

جزوه آموزشی کارکرد، کنترل و طراحی پهپاد (مولتی روتور)



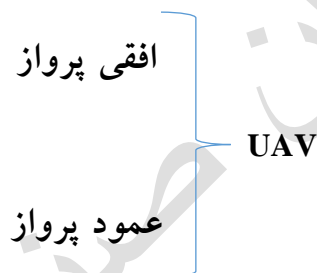
فصل اول :

آشنایی با انواع پرنده های عمود پرواز

1-1-1 UAV :

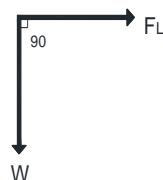
UAV (Unmand Arial Vehicle) به معنای وسیله نقلیه هوایی بدون سرنشین می‌باشد که به دو دسته کلی زیر طبقه بندی می‌شود :

(باید توجه داشت که این دسته بندی‌های انجام شده در این جزوه فقط تعریف معمول از پهپاد می‌باشند و در سازمان یا اداره‌ای ثبت نشده است)



1-1-1-1 UAV های افقی پرواز :

- در این نوع از پرنده‌ها نیروی محرکه پیش رانش FL (یا نیروی $Thrust$) با نیروی وزنشان زاویه نود درجه می‌سازد. (شکل 1-1) معروف‌ترین و شاید تنهاترین پرنده از این نوع هواپیماها می‌باشند که برای پرواز نیاز به باند فرودگاهی دارند .



(شکل 1-1)

- این نوع از UAV ها دارای دو عیب بارز می‌باشند، اول اینکه قابلیت شناور شدن در یک مکان ثابت را ندارند ، (قابلیت $Hovering$) و دوم اینکه توانایی حرکت رو به سمت عقب در هنگام پرواز هم در آنها دیده نمی‌شود .

۲-۱-۱- UAV های عمود پرواز :

- در این نوع از پرنده‌ها زاویه بین نیروی محرکه پیش رانش FL (یا نیروی $Thrust$) و نیروی وزن W 180° درجه می‌باشد
شکل (۱-۲).



(شکل ۱-۲)

- پرنده‌های UAV عمود پرواز نیز خود به دو دسته زیر تقسیم بندی می‌شود :

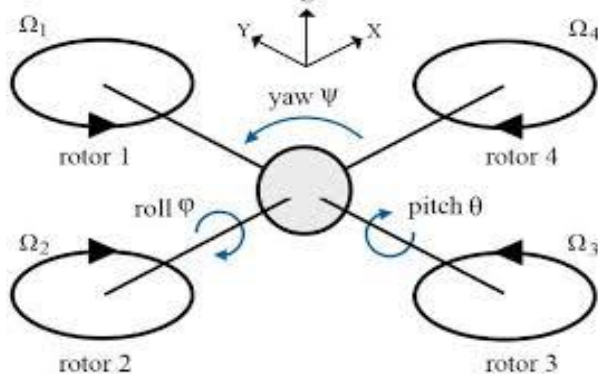
۱- Variable Pitch

UAV های عمود پرواز

۲- Fix Pitch

نکته :

برای هر عمود پروازی سه محور عمود بر هم در نظر گرفته می شود که به شرح شکل زیر نام گذاری می شود شکل (۱-۳).



(شکل (۱-۳))

Variable Pitch - ۱-۱-۲-۱

معروفترین پرنده‌ی عمود پرواز با سیستم **Variable Pitch** هلیکوپتر می باشد، ملخ این پرنده دارای گام متغییره بوده که به واسطه تغییر گام ملخ نیروی محرکه لازمه پرواز را فراهم می شود.

- گام ملخ (Blade Pitch) در هلیکوپتر (عمود پرواز)

تعریف گام در هواپیما و هلی کوپتر کمی متفاوت است. به این صورت که در ملخ های هواپیماها (Propeller) به اندازه جابه جایی مرکز ملخ در یک دور چرخش کامل (در ثوری)، گام یا Pitch اطلاق می شود. یعنی در حالتی که فرض کنیم ملخ در یک محیط جامد همانند پیچی که در چوب پیچ می شود، یک دور بچرخد. اما تعریف گام در ملخ های هلی کوپتر **Rotor Blades** به گونه دیگری است. به زاویه وتر ایروفویل نسبت به افق (یا صفحه چرخش ملخ)، گام ملخ هلی کوپتر اطلاق می شود که بر حسب درجه محاسبه می گردد.

مکانیزم روتور به گونه ای طراحی شده است که می توان گام ملخ ها را به دو گونه کلی و موضعی افزایش یا کاهش داد.

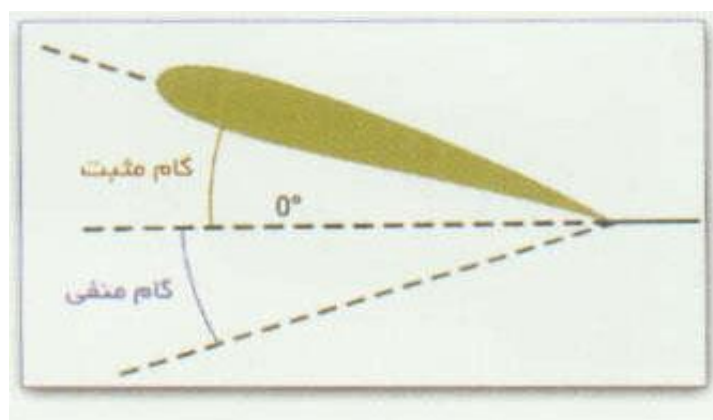
- گام کلی (Collective pitch)

- گام موضعی (Cyclic pitch)

به افزایش و کاهش گام کلی یا یکسان، کالکتیو (Collective) گویند که منجر به افزایش و کاهش نیروی در تمام نقاط صفحه چرخش ملخ به طور یکسان می گردد. همچنین افزایش و کاهش گام به صورت موضعی، سایکلیک (Cyclic)

