بخش اصلی است:

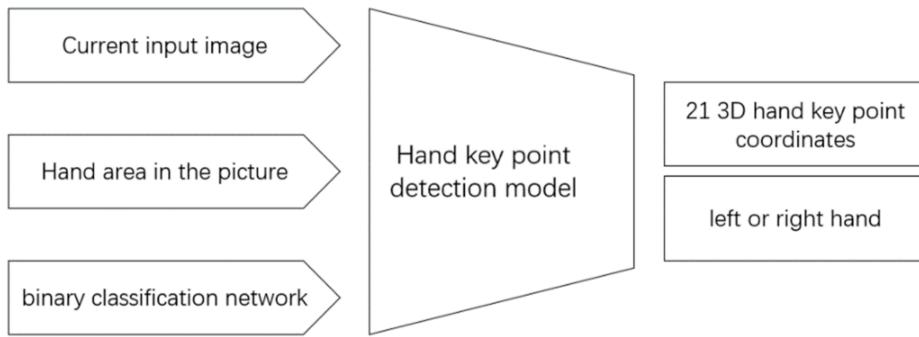
مدل تشخیص کف دست که مدل بر اساس ویژگی‌های سخت دست طراحی شده است. برای تشخیص حضور دست در تصویر، از یک مدل SSD استفاده شده است که به صورت زمان واقعی تشخیص انجام می‌دهد. در صورت وجود دست، نتایج توسط یک مستطیل تشخیص می‌شوند.

مدل تشخیص نقاط کلید دست که پس از تشخیص حضور دست در تصویر، از این مدل برای تشخیص ۲۱ مختصات نقطه کلید سه‌بعدی دست استفاده می‌شود. این مدل از الگوریتم نرم‌افزاری برای محاسبه مختصات افقی و عمودی هر نقطه دست استفاده می‌کند. یک سیستم مختصات فضایی برای به دست آوردن مختصات عمق هر نقطه دست نسبت به مبدأ مختصات تعیین شده است. در نهایت، معنای حرکات در تصویر ورودی بر اساس رابطه مکانی بین مختصات نقاط کلید تعیین می‌شود.

### نتیجه

این روش دارای دقت بالا و عملکرد مناسبی است. دقت متوسط مدل برابر ۸۵.۴ درصد تا ۹۸.۵ درصد است که با توجه به جزئیات مدل و پیاده‌سازی پیش‌پردازش می‌تواند انعطاف بالایی داشته باشد پس می‌تواند راهکار مناسبی تلقی شود.

[۱۹]



شکل ۲-۶ ورودی ها و خروجی های مدل تشخیص نقطه کلید دستی

## ۴-۴-۲ مقاله MediaPipe Hands: On-device Real-time Hand Tracking

در این مقاله، از کتابخانه MediaPipe برای پیش‌بینی ۲۱ نقطه عطف دست و استفاده در پروژه‌های مختلف از جمله تشخیص ژست دست و افکت‌های AR استفاده شده است. ما نیز در پروژه خود از این کتابخانه استفاده می‌کنیم تا یک مدل سبک و ساده پیاده‌سازی کنیم.

### روش‌شناسی

در این مقاله، از کتابخانه MediaPipe برای پیش‌بینی ژست دست استفاده شده است. برای پیاده‌سازی این پروژه، از دو شبکه کانولوشن استفاده شده است. شبکه اول برای پیدا کردن کف دست در تصویر استفاده می‌شود و شبکه دوم ورودی موقعیت عکس دست پیدا شده را دریافت و مختصات ۲۱ نقطه عطف را موقعیت‌یابی می‌کند. به کمک این دو شبکه، می‌توان به طور همزمان موقعیت دست‌ها را تشخیص داد و نقاط عطف آن‌ها را پیش‌بینی کرد تا برای تشخیص ژست دست در پروژه‌های AR/VR و کنترل حرکات دست استفاده شود.

### نتیجه

مدل‌های طراحی شده در این مقاله برای تشخیص نقاط عطف دست از دقیق ۹۵.۷ درصد برخوردار هستند که دقیق بسیار بالایی محاسبه می‌شود. این مدل به نور و تصویر پس‌زمینه وابسته نیست و دقیق متوسط آن در زمینه‌های مختلف اندازه‌گیری شده، لذا مدل را کاربردی و مورد پسندتر می‌کند.

[۲۰]

## ۵-۲ مقالات مربوط به اجرای مدل‌های بینایی کامپیوتر روی

### پهپاد

#### ۱-۵-۲ مقاله Modeling relation among implementing AI-based drones

#### and sustainable construction project success

این مقاله با به بررسی ارتباط بین استفاده از پهپادهای مبتنی بر هوش مصنوعی می‌پردازد. این تحقیق به بررسی تأثیرات مثبتی که ادغام این دو عنصر می‌تواند در بهبود کارایی و پایداری پروژه‌های ساختمانی داشته باشد، می‌پردازد. از آنجایی که استفاده از پهپادها در صنعت ساختمان به سرعت در حال افزایش است و شرکت‌های ساختمانی تحت فشار روزافزونی برای اتخاذ تکنیک‌های بیشتر پایدار و کارآمد قرار دارند، شناخت دقیق‌تری از ارتباط بین موانع و عوامل موفقیت لازم است تا بهترین روش‌ها برای از بین بردن موانع و تضمین موفقیت پهپادها در صنعت مشخص شود.

#### روش‌شناسی

در این تحقیق، از یک مدل معادلات ساختاری هوشمند برای بررسی رابطه بین موانع اجرای پهپادهای مبتنی بر هوش مصنوعی در صنعت ساختمان و موفقیت آنها استفاده شده است. این مدل شامل یک مجموعه جامع از عوامل موفقیت شامل کیفیت، ایمنی و عوامل محیطی است. پیاده‌سازی مدل‌ها بر روی پهپادها چالش‌هایی ایجاد می‌کند که باید مورد توجه قرار گیرد. این چالش‌ها شامل موارد زیر می‌شود:

- پیچیدگی فنی: پیاده‌سازی مدل‌های هوش مصنوعی بر روی پهپادها نیازمند دانش و تخصص فنی بالا است. این امر نیازمند همکاری بین متخصصان مختلف از حوزه‌های مختلف می‌باشد.
- محدودیت‌های سخت‌افزاری: پهپادها ممکن است دارای محدودیت‌های سخت‌افزاری مانند ظرفیت پردازشی و حافظه باشند که ممکن است موانعی برای پیاده‌سازی مدل‌های پیچیده ایجاد کنند.
- امنیت و حریم خصوصی: استفاده از هوش مصنوعی در پهپادها نیازمند رعایت استانداردهای امنیتی و حفظ حریم خصوصی است. این امر می‌تواند یک چالش مهم برای پیاده‌سازی مدل‌های هوش مصنوعی باشد.

- آموزش و توسعه مدل‌ها: پیاده‌سازی مدل‌های هوش مصنوعی بر روی پهپادها نیازمند آموزش و توسعه مدل‌های مناسب برای محیط و وظایف خاص پهپادها است.

این چالش‌ها نشان‌دهنده اهمیت اصلی پیاده‌سازی مدل‌های هوش مصنوعی بر روی پهپادها در صنعت ساختمان است. با غلبه بر این چالش‌ها، می‌توان بهبود قابل توجهی در کارایی، ایمنی و پایداری پروژه‌های ساختمانی داشت و از پتانسیل بالقوه این تکنولوژی بهره‌مند شد.

#### نتیجه

این مقاله نه تنها به شناخت بهتر موانع استفاده از پهپادهای مبتنی بر هوش مصنوعی کمک می‌کند، بلکه راهکارهایی برای غلبه بر این موانع و افزایش موفقیت این تکنولوژی در صنعت ساختمان ارائه می‌دهد. از آنجا که پهپادها می‌توانند به صورت خودکار و هوشمند وظایف مختلفی را انجام دهند، این تکنولوژی می‌تواند به بهبود مدیریت پروژه، کاهش هزینه‌ها و زمان اجرا، افزایش کیفیت و ایمنی کارها کمک کند.

[۲۱]

## ۲-۵-۲ مقاله Use of a DJI Tello Drone as an Educational Platform in the Field of Control Engineering

این مقاله یک رویکرد نوآورانه را برای استفاده از پهپاد DJI Tello به عنوان یک پلتفرم آموزشی در زمینه مهندسی کنترل ارائه می‌دهد. در این مقاله به بررسی نحوه استفاده از ویژگی‌های پهپاد برای آموزش مفاهیم کنترل به صورت عملی و جذاب می‌پردازند. همچنین به چگونگی استفاده از پهپاد DJI Tello به عنوان یک پلتفرم آموزشی برای آموزش مفاهیم کنترل می‌پردازد.

#### روش‌شناسی

در این مقاله، از پهپاد DJI Tello به عنوان یک ابزار آموزشی و تحقیقاتی استفاده شده است. این پهپاد به دلیل داشتن حسگرهای متعدد و امکان برنامه‌نویسی با زبان پایتون، به عنوان یک ابزار ایده‌آل و انعطاف‌پذیر برای اهداف آموزشی و تحقیقاتی شناخته می‌شود. مقاله به بررسی ارتباط با پهپاد DJI Tello از طریق زبان برنامه‌نویسی پایتون، امکانات SDK رسمی ارائه شده توسط پهپاد، و نحوه ارتباط با پهپاد از طریق وای‌فای و پورت UDP می‌پردازد.

در این مقاله، انتخاب پهپاد DJI Tello برای نمایش مفاهیم ابتدایی مربوط به حوزه کنترل به دلایل

گوناگونی انجام شده است. از جمله دلایل انتخاب پهپاد می‌توان به محبوبیت رو به افزایش آن در بین عموم مردم، ویژگی‌های چندگانه آن شامل حسگرها، کنترل بازخورد و الگوریتم‌های تخمین برای انجام وظایف پیچیده، و همچنین قیمت مقرون به صرفه آن نسبت به سایر تجهیزات آموزشی اشاره کرد. برای پیاده‌سازی مدل‌های هوش مصنوعی بر روی پهپاد DJI Tello، از زبان برنامه‌نویسی پایتون و کتابخانه‌های مختلفی که برای ارتباط با حسگرها و سیستم‌های کنترل پروازی پهپاد ارائه شده استفاده می‌شود. این امکانات به دانشجویان این امکان را می‌دهد که مدل‌های هوش مصنوعی مختلفی را بر روی پهپاد پیاده‌سازی کرده و عملکرد آن‌ها را تحلیل کنند. به عنوان مثال، کاربران می‌توانند از شبکه‌های عصبی یا منطق فازی برای کنترل حرکت پهپاد استفاده کنند.