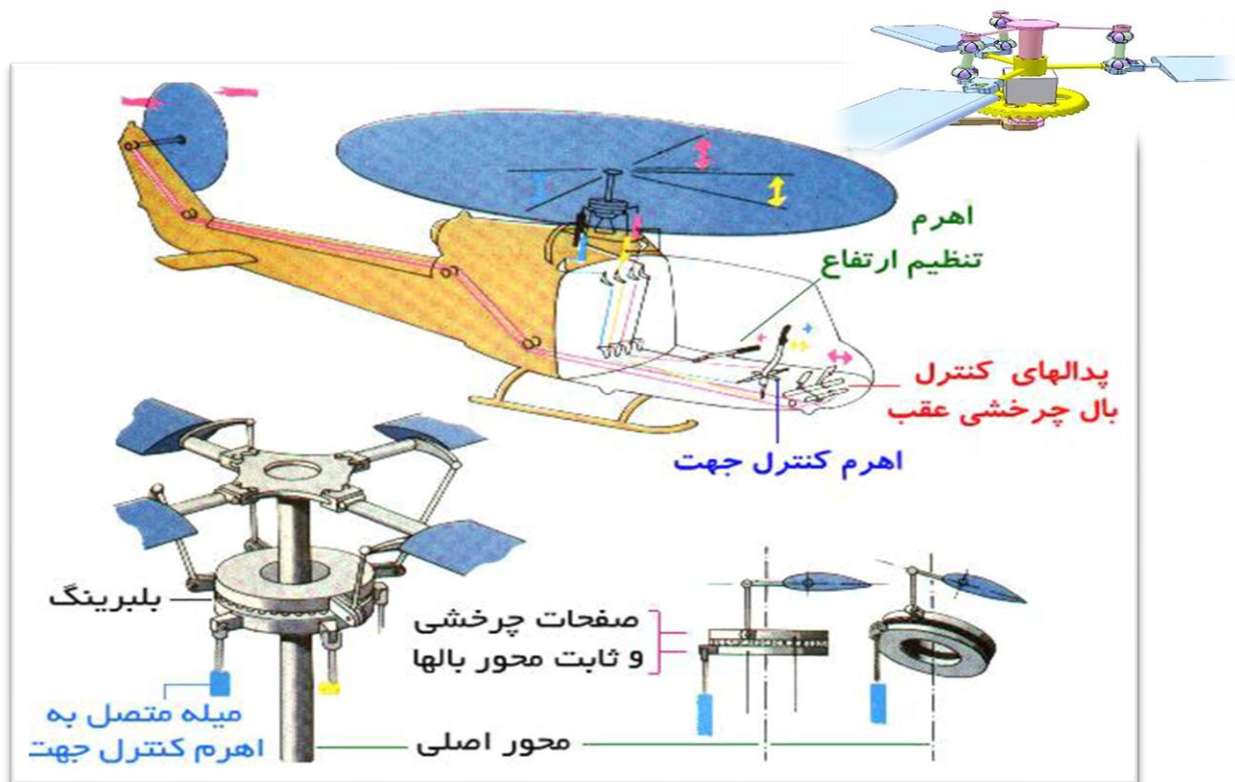
گفته می شود. در این حالت ملخ ها در عبور از یک منطقه از صفحه چرخش بیشترین گام و هنگام عبور از منطقه مخالف کمترین مقدار گام را خواهد داشت. به عبارتی گام ملخ ها در طول چرخش همواره در حال تغییر است. این حالت باعث می شود در صفحه چرخش ملخ، نیروی «برای» نامتقارن به وجود آید و هلی کوپتر را حول محور عرضی یا طولی و یا

ترکیبی از آن ها بچرخاند. بنابراین حرکات **Pitch** و **Roll** در هلی کوپتر توسط تغییر گام موضعی ملخ ها ایجاد می شود. (شکل (۱-۴))



۱-۱-۲-۱-۱- نحوه اعمال فرامین کالکتیو و سایکلیک و مکانیزم سواش پلیت (Swash plate)

وظیفه اعمال فرامین کالکتیو و سایکلیک بر عهده قطعه ای به نام سواش پلیت (Swash plate) است. ظاهر این قطعه ساده اما کارکرد آن کمی پیچیده بوده و بهتر است در حد امکان نمونه ای از آن را به دقت ببینید. سواش پلیت دارای دو قسمت به هم پیوسته (مانند سنگ آسیاب) است که پس از نصب، قسمت پایینی آن ثابت و قسمت بالایی آن متحرک خواهد بود. سمت ثابت این قطعه به وسیله ۳ یا ۴ میله رابط به محرک ها متصل شده و سمت متحرک آن به وسیله میله های رابط به اهرم های کنترل کننده گام ملخ اصلی متصل می شود که همراه با ملخ ها می چرخد. در واقع سواش پلیت رابطی است که فرامین اعمال شده از طرف محرک ها که ثابت هستند را به ملخ ها که در حال چرخش هستند، منتقل می کند. بالا و پایین رفتن سواش پلیت باعث افزایش و کاهش گام کلی یا کالکتیو و کج شدن آن منجر به اعمال فرامین سایکلیک (**pitch, Roll** و ترکیب آن ها) می شود. این حرکات سواش پلیت به وسیله سه و یا چهار میله محرک (**Push Rod**) کنترل می شود. در هلی کوپترها رادیوکنترل از سروو موتور (**Serve Motor**) به عنوان محرک استفاده شده و در اغلب آن ها از سه سروو، یکی برای حرکت **Pitch**، یکی برای حرکت **Roll** و یکی برای کالکتیو جهت کنترل سواش پلیت استفاده می شود. اما برخی از آن ها از سه و یا چهار سروو برای کنترل سایکلیک و کالکتیو به صورت ترکیبی استفاده می کنند. در شکل زیر (شکل (۱-۵)) به وضوح طرز کار یک سواش پلیت و اجزای روتور یک هلیکوپتر مشخص است.

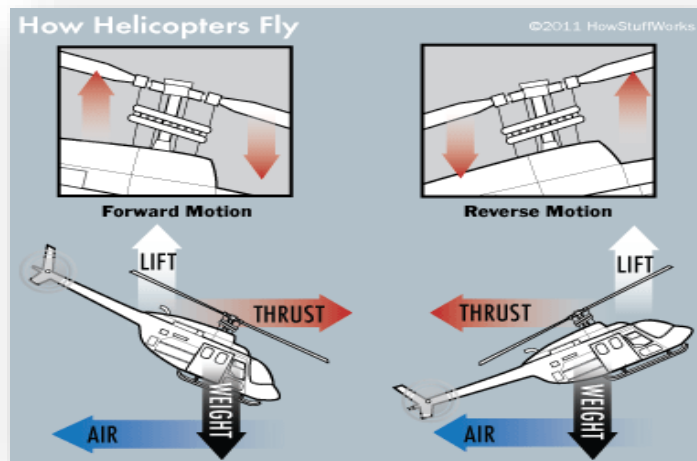


شکل (۵-۱)

۲-۱-۱-۲-۱- چگونگی کنترل و حرکت یک عمود پرواز (هلیکوپتر):

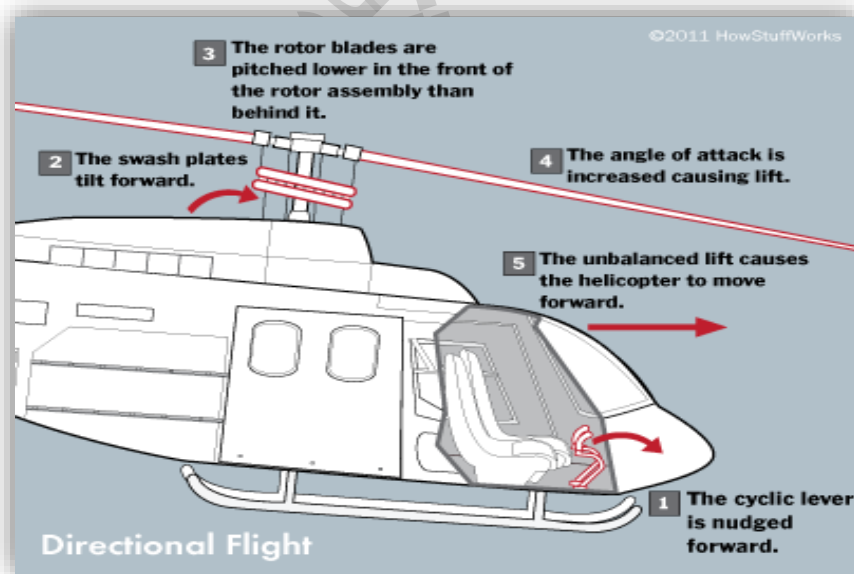
داخل کابین یک اهرم کنترل جهت حرکت هلیکوپتر تعبیه شده که به کمک آن می توان محور بال ها را حرکت داد، با خم کردن محور بال ها به جلو علاوه بر نیروی بالا برنده، نیروی جلو برنده هم تولید خواهد شد و هلیکوپتر به طرف جلو پرواز خواهد کرد و بر عکس با خم کردن محور به طرف عقب، نیروی بالا برنده و عقب بر تولید می شود و هلیکوپتر به اصطلاح دنده عقب حرکت خواهد کرد. همچنین با خم کردن اهرم کنترل به طرفین، هلیکوپتر حول محور افقی به طرف

چپ یا راست می چرخد. شکل (۶-۱)



شکل (۱-۶)

داخل کابین خلبان دو پدال هم تعبیه شده که بوسیله آنها، زاویه چرخش پروانه عقب هلیکوپتر تغییر می کند و باعث کم یا زیاد شدن نیروی غلبه بر گشتاور هلیکوپتر می شود. اگر پدال سمت چپ فشار داده شود، زاویه چرخش تیغه ها کم شده و به دنبال آن نیروی غلبه بر گشتاور هم کم خواهد شد و هلیکوپتر حول محور افقی به طرف چپ خواهد چرخید و بر عکس، اگر پدال سمت راست فشار داده شود، زاویه چرخش تیغه ها و به دنبال آن نیروی غلبه بر گشتاور زیاد خواهند شد و هلیکوپتر به طرف راست منحرف خواهد شد. بنابراین پروانه های عقب، علاوه بر مقابله با گشتاور چرخشی هلیکوپتر، وظیفه گردش به چپ یا راست هلیکوپتر را نیز بر عهده دارند. شکل (۱-۷)



شکل (۱-۷)

برای کم و زیاد کردن ارتفاع نیز اهرم تنظیم ارتفاع در سمت چپ صندلی خلبان تعبیه شده که با چرخاندن این اهرم سرعت چرخش بال ها کم و زیاد خواهد شد. اگر سرعت چرخش بال ها زیاد شود، نیروی بالابر بر نیروی وزن غلبه می کند و هلیکوپتر به طرف بالا حرکت می کند و اگر سرعت چرخش بال ها کم شود، نیروی بالابر کمتری تولید خواهد شد و هلیکوپتر به طرف پایین حرکت می کند. (شکل (۵-۱)

مخبرگان صنعت پارس

Fix Pitch - ۱-۱-۲-۲

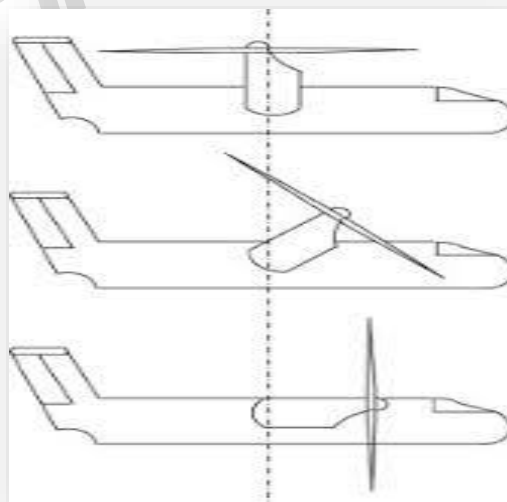
این نوع از عمود پروازها دارای گام ملخ ثابت بوده و نیروی محرکه برای پرواز از طریق دور موتور RPM (Rotation Per Minute) و انحراف پرنده حول محور خود ایجاد می‌شود که در فصول آینده درباره چگونگی پرواز این نوع از UAV ها صحبت می‌شود. (شکل ۱-۷)



(شکل ۱-۷)

تذکر :

باید توجه داشت در عصر جدید تکنولوژی خانواده‌ی جدیدی از UAV ها به تازگی پا به عرصه ظهور گذاشته‌اند به نام **Tilte Rotor** ها، که این خانواده جدید در واقع زیر مجموعه از **Fix Pitch** ها می‌باشند ولی ترکیبی از هر دو خانواده **Fix Pitch** و **Variable Pitch** می‌باشد. به این معنا که در این نوع از عمود پروازها سیستم گام ملخ ثابت بوده و تغییری در گام ملخ در هنگام پرواز به وجود نمی‌آید ولی در عوض کل سیستم ملخ و روتور با هم می‌چرخند. به عبارت دیگر پرنده در هر جا که لازم باشد به صورت پرنده عمود پرواز عمل کرده و به صورت عمودی بالا و پایین می‌شود و در صورت نیاز نیز سیستم متوری خود را چرخانده و به صورت یک هواپیمای موتوری افقی پرواز در می‌آید. شکل (۱-۸). **Tilte Rotor** ها خود به دسته‌های دیگر تقسیم بندی می‌شود و نسل آینده مولتی‌روتورها می‌باشد.