#### نتیجه

نتیجه این مقاله نشان می‌دهد که استفاده از هوش مصنوعی بر روی پهپاد DJI Tello به خوبی عمل می‌کند و این ابزار آموزشی و تحقیقاتی می‌تواند به افراد کمک کند تا مفاهیم پیچیده کنترل و هوش مصنوعی را به صورت عملی و جذاب فرا بگیرند. [۲۲]

## ۶-۲ جمع‌بندی

در تمام مقالات بررسی شده، پژوهه‌ها به گونه‌ای پیاده‌سازی شده‌اند تا حرکات را به طوری کلاسیبندی کنند که در خروجی حتماً یکی از ژست‌های درنظر گرفته‌شده انتخاب شود. لذا زمانی که دست در حالتی غیر از آنها قرار دارد، مدل طراحی شده حتماً یکی از ژست‌هایی را که به آن شبیه‌تر است را انتخاب می‌کند که این امر میتواند برای پیاده‌سازی روی پهپاد واقعی مشکل‌زا باشد و حتی هزینه مالی به ارمغان آورد. استخراج ویژگی‌های تصویر و یا ورودی خود تصویر به مدل میتواند بهینه عمل نکند.

# فصل سوم

## روش انجام پروژه

### ۱-۳ مقدمه

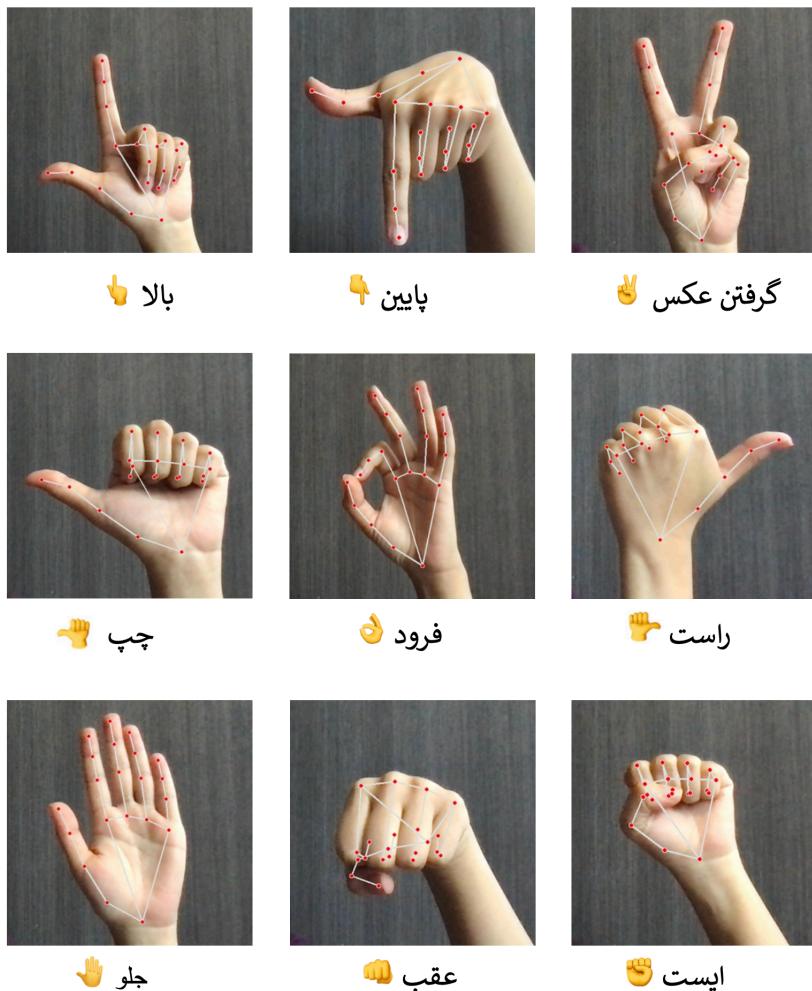
برای اجرای این پروژه راههای متفاوتی مورد بررسی قرار داده شد تا بتوان بهترین آنها را روی پهپاد پیاده‌سازی کرد. نتیجه نهایی پیاده سازی ۳ شبکه کانولوشن به صورت پی در پی است. شبکه اول برای آشکارسازی موقعیت کف دست است. بدین صورت که هر فریم گرفته شده از دوربین پهپاد پس از تغییر اندازه به یک ماتریس  $3 \times 3$ \* $256 \times 256$ \* $3$  به ورودی مدل داده می‌شود و پس از پردازش آن خروجی یک ماتریس به عنوان ورودی داده می‌شود، در این مدل جعبه مرزی برش خورده دست به صورت یک ماتریس گرفته شده و خروجی آن برابر ۲۱ نقطه سه بعدی عطف دست و شاخص دست (راست یا چپ) است. در ادامه مدل سوم به عنوان ورودی، یک ماتریس  $21 \times 21$  می‌گیرد که مختصات نقاط طول و عرض هر نقطه عطف دست است س= چرا که عمق تصویر با توجه به ژستهای در نظر گرفته شده از اهمیت بالایی برخوردار نیست. و در خروجی پیش‌بینی می‌کند که کدام ژست دست مدنظر کاربر است. با توجه به این پروژه ۹ ژست گوناگون مدنظر قرار گرفته شده (کاربر می‌تواند ژستهای جدیدی اضافه کند)، خروجی شبکه کانولوشن شامل ۱۰ کلاس کلاس است که ۹ کلاس برای ژست‌ها و کلاسی برای زمانی که هیچ کدام از ژست‌ها انتخاب نشده در نظر گرفته شده.

### ۲-۳ انتخاب ژست‌های دست مناسب با حرکت پهپاد

انتخاب ژست‌های مناسب برای هر یک از حرکات پهپاد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چرا که ژست‌هایی که از لحاظ مفهومی به عملکرد پهپاد شبیه هستند راحت‌تر به خاطر سپرده شده و تجربه دلپذیرتری را در کاربر به وجود می‌آورند. ما برای این پروژه ۹ ژست دست را در نظر گرفته‌ایم تا بتوان حرکات پایه پهپاد را با آنها انجام داد. این حرکات شامل: حرکت رو به جلو، حرکت رو به عقب، حرکت به پایین، حرکت به بالا، حرکت به راست، حرکت به چپ، فرود آمدن، ایستادن در موقعیت کنونی و گرفتن عکس است که نمونه ژست دست آنها با توجه به حرکت پهپاد نشان داده شده است.