شکل (۱-۸)

۳-۱-۱- بالن ها :

دسته‌های دیگری از عمود پروازها نیز وجود دارد مانند بالن‌ها، که از قاعده خاصی پیروی نمی‌کند. بالن‌ها نیز جزء عمود پروازها محسوب می‌شود و به دو دسته زیر تقسیم بندی می‌شود :

۱- بالن‌های با توانایی کنترل پرواز به وسیله موتور

بالن‌ها

۲- بالن‌های بدون توانایی کنترل پرواز

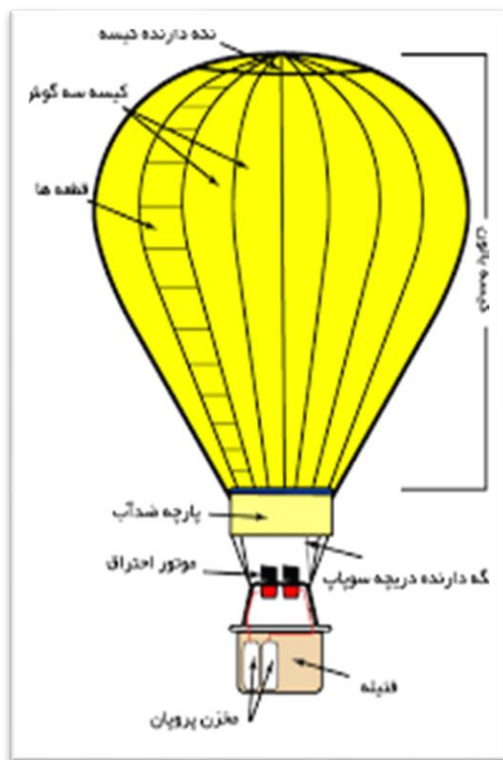
بالن‌های با توانایی کنترل پرواز دارای دو یا چند عدد موتور می‌باشند که در زیر یا قسمت پشت بالن نصب شده و خلبان بالن می‌تواند به وسیله نیروی محرکه‌ای که این موتورها ایجاد می‌کند بالن را کنترل کرده و تغییر جهت دهد. باید توجه داشت که نیروی بالا برنده (Lift) به وسیله کیسه هوای بالن تامین می‌شود. (شکل (۹-۱))



شکل (۹-۱)

اما در بالن‌هایی که توانایی کنترل به وسیله موتور در آنها وجود ندارد همچنان نیروی بالا برنده به وسیله کم کردن وزن پرنده و نیروی لازم برای نشستن (Landing) با کم کردن هوای کیسه هوا تولید می‌شود و همچنین نیروی محرکه روبه جلو (Thrust) توسط جریان‌های هوایی که در آسمان وجود دارد تولید می‌شود.

خلبان این پرنده از مهارت و تجربه بسیار زیادی در زمینه جریان‌های موجود در آسمان برخوردار است تا بتواند پرنده را پرواز داده و کنترل کند. در شکل (۱-۱۰) جزئیات کلی یک بالن بدون موتور آمده است.



شکل (۱-۱۰)

۴-۱-۱ - داکت فن : (Ducted Fan Drone)

پرنده دیگری که جزء دسته خاصی از UAV ها محسوب نمی‌شود داکت فن می‌باشد . داکت فن وسیله ای است برای تولید نیروی محرکه توسط یک فن - که به نوعی یک پروانه محسوب می‌شود- که درون یک سیلندر یا داکت قرار گرفته است. این داکت موجب کاهش اتلاف انرژی از طریق تولید کم‌تر دنباله در انتهای پره‌های فن می‌شود. داکت فن امروزه کاربردهای متفاوتی دارد که از آن جمله می‌توان به هواپیما، کشتی، هاورکرفت و کوله فن اشاره کرد. در شکل (شکل (۱-۱۱)) زیر نمونه‌ای از یک داکت فن و یکی از کاربردهای آن در کوله جت نشان داده شده است .



شکل (۱-۱۱)

۱-۴-۱-۱ - چرا داکت فن؟

داکت اطراف پروانه سبب تقویت نیروی جلو برنده می‌شود. بنابراین یک پروانه کوچکتر درون داکت می‌تواند به اندازه یک پروانه بزرگتر در جریان آزاد نیرو تولید کند. این مورد هنگامی که موانع هوایی زیادی وجود داشته باشد می‌تواند مفید باشد. برای مثال یک هواپیمای کوچک و جمع و جور برای محیط‌های شلوغ شهری مناسب‌تر خواهد بود.

ایده‌ی پوشیده کردن پروانه‌ها نه تنها از پروانه‌ها در برخورد با اشیاء در ارتفاع کم محافظت می‌کند، بلکه سبب افزایش امنیت مردم اطراف پرنده می‌شود. یکی از معایب اصلی هلی‌کوپترها این است که بدلیل ابعاد بزرگ روتورهای اصلی و دم، فضای دید خیلی کاهش می‌یابد و مأموریت‌های روی کشتی نیز می‌تواند برای پرسنل آن خیلی خطرناک باشد.

استفاده از داکت فن‌ها می‌تواند این خطر را بسیار کاهش دهد. همچنین در صورت بروز مشکل برای پره‌ها و یا جدا شدن آنها، داکت می‌تواند به عنوان یک محافظ عمل کند.

پیچیدگی مکانیکی هاب (سیستم دوران شکل (۱-۱۲)) هلی‌کوپترها سبب افزایش وزن و پسا (Drag) و در نتیجه کاهش کارایی آن‌ها می‌شود. با استفاده از داکت فن نیاز به یاتاقان‌ها و لولاها کاهش می‌یابد و بجای آن می‌توان از تعدادی ایرفویل به صورت آبشاری برای جهت دادن به جریان هوا استفاده کرد. با این روش کنترل زوایای مختلف امکان پذیر خواهد شد. کاهش پیچیدگی به معنی کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری نیز هست. استفاده از داکت اطراف پروانه آلودگی‌های صوتی را نیز کاهش می‌دهد. هرچند تعداد زیاد پره‌ها، صدای زیادی با فرکانس بالا تولید می‌کند، اما میرایی این صدا در هوا با فاصله بسیار بیشتر است.

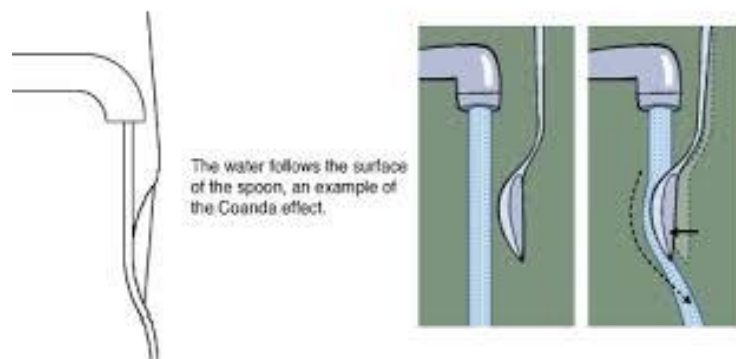
نکته قابل تامل در استفاده از داکت فن این است که می‌تواند تا ۹۴ درصد از یک پروانه بدون داکت بازده بیشتری داشته باشد. افزایش بازده مدیون اتلاف کم‌تر در نتیجه‌ی تولید کم‌تر دنباله می‌باشد. بعضی از هواپیماهایی که با موتور الکتریکی تغذیه می‌شوند می‌توانند به سرعت حتی بالاتر از ۲۰۰ مایل بر ساعت هم دست یابند.



شکل (۱-۱۲)

۲-۴-۱-۱- اثر کواندا (Coanda Effect) :

اگر یک سیال (مانند آب) از کنار یک جسم عبور کند سیال دور جسم می پیچد. این خم شدن سیال به دور جسم را اثر کواندا می گویند. به طور مثال اگر شیر آب را کمی باز کنیم تا باریکه آب قاشق سبک را به آب تماس دهیم مشاهده می کنیم که قاشق به طرف آب کشیده می شود. در حقیقت جریان آب حول قاشق می پیچد بنابراین از طرف قاشق به آن نیرو وارد می شود زیرا مسیر آب به سمت قاشق منحرف شده است طبق قانون سوم نیوتن عکس العمل این نیرو قاشق را به سمت آب می کشد، درحقیقت آب به سطح جسم می چسبد. (شکل (۱-۱۳))



شکل (۱-۱۳)

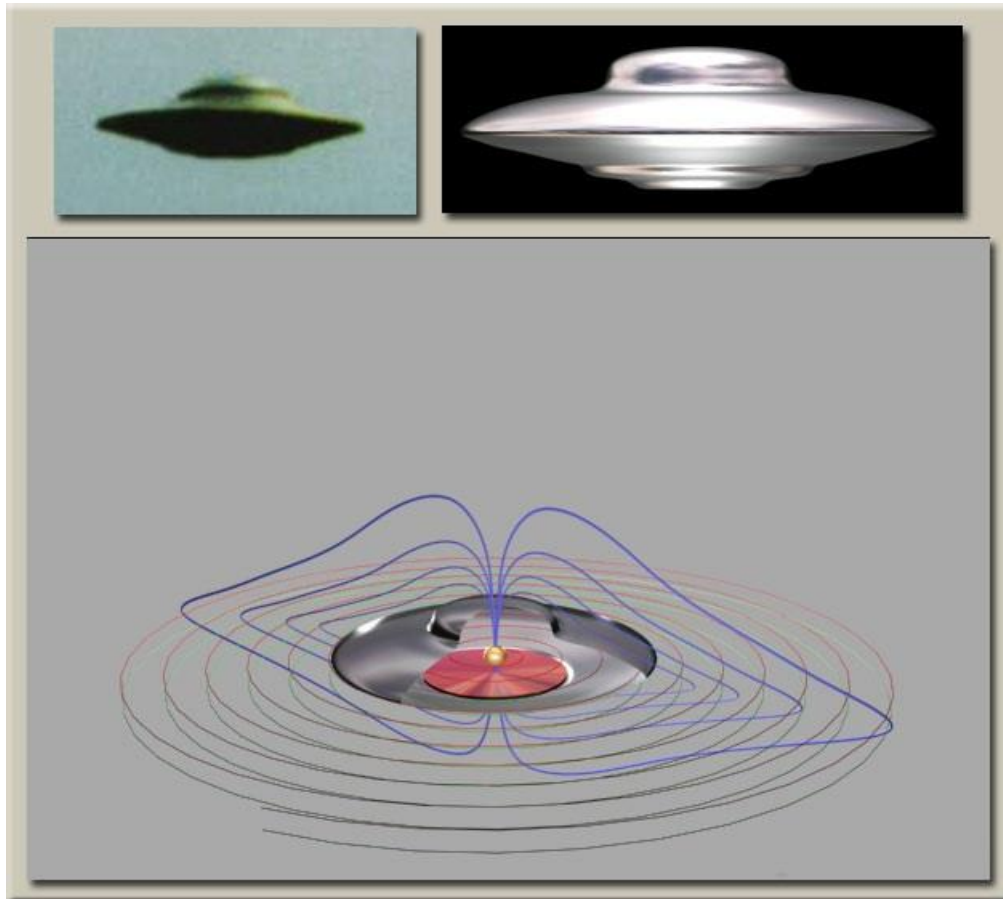
اثر کواندا در بسیاری از پدیده های اطراف ما دیده می شود. خم شدن هوا به طرف بال هواپیما باعث می شود بال به سمت بالا کشیده شود. (البته ۲۵ درصد نیروی بالا بری هواپیما به خاطر تغییر فشار در دو سمت بال ایجاد می شود که ما در اینجا فقط سهم اثر کواندا را بررسی می کنیم). (شکل (۱-۱۴))



شکل (۱-۱۴)

نکته :

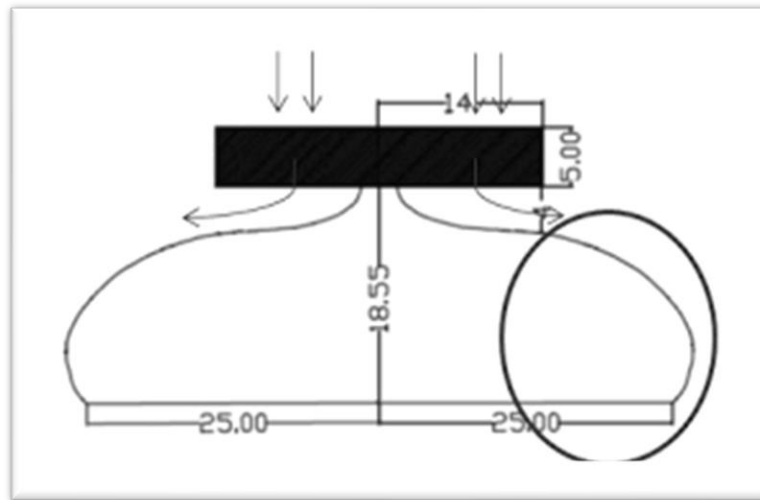
شاید بتوان گفت اولین پرنده‌هایی که از اثر کواندا برای پرواز استفاده کردند، بشقاب پرنده‌ها بودند . البته باید توجه داشت وجودیت بشقاب پرنده به عنوان یک جسم پرنده به طور رسمی تأیید نشده است ولی موضوع بحث ما در اینجا طرز کار بشقاب پرنده‌ها می‌باشد نه ماهیت وجودی آن . (شکل (۱-۱۵))



شکل (۱-۱۵)

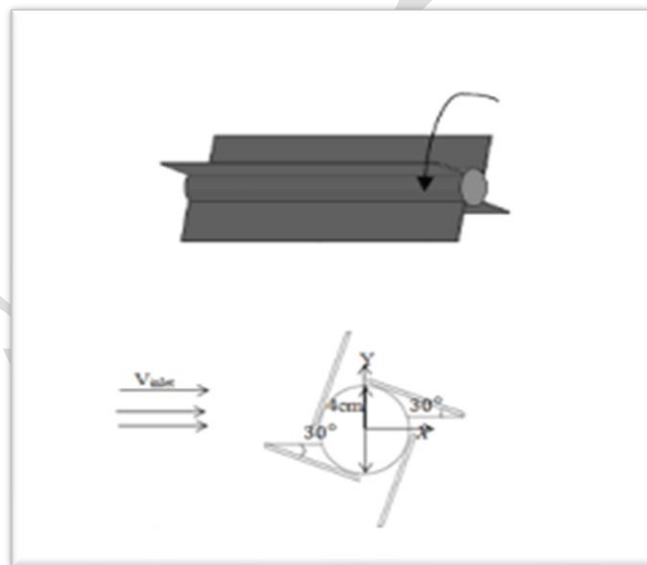
۳-۴-۱-۱- طرز کار داکت فن :

همانطور که در شکل (۱-۱۶) دیده می‌شود جریان هوا با چرخش ملخی که در قسمت بالای پرنده درون یک مجرا قرار گرفته به سمت پایین دمیده میشود و روی بدنه پرنده عبور میکند. با عبور جریان روی بدنه اثر کواندا سبب ایجاد نیروی لیفت و حرکت پرنده به سمت بالا میشود. اثر کواندا در قسمت انحنای بدنه بوجود می‌آید .