### ۳-۳ دیتاست

برای جمع آوری دیتاست مناسب پروژه، از آنجایی که ژست‌های دست را بر اساس عملکرد پهپاد تعیین کردیم تا استفاده از آنها برای کاربر مورد پسند باشند، لذا پیدا کردن دیتاست آماده ناممکن است.



شکل ۳-۱ نمونه‌ای از ژست‌های انتخاب شده در مجموعه داده‌ها

جمع‌آوری دیتاست مناسب و جامع از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا از آنجایی که مدل باید در زمان واقعی کار کند نمی‌توان از لایه‌های زیادی استفاده کرد. پس باید برای بالا بردن دقت مدل از موارد دیگری کمک گرفت، از جمله آنها می‌توان به پیش‌پردازش، پس‌پردازش و دیتاست مناسب اشاره کرد. از آنجایی که رویکردهای متفاوتی برای این پروژه پیاده‌سازی شد تا بتوان به بهترین راهکار برای مدلی سبک و در عین حال جامع رسید، دیتاست‌های گوناگونی جمع‌آوری شد که هر یک از آنها ویژگی خاصی از تصویر را به عنوان دیتای مرود نیاز جمع‌آوری می‌کردند. از جمله ورودی کل عکس به صورت پیکسل‌های رنگی، پیدا کردن دست و ذخیره موقعیت آن به صورت پیکسل‌های  $256 \times 256$ ، پیدا کردن نقاط کلیدی دست و ذخیره موقعیت آنها در دیتاست و استفاده از آنها برای ورودی به مدل بهترین گزینه ممکن بود مه برای اجرای پروژه از آن استفاده کردیم.

### ۴-۳ اهمیت ژست دست

وقتی مردم صحبت می کنند، ژست می گیرند. ژست جزء اساسی زبان است که اطلاعات معنادار و منحصر به فردی را انتقال می دهد. ژست ها به گوینده کمک می کنند تا اهداف خود را بهتر منعکس کند. آنها نقش های بسیاری را در ارتباط، یادگیری و درک هم برای افرادی که آنها را مشاهده می کنند و هم برای کسانی که آنها را ایجاد می کنند، ایفا می کنند. وقتی مردم صحبت می کنند، دستان خود را حرکت می دهند. به حرکات خود به خودی دست که در ریتم گفتار ایجاد می شوند، حرکات هم گفتاری<sup>۱</sup> نامیده می شوند و مردم از همه فرهنگ ها و پیشینه های زبانی شناخته شده ژست می گیرند و برای ارتباط از حرکات هم گفتاری برای رساندن بهتر مفهوم خود کمک می گیرند. در واقع، نوزادان قبل از اینکه اولین کلمات خود را بیان کنند، از انواع ژست ها استفاده می کنند. دست های ما به ما کمک می کنند صحبت کنیم، فکر کنیم، و به خاطر بسپاریم، گاهی دانش منحصر به فردی را که هنوز نمی توان به زبان آورد، آشکار می کنند. به طوری که می توان گفت ژست ها اغلب به عنوان زبان گفتاری ثانویه در نظر گرفته می شود.<sup>[۲۳]</sup> ژست ها به ویژه زمانی مؤثر هستند که مزیتی نسبت به کلمات داشته باشند.<sup>[۲۴]</sup> توانایی درک شکل و حرکت دست ها می تواند یک جزء حیاتی در بهبود تجربه کاربر<sup>۲</sup> در حوزه ها و پلتفرم های مختلف فناوری باشد. درک مفهوم ژست دست در زمان واقعی برای افراد به طور طبیعی وجود دارد، یک کار بینایی کامپیوتری کاملاً چالش برانگیز است، زیرا دست ها اغلب خود یا یکدیگر را مسدود می کنند مانند انسداد انگشت، کف دست و لرزش دست و فاقد الگوهای کنتراست بالا هستند.<sup>[۲۰]</sup>

### ۵-۳ کنترل پهپاد

اکثر پهپادهای تجاری موجود در بازار یا دارای کنترلهای طراحی شده ویژه هستند، یا دارای فرستنده سیگنال اختصاصی و برنامه های نرم افزاری هستند که روی دستگاه های دستی کاربران مانند تلفن های همراه یا تبلت ها اجرا می شوند. در هر دو مورد، کنترل کننده فرمان هایی را با اطلاعات دقیق از طریق کانال های بی سیم مانند وای فای یا بلوتوث ارسال می کند. اخیراً محصولات تجاری وجود داشته است که حرکات دست را به عنوان یک مکانیسم کنترل قابل اجرا معرفی می کنند. برای گرفتن ژست ها، دو رویکرد وجود دارد.

- استفاده از دستکش های طراحی شده ویژه: کنترل کننده بر روی دستکشی که توسط کاربران

<sup>1</sup>co-speech gestures

<sup>2</sup>user experience

استفاده می شود نصب می شود و در زمان واقعی انحراف، گام و چرخش دست را شناسایی می کند تا به حرکات مربوطه برای پهپاد را شناسایی و ارسال کند. محصولات عبارتند از Kd Interactive MenKind Motion Control Drone و Aura Drone

- استفاده از بینایی کامپیوتر از طریق دوربین: این دستگاهها از دوربین نصب شده روی پهپاد استفاده می کنند تا بتوانند در لحظه تشخیص دهنند که دست کاربر کجاست و در چه حالتی قرار دارد تا پهپاد را کنترل کند. محصولات عبارتند از DJI Spark Drone

## ٦-٣ ابزار ها و نرم افزار های مورد استفاده

### TensorFlow ١-٦-٣

یک کتابخانه نرم افزاری رایگان و منبع باز برای یادگیری ماشین و هوش مصنوعی است. TensorFlow می توان از آن در طیف وسیعی از وظایف استفاده کرد، اما تمرکز ویژه ای بر آموزش و استنتاج شبکه های عصبی عمیق دارد.