شکل (۱-۱۶)

یک فن محوری با چهار پره که پره‌ها دارای زاویه خروجی 30° درجه می‌باشند که تحت اثر جریان جدا شده از بدنه عمود پرواز، به چرخش در می‌آید (شکل ۱-۱۷)



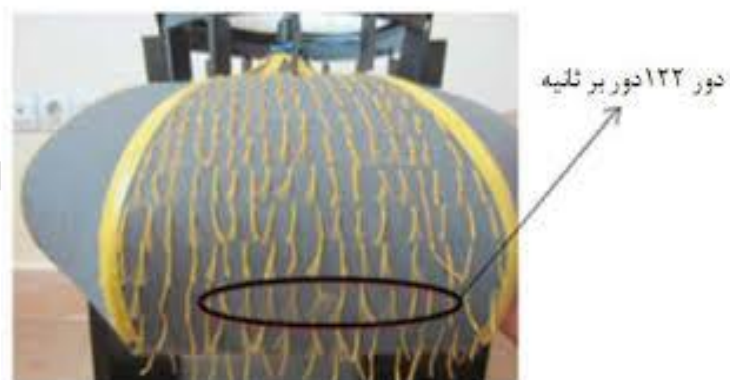
شکل (۱-۱۷)

با استفاده از نقطه جدایش جریان روی سطح بدنه پرنده می‌توان موقعیت نصب پره‌های محوری را مشخص کرد . برای پیدا کردن این نقطه را می‌توان از روش آشکارسازی جریان سطحی با کاموا استفاده کرد ، بدین صورت که با نصب رشته‌های کانوا در مسیر جریان روی بدنه پرنده لرزش تند کاموا، یا میل به بلند شدن از سطح نشان دهنده در شکل (۱-۱۸) جدایش لایه مرزی می‌باشد.



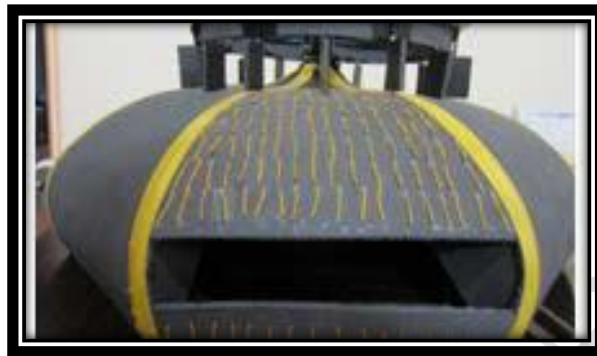
شکل (۱-۱۸)

با آشکارسازی جریان سطحی لایه مرزی روی بدنه پرنده، هنگامی که دور موتور به یک عدد خاص می‌رسد، (در این پرنده دور موتور ۱۲۲ دور بر ثانیه) موقعیت جدایش جریان را مشخص می‌شود و پره محوری را در آن محل نصب می‌گردد. شکل (۱-۱۹) .



شکل (۱-۱۹)

در شکل (۱-۲۰) محل نصب پره‌های محوری مشخص شده است .



شکل (۱-۲۰)

پس از نصب پره‌های محوری در محل خود (شکل (۱-۲۱)) و روشن شدن موتور پرنده هوا با فشار از روی بدنه رد شده و پس از برخورد با پره‌های نصب شده در روی پرنده نیروی لازم برای به پرواز در آمدن پرنده تأمین می‌شود .



شکل (۱-۲۱)

تذکر:

باید توجه داشت که موتورهای نشان داده شده در شکل (۱۱-۱) که بر روی کوله جت نصب شده‌اند از قاعده اثر کواندا استفاده نمی‌کنند، آنها صرفاً یک موتور بسیار قوی هستند که به صورت فن هوا را با قدرت بسیار زیاد از بالای سر سرنشین کوله جت به پایین هل داده و بر طبق قانون دوم نیوتون در اثر نیروی عکس العمل این حرکت، کوله جت و سرنشین آن به سمت بالا به پرواز در می‌آیند.

نخبگان صنعت پارس

۲-۱- پهپاد :

پهپاد به معنای پرنده (پ) هدایت (ه) پذیر (پ) از (آ) راه دور (د) می باشد، که معادل انگلیسی آن همان UAV می باشد و به دو گروه زیر تقسیم بندی می شود:

پرنده هدایت مستقیم از روی زمین (UAV)

UAV

پرنده با المان هوشمند (Drone*)

Drone^o به معنای زنبور نر کارگر می باشد

نکته مهم : هر Drone حتما یک UAV محسوب می شود ولی هر UAV الزاما یک Drone نیست به دلیل این که همه ی پرنده هایی که از راه دور کنترل می شوند هوشمند نیستند. این به چه معناست ؟

همه انواع پرنده های UAV دارای یک رادیو کنترل می باشند که به وسیله آن می توان پرنده را هنگام پرواز کنترل کرد . این رادیو کنترل ها دارای یک آنتن م باشند . هنگامی که خلبان پرنده فرمانی را توسط رادیو کنترل به پرنده ارسال می کند این فرمان به صورت امواج رادیویی به وسیله آنتن به پرنده ارسال می شود. (البته باید توجه داشت که هر پرنده با رادیو کنترل خود ست می شود و دستورالعمل های هنگام پرواز را فقط از همان رادیو کنترل دریافت می کند . این بدان معناست که اگر فرضا چند پرنده در یک محیط نسبتا کوچک در حال پرواز باشند اختلالی در عملکرد هیچ کدام از آنها به وجود نمی آید . در مورد رادیو کنترل و طرز کار آن و چگونگی ست شدن آن با پرنده مورد نظر در مباحث آینده صحبت خواهد شد.) این امواج به وسیله گیرنده هایی که در روی پرنده نصب شده است دریافت شده و به سرور های کنترلی پرنده انتقال داده می شود . در پرنده های غیر هوشمند اگر این ارتباط قطع شود پرنده تا مسیری کوتاه ادامه پرواز داده و سپس سقوط می کند. ولی Drone ها اینگونه نیستند، به طور مثال وقتی یک Drone به پرواز در می آید دارای این قابلیت می باشد که به طور کاملا خودکار در یک مکان ثابت به حالت شناور باقی بماند، حتی اگر باد هم بوزد پرنده همچنان تعادل خود را حفظ کرده و شناور باقی خواهد ماند، که این عمل خودکار به واسطه المان هوشمند (IMU) نصب شده در روی آن انجام می پذیرد که این المان هوشمند تاثیر بسزایی در کنترل پرنده و مانور پذیری بهتر آن دارد . IMU . در واقع مغز هوشمند پرنده می باشد که با کمک دیتاهای داده شده از سنسور ها نصب شده در روی پرنده آن را به صورت خودکار کنترل می کند . یکی از المان های هوشمند Drone ها سیستم بازگشت به خانه یا

RTH (Return To Home) می باشد، در این سیستم به محض قطع ارتباط بین پرنده و رادیو کنترل، پرنده به

طور خودکار به سمت محلی که از آنجا پرواز را شروع کرده است (Home) حرکت کرد و در آنجا می نشیند . البته

ذکر این نکته ضروری به نظر می‌رسد که استفاده از سیستم **RTH** به معنای ریست کردن تمامی برنامه های پرنده می‌باشد. به این معنی که اگر ارتباط پرنده با رادیو کنترل قطع شود تمامی برنامه‌های رو سیستم هوشمند آن پاک شده و فقط برنامه **RTH** باقی می‌ماند پس بهتر است تلاش شود که ارتباط رادیو کنترل با پرنده تا حد امکان قطع نشود.

نخبگان صنعت پارس

فصل دوم :

انواع مولتی روتور ها و اجزاء تشکیل دهنده آنها

نخبگان صنعت پارس

۱-۲- آشنایی با انواع مولتی روتور ها :

پهپاد های روتوری و هلیکوپتر های کنترلی بدون سرنشین همانطور که از نام آن ها مشخص است به گونه ای طراحی شده اند که بتوانند بدون خلبان در آسمان پرواز کنند . کنترل بسیاری از این پهپاد ها توسط یک دستگاه کنترل از راه دور (رادیو کنترل) صورت می پذیرد و تنها در تعدادی محدود که از سیستم های داخلی فوق پیشرفته برخوردار هستند کامپیوتر ها وظیفه هدایت خودکار را به دست می گیرند. در حال حاضر انواع کوادکوپتر ها به راحتی در هر نقطه از جهان قابل تهیه هستند و هر یک از آن ها در زمینه هایی متفاوت مورد استفاده قرار می گیرند و به همین دلیل نمی توان معیار هایی خاص برای طبقه بندی آن ها تعریف کرد . واقعیت این است که با توجه به نیاز کاربران و کاربرد های سیستم ، پهپاد ها می توانند ابعاد و طراحی های ساختاری متفاوت داشته باشند.



شکل (۱-۲)

ما در ادامه قصد داریم انواع پهپاد ها را بررسی کنیم و تا جایی که امکان دارد توضیحاتی مختصر در مورد هر دسته ارائه دهیم . لازم به ذکر است که به منظور درک بهتر این دسته بندی ها در بخش هایی همچون تعداد پروانه ها ، اندازه و ابعاد ، محدوده کنترلی پرواز ، و نهایتا تجهیزات موجود صورت می پذیرند .

۲-۱- تقسیم بندی مولتی روتورها بر حسب تعداد موتور های آنها :

۲-۱-۱- سینگل روتور

مولتی روتور ها معمولا رایج ترین ساختار در میان پهباد های روتوری هستند که به منظور حفظ تعادل در طول پرواز از چندین روتور بهره می برند . اما در مدل هایی که با نام سینگل روتور (single rotor) شناخته می شوند تنها یک روتور گنجانده شده است. البته یک روتور کوچک دیگر نیز در قسمت دم این نوع پهباد ها تعبیه شده است که به فراهم نمودن تعادل لازم و همچنین تعیین جهت کمک می کند . به طور کلی اگر قصد دارید سیستم ها و محموله های سنگین را با سرعت بیشتر و مدت زمان پرواز طولانی تر انتقال دهید ، پهباد های نوع سینگل روتور یا همان هلیکوپتر های کنترلی معروف گزینه ایده آل شما به حساب می آیند . (شکل (۲-۲))



شکل (۲-۲)

۲-۱-۲- تری کوپتر (Three copter) :

در تری کوپتر ها (tricopter) سه نوع موتور متفاوت وجود دارد که هر کدام در انتهای یک بازو نصب شده اند . زمانی که قصد دارید تری کوپتر را به پرواز در آورید ، کالیست اهم **throttle** موجود روی دستگاه کنترل از راه دور را به سمت بالا حرکت دهید. این کار باعث می شود سیگنال های مربوطه بلافاصله توسط سنسور ژيروسکوپ دریافت و مستقیماً به کنترلر اصلی ارسال شود . این قطعه نیز که وظیفه تعیین جهت چرخش موتور ها را بر عهده دارد ، اطلاعات لازم را در اختیار هر یک از آن ها قرار می دهد و با شروع حرکت ملخ ها تری کوپتر از روی زمین بلند می شود. با توجه به سنسور ها و تجهیزات الکترونیکی مورد استفاده در تری کوپتر ها می توان گفت این نوع پهباد ها قادر هستند تعادل خود را به صورت خودکار حفظ کنند و به هیچ وجه لازم نیست شما به صورت دستی حرکت آن ها را تصحیح نمایید . (شکل (۲-۳))



شکل (۲-۳)

۲-۱-۳- کواد کوپتر (Quad copter) :

به جرات می توان گفت که پرکاربرد ترین مولتی روتور می باشد . زمانی که یک پهباد از چهار بازو و چهار موتور مجزا تشکیل شده باشد ، به عنوان کواد کوپتر (quadcopter) شناخته می شود . در این نوع پهباد ها معمولاً از موتور های نوع براشلس با طراحی خاص استفاده می شود تا کنترل بهتری فراهم شود. جالب است بدانید که از مجموع چهار عدد موتور دو موتوری که به صورت ضربدری در مقابل هم قرار می گیرند در جهت عقربه های ساعت می چرخند و دو موتور باقی مانده نیز برخلاف جهت عقربه های ساعت حرکت می کنند . این مکانیزم باعث حفظ تعادل کواد کوپتر و

اجرای فرود های ایمن می شود . بد نیست به این نکته اشاره داشته باشیم که باتری های مورد استفاده در کوادکوپتر ها نیز اغلب از نوع لیتیوم پلیمری هستند . (در مباحث آینده بیشتر در مورد باتری های مولتی روتور ها بحث خواهیم کرد).
(شکل (۲-۴))



شکل (۲-۴)

۲-۱-۴- هگزا کوپتر

هگزا کوپتر ها (Hexacopter) دارای شش عدد موتور هستند که سه عدد از آن ها در جهت عقربه های ساعت و سه عدد دیگر بر خلاف جهت عقربه های ساعت می چرخد. جالب است بدانید تعداد موتور های بیشتر در هگزا کوپتر باعث می شود این نوع پهباد در مقایسه با کوادکوپتر بتواند به نیروی محرکه بیشتری دست پیدا کند و به طبع آن در زمینه های گسترده تری مورد استفاده قرار گیرد . از سوی دیگر مکانیزم هگزا کوپتر به گونه ای طراحی شده است تا بتواند ایمنی بالایی را در اختیار شما قرار دهد . (شکل (۲-۵)) .