### MediaPipe ٢-٦-٣

MediaPipe مجموعه ای از کتابخانه ها و ابزارهایی است که از تکنیک های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در برنامه های خود استفاده می کند. این کتابخانه برای برنامه نویسان یادگیری ماشین از جمله محققان، دانشجویان و توسعه دهندگان نرم افزار، که برنامه های کاربردی یادگیری ماشین را پیاده سازی می کنند، نمونه های اولیه فناوری را طراحی می کند تا بتوان پروژه ها را تا حد امکان ساده کرد. برنامه هایی که داده های حسی مثل ویدیو و صدا را با نرخ فریم بالا پردازش می کند تا تجربه کاربر را بهتر کند. مراحل پردازش یا مدل های استنتاجی ممکن است دشوار باشد، چون گاهی اتصال بین مراحل زیاد است. همچنین، توسعه برنامه برای پلتفرم زمان بر است. [٢٥]

Aین چالش ها را با انتزاع و اتصال مدل های مختلف به یکدیگر در یک چارچوب مناسب حل می کند. با استفاده از MediaPipe، می توان یک لوله پردازش را به صورت گراف از اجزای مختلف، از جمله مدل های استنتاجی و عملکردهای پردازش رسانه ای، ساخت. همچنین این کتابخانه می تواند مطابق با نیازهای افراد خود سفارشی شود و در پلتفرم های مختلف توسعه پیدا کند [٢٦].

در مجموعه MediaPipe نیز از کتابخانه های مختلفی برای پیاده سازی برنامه ها استفاده می شود. از جمله

آنها می‌توان به Tensor Flow، PyTorch، CNTK، OpenCV و MXNet اشاره کرد. [۲۶]

### ۷-۳ مدیاپایپ

برای پیاده سازی شبکه‌های تشخیص کف دست و پیدا کردن نقاط عطف دست از مدل‌های از قبل آموزش دیده<sup>۳</sup> کتابخانه مدیاپایپ کمک گرفته شده است. مدیاپایپ از یک خط لوله یادگیری ماشین متشکل از چندین مدل که با هم کار می‌کنند استفاده می‌کند: یک مدل تشخیص کف دست<sup>۴</sup> که تصویر را از ورودی می‌گیرد و عکس محدوده دست را به عنوان خروجی دریافت می‌کند و یک مدل تشخیص نقاط عطف دست<sup>۵</sup> که عکس دست را به عنوان ورودی گرفته و مختصات ۲۱ نقطه کلیدی بندهای انگشتان دست را در ناحیه دست تشخیص می‌دهد.

### ۱-۷-۳ مدل تشخیص کف دست

مدل تشخیص کف دست مدیاپایپ دارای دقت متوسط ۹۵.۷ درصد است که این دقت بالا با استفاده از استراتژی‌های مختلف به دست آمده است. ابتدا، به جای آشکار کردن دست<sup>۶</sup>، آشکار کردن کف دست را به مدل آموزش می‌دهند، زیرا پیدا کردن محدود از اجسام سفت و سخت مانند کف دست و مشت بسیار ساده‌تر از تشخیص دست‌ها با انگشتان مفصلی است. علاوه بر این، از آنجایی که کف دست‌ها اشیاء کوچکی هستند، الگوریتم سرکوب غیر حداقلش<sup>۷</sup> که یک تکنیک پس پردازش<sup>۸</sup> است و در تشخیص اشیا برای حذف تشخیص‌های تکراری<sup>۹</sup> و انتخاب مرتبط ترین اشیاء شناسایی شده استفاده می‌شود. این به کاهش مثبت کاذب<sup>۱۰</sup> و پیچیدگی محاسباتی<sup>۱۱</sup> یک الگوریتم تشخیص کمک می‌کند. تا بهترین محدوده مربعی<sup>۱۲</sup> با واریانس بالا<sup>۱۳</sup> را بدست آورد. [۲۰]

<sup>3</sup>Pretrained

<sup>4</sup>Palm detection model

<sup>5</sup>Hand landmark model

<sup>6</sup>hand detector

<sup>7</sup>Non-maximum suppression

<sup>8</sup>post-process

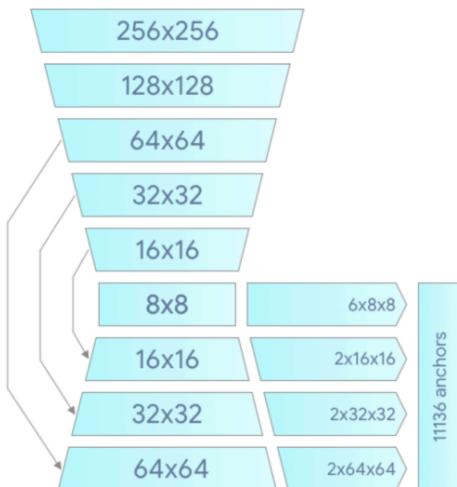
<sup>9</sup>duplicate detections

<sup>10</sup>false positive

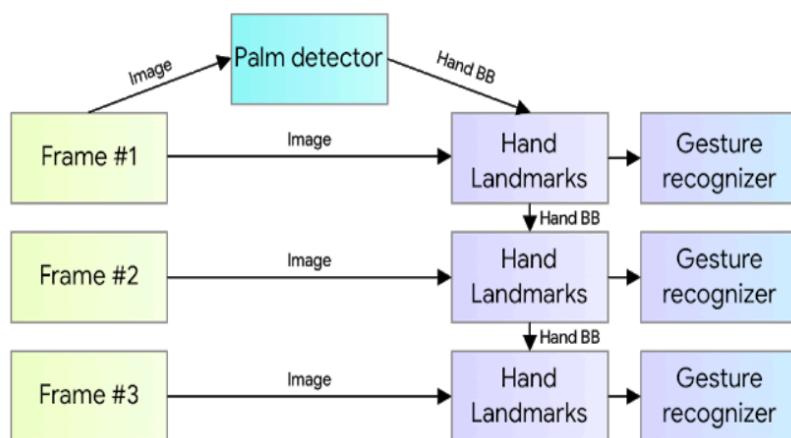
<sup>11</sup>computational complexity

<sup>12</sup>bounding box

<sup>13</sup>high scale variance



شکل ۳-۲ معماری مدل آشکارساز کف دست



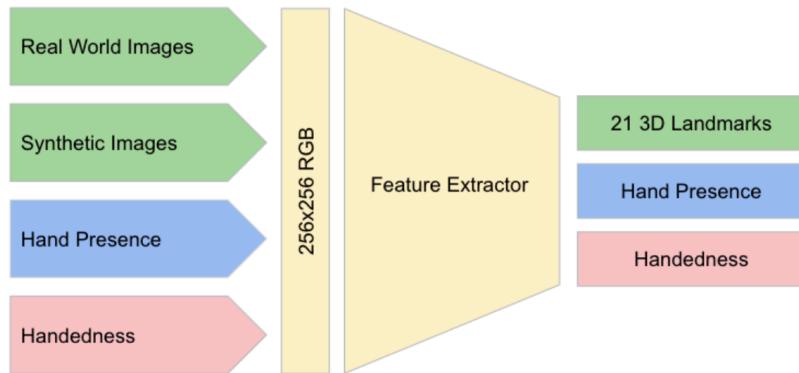
شکل ۳-۳ خط لوله تشخیص دست

### ۲-۷-۳ مدل تشخیص نقاط عطف دست

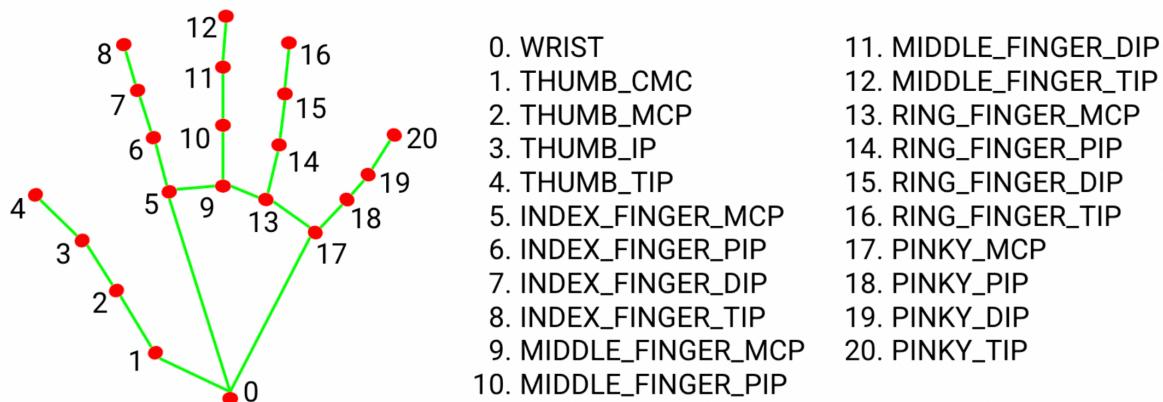
در این مرحله مکانیابی مختصات ۲۱ نقطه کلیدی بندهای انگشتان دست که شامل سه بعد است از طریق رگرسیون<sup>۱۴</sup> انجام می‌شود. این مدل بر روی ۳۰ هزار تصویر دنیای واقعی با ۲۱ مختصات سه بعدی برچسب زده شده<sup>۱۵</sup> آموزش دیده است. برای پوشش بهتر ژستهای احتمالی دست و ارائه نظارت بیشتر بر ماهیت هندسه دست، این دیتاست از مدل‌های دست مصنوعی با کیفیت بالا را نیز روی پس‌زمینه‌های مختلف ارائه می‌کند تا دقیق‌تر به بالاترین حد ممکن برساند. این مدل حتی در برابر دست‌های نیمه نیز عملکرد قوی نشان می‌دهد. [۲۰]

<sup>14</sup>regression

<sup>15</sup>labeling



شکل ۴-۳ معماری مدل نقطه عطف دست. این مدل دارای سه خروجی است که یک استخراج کننده ویژگی را به اشتراک می‌گذارند. هر سر توسط مجموعه داده‌های مربوطه که با همان رنگ مشخص شده آند آموزش داده می‌شود.



شکل ۴-۵ موقعیت ۲۱ نقطه کلیدی در ناحیه دست

### ۸-۳ پیش‌پردازش

برای ورود نقاط عطف دست به مدل تعیین ژست به ۲۱ مختصات  $\Theta$  و  $\Phi$  نیاز داریم. خروجی مدل تعیین مختصات نقاط عطف دست برابر مختصات مطلق پیکسل ها نسبت به گوشه سمت چپ پایین تصویر است. این نقاط با توجه به اندازه عکس می‌توانند گسترده باشند برای مثال در یک عکس با اندازه  $480 \times 480$  این اعداد از بین  $0$  تا  $480$  متغیر است. اگر این مختصات را به صورت مستقیم به مدل تعیین ژست دست بدهیم دقت مدل برابر  $87$  درصد خواهد بود که به میزان کافی مورد قبول نیست. برای بهبود آن باید پیش‌پردازش‌هایی بر روی داده ورودی انجام شود.

از جمله این پیش‌پردازش‌ها می‌توان به نسبی کردن و نرمال‌سازی داده‌ها اشاره کرد. برای این کار ابتدا باید یک مرجع واحد در نظر گرفت تا نقاط، نسبت به آن مشخص شوند. در این پروژه ما مرجع را نقطه مشخص شده روی مج در نظر می‌گیریم. مختصات نقطه مرجع را برابر  $(0, 0, 0)$  قرار می‌دهیم. سپس نسبت

به آن و با توجه به فرمول زیر مختصات نقاط دیگر را به روز رسانی می‌کنیم.

$$X_{\text{rel}} = X_{\text{ref}} - X$$

پس از به نسبی کردن نقاط نسبت به مبدأ، آنها را با کمک فرمول زیر نرمال سازی می‌کنیم تا تمام طول و عرض نقاط به عددی میان صفر و یک به روز رسانی شوند.

$$X_{\text{new}} = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

در انتها این این مختصات را به عنوان ورودی به شبکه تعیین ژست دست می‌دهیم. با توجه به اینکه معماری هیچ یک از مدل‌ها تغییر نکرد و تنها داده‌های مختصات به روز رسانی شدند، دقت نهايی مدل به ۹۷ درصد افزایش پیدا کرد و پیش‌پردازش تاثیر بهسزایی در بهینه کردن پروژه داشت.

### ۹-۳ رأی‌گیری پنجره‌ای

با وجود اینکه دقت مدل پیاده‌سازی شده بالا است و عملکرد بسیار چشم‌گیری از خود نشان می‌دهد، در عین حال پیش‌بینی اشتباه مدل می‌تواند عواقب زیان‌باری را به ارمغان آورد، از تجربه ناپسند برای کاربر گرفته تا برخورد پهپاد به اجسام و هزینه مالی. لذا باید دقت انجام پروژه را از آنچه مدل پیش‌بینی می‌کند نیز بالاتر برد. برای این کار از رأی‌گیری پنجره‌ای استفاده کرده‌ایم. بدین صورت که متغیری را با توجه به FPS دوربین در نظر می‌گیریم بدین صورت که هر چه FPS دوربین پهپاد بیشتر باشد متغیر در نظر گرفته شده نیز بیشتر است، برای مثال در پروژه ما از آنجایی که دوربین پهپاد برابر ۳۰ FPS است ما این متغیر را ۱۰ قرار داده‌ایم. سپس حد مناسبی را نیز بین صفر تا یک قرار می‌دهیم که ما در پروژه آن را برابر ۷۰ قرار داده‌ایم. طبق این راه ما ۱۰ فریم متناوب گرفته شده از پهپاد را به مدل پیاده‌سازی شده می‌دهیم اما تنها در صورتی دستور پیش‌بینی شده را به پهپاد پهپاد می‌دهیم که حد ممکن را بدست آورند. برای مثال اگر ۷ یا بیشتر از ۱۰ حرکت پیش‌بینی شده، دستور حرکت رو به جلو باشد آنگاه به پهپاد دستور داده می‌شود تا به جلو حرکت کند. در غیر این صورت اگر کمتر از ۷ عدد از فریم‌ها یک ژست دست را پیش‌بینی نکنند، پهپاد در حالت قبلی خود باقی می‌ماند و دستوری به آن داده نمی‌شود.

# فصل چهارم

## نتایج و ارزیابی

## ۱-۴ مقدمه

این پژوهش با مدل‌های گوناگونی پیاده‌سازی شد تا بتوان بهترین آنها را برای نتیجه نهایی بر روی پهپاد اجرا کرد. نمونه خروجی این مدل‌ها به شرح زیر است.

معماری مدل	دوره <sup>۱</sup>	دقت آموزش	دقت تست
۷۸۷	۸۷۸۳۷	۶	MLP
۵۴۱۵	۷۸	۷	CNN
۷۵۰۷	۷۷۸	۵۴۵	LSTM
۷۵۶۰	۱۸۷۴۴	۵۴۵	۴
۶۳۴۴	۷۸۸	۸۸	۵

جدول ۱-۴ چدول

## ۲-۴ نتایج و ارزیابی

## ۳-۴ جمع‌بندی

# فصل پنجم

## نتیجه گیری و پیشنهادات

۱-۵ مقدمه

۲-۵ نتیجه گیری و پیشنهادات

۳-۵ جمع‌بندی

# كتاب نامه

- [1] Walter, Ian and Khadr, Monette. Gesture controlled drone.
- [2] Puri, Vikram, Nayyar, Anand, and Raja, Linesh. Agriculture drones: A modern breakthrough in precision agriculture. *Journal of Statistics and Management Systems*, 20(4):507–518, 2017.
- [3] Gatteschi, Valentina, Lamberti, Fabrizio, Paravati, Gianluca, Sanna, Andrea, Demartini, Claudio, Lisanti, Alberto, and Venezia, Giorgio. New frontiers of delivery services using drones: A prototype system exploiting a quadcopter for autonomous drug shipments. in *2015 IEEE 39th annual computer software and applications conference*, vol. 2, pp. 920–927. IEEE, 2015.
- [4] Moore, T. Nypd considering using drones to fight crime. *New York Daily*, 2014.
- [5] Natarajan, Kathiravan, Nguyen, Truong-Huy D, and Mete, Mutlu. Hand gesture controlled drones: An open source library. in *2018 1st International Conference on Data Intelligence and Security (ICDIS)*, pp. 168–175. IEEE, 2018.
- [6] Hadri, Soubhi. Hand gestures for drone control using deep learning. 2018.
- [7] Zhu, Pengfei, Wen, Longyin, Bian, Xiao, Ling, Haibin, and Hu, Qinghua. Vision meets drones: A challenge. *arXiv preprint arXiv:1804.07437*, 2018.
- [8] Guvenc, Ismail, Koohifar, Farshad, Singh, Simran, Sichitiu, Mihail L, and Matolak, David. Detection, tracking, and interdiction for amateur drones. *IEEE Communications*

*Magazine*, 56(4):75–81, 2018.

- [9] Hassanalian, Mostafa and Abdelkefi, Abdessattar. Classifications, applications, and design challenges of drones: A review. *Progress in Aerospace sciences*, 91:99–131, 2017.
- [10] Yoo, Minjeong, Na, Yuseung, Song, Hamin, Kim, Gamin, Yun, Junseong, Kim, Sangho, Moon, Changjoo, and Jo, Kichun. Motion estimation and hand gesture recognition-based human–uav interaction approach in real time. *Sensors*, 22(7):2513, 2022.
- [11] Ma, Yuntao, Liu, Yuxuan, Jin, Ruiyang, Yuan, Xingyang, Sekha, Raza, Wilson, Samuel, and Vaidyanathan, Ravi. Hand gesture recognition with convolutional neural networks for the multimodal uav control. in *2017 Workshop on Research, Education and Development of Unmanned Aerial Systems (RED-UAS)*, pp. 198–203. IEEE, 2017.
- [12] Hu, Bin and Wang, Jiacun. Deep learning based hand gesture recognition and uav flight controls. *International Journal of Automation and Computing*, 17(1):17–29, 2020.
- [13] Sarkar, Ayanava, Patel, Ketul Arvindbhai, Ram, RK Ganesh, and Kapoor, Geet Krishna. Gesture control of drone using a motion controller. in *2016 international conference on industrial informatics and computer systems (ciics)*, pp. 1–5. IEEE, 2016.
- [14] Fang, Yikai, Wang, Kongqiao, Cheng, Jian, and Lu, Hanqing. A real-time hand gesture recognition method. in *2007 IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, pp. 995–998. IEEE, 2007.
- [15] Sharma, Ashish, Mittal, Anmol, Singh, Savitoj, and Awatramani, Vasudev. Hand gesture recognition using image processing and feature extraction techniques. *Procedia Computer Science*, 173:181–190, 2020.
- [16] Perera, Asanka G, Wei Law, Yee, and Chahl, Javaan. Uav-gesture: A dataset for uav

- control and gesture recognition. in *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV) Workshops*, pp. 0–0, 2018.
- [17] Murugeswari, M and Veluchamy, S. Hand gesture recognition system for real-time application. in *2014 IEEE International Conference on Advanced Communications, Control and Computing Technologies*, pp. 1220–1225. IEEE, 2014.
- [18] Dang, Tuan Linh, Tran, Sy Dat, Nguyen, Thuy Hang, Kim, Suntae, and Monet, Nicolas. An improved hand gesture recognition system using keypoints and hand bounding boxes. *Array*, 16:100251, 2022.
- [19] Chen, Boxu, Yu, Lixin, Meng, Xiao, and Hua, Yang. Visual gesture recognition based on hand key points. in *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2024, p. 012037. IOP Publishing, 2021.
- [20] Zhang, Fan, Bazarevsky, Valentin, Vakunov, Andrey, Tkachenka, Andrei, Sung, George, Chang, Chuo-Ling, and Grundmann, Matthias. Mediapipe hands: On-device real-time hand tracking. *arXiv preprint arXiv:2006.10214*, 2020.
- [21] Waqar, Ahsan, Othman, Idris, Hamah Sor, Nadhim, Alshehri, Abdullah Mohammed, Almujibah, Hamad R, Alotaibi, Badr Saad, Abuhussain, Mohammed Awad, Bageis, Abdulrahman S, Althoey, Fadi, Hayat, Saleh, et al. Modeling relation among implementing ai-based drones and sustainable construction project success. *Frontiers in Built Environment*, 9:1208807, 2023.
- [22] Ghazi, Georges and Voyer, Julien. Use of a dji tello drone as an educational platform in the field of control engineering. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*, 2023.
- [23] Clough, Sharice and Duff, Melissa C. The role of gesture in communication and cognition: Implications for understanding and treating neurogenic communication disorders. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14:323, 2020.

- [24] Kang, Seokmin and Tversky, Barbara. From hands to minds: Gestures promote understanding. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 1:1–15, 2016.
- [25] Lugaresi, Camillo, Tang, Jiuqiang, Nash, Hadon, McClanahan, Chris, Uboweja, Esha, Hays, Michael, Zhang, Fan, Chang, Chuo-Ling, Yong, Ming, Lee, Juhyun, et al. Mediapipe: A framework for perceiving and processing reality. in *Third workshop on computer vision for AR/VR at IEEE computer vision and pattern recognition (CVPR)*, vol. 2019, 2019.
- [26] Harris, Moh, Agoes, Ali Suryaperdana, et al. Applying hand gesture recognition for user guide application using mediapipe. in *2nd International Seminar of Science and Applied Technology (ISSAT 2021)*, pp. 101–108. Atlantis Press, 2021.