(شکل (۲-۵))

۲-۱-۵- اکتا کوپتر (Okta copter)

اوکتا (Octo) در زبان یونانی به معنای هشت است. به همین دلیل می توان گفت اوکتاکوپتر ها (octocopter) در واقع نوعی پهباد هستند که از هشت موتور قدرتمند و هشت ملخ نصب شده روی هر یک از آن ها بهره می برند.

این نوع مولتی روتور ها در طول پرواز به طور طبیعی از ثبات فوق العاده بالایی برخوردار هستند و در مقایسه با مدل های قبلی (تری کوپتر ، کواد کوپتر و هگزاکوپتر) قابلیت های پروازی بیشتری را ارائه می دهند.

این نوع پهباد ها در دنیای تصویر برداری هوایی حرفه ای کاربرد های فراوانی دارند و معمولاً توسط شرکت های فیلم سازی مورد استفاده قرار می گیرند . جالب است بدانید اوکتاکوپتر ها به شما اجازه می دهند در هر ارتفاعی برداشت های کاملاً ثابت و بدون نقص تهیه نمایید . (شکل (۲-۶))



(شکل (۲-۶))

البته مولتی روتورهای با تعداد موتور بیشتر نیز وجود دارد مانند مولتی روتور دوازده موتور، مولتی روتور هیجده موتور، مولتی روتور بیست و چهار موتور و مولتی روتور چهار موتور، اما بیشتر مطالب گفته شده در ادامه بحث در مورد کواد کوپتر می باشد که تقریباً پر کاربردترین مولتی روتور می باشد.

نکته :

باید توجه داشت چیدمان موتورهای در روی بدنه پرنده ها به صورت سلیقه ای می باشد ولی در چیدمان آنها باید به دو نکته مهم اشاره کرد، اول اینکه موتورهایی که در انتهای بازوهای پرنده نصب می شوند حتماً باید جهت چرخش دو موتور کنار هم خلاف یکدیگر باشند به طور مثال اگر جهت چرخش یک موتور ساعتگرد باشد باید جهت چرخش دو موتور کناری آن پاد ساعتگرد باشد، در غیر این صورت پرنده حول محور خود شروع به چرخش خواهد کرد . دوم اینکه تعداد موتورهای نصب شده روی مساحت پرنده به صورت قرینه نصب شوند تا در هنگام پرواز تعادل پرنده حفظ شود .

۲-۲- طبقه بندی مولتی روتورها بر اساس سیستم پیش رانش :

سیستم پیش رانش مولتی روتورها در واقع شامل موتور و ملخ می باشد . که ابتدا در زیر به طبقه بندی موتورها مورد استفاده در مولتی روتورها می پردازیم .

۲-۲-۱- پرنده با موتورهای الکتریکی DC :

۲-۲-۱-۱- انواع موتورهای الکتریکی :

اولین دسته و شاید بتوان گفت پر کاربرد ترین دسته از موتورهای مورد استفاده در مولتی روتورها موتورهای الکتریکی DC می باشند . خود این موتورها به دو دسته زیر طبقه بندی می شوند

۱- موتور الکتریکی براش (Brush engine)

موتورهای الکتریکی DC

۲- موتور الکتریکی لیس (Brushless motor)

۲-۲-۱-۱-۱- موتور الکتریکی براش (Brush engine) :

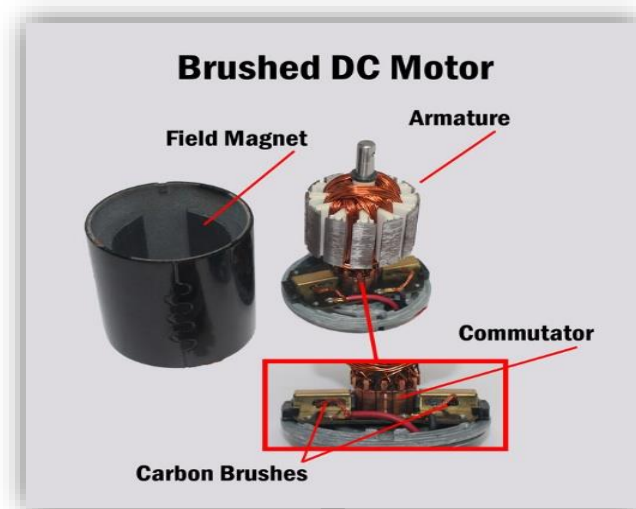
موتورهای معمولی یا همان براش عموماً از اجزای زیر تشکیل میشوند:

قسمت متحرک یا آرمیچر: که از یک سیم پیچ تشکیل شده است که بر روی یک محور فولادی میچرخد و در انتهای آن یک قسمت برای اتصال برسها قرار دارد که برق از طریق برسها به این قسمت رسیده و وارد سیم پیچها میشود.

قسمت ثابت : که از دو آهنربای دائمی با قطبیت مخالف تشکیل شده است.

برسها: که با اتصال بصورت تماسی به انتهای آرمیچر، برق را به آن منتقل میکنند. برای راه اندازی این موتورها، کاپیست که برق را به برسها وصل کنیم. برق از طریق تماس برس با آرمیچر وارد سیم پیچ آن میشود.

سیم پیچها دارای چند قطب هستند و برسها طوری با آرمیچر تماس پیدا میکنند که در هر لحظه برق وارد یکی از قطبهای سیم پیچ شده و یک آهنریای الکتریکی موقتی ایجاد میکنند. این آهنربا توسط یکی از آهنرباهای دائمی جذب شده و توسط دیگری دفع میشود. در این لحظه قطبیت سیم پیچ عوض شده و یک قطب دیگر مقابل آهنربا قرار میگیرد و این کار باعث چرخش آرمیچر بطور دائم تا زمانی که جریان برق برقرار است میگردد. (شکل (۷-۲)



شکل (۷-۲)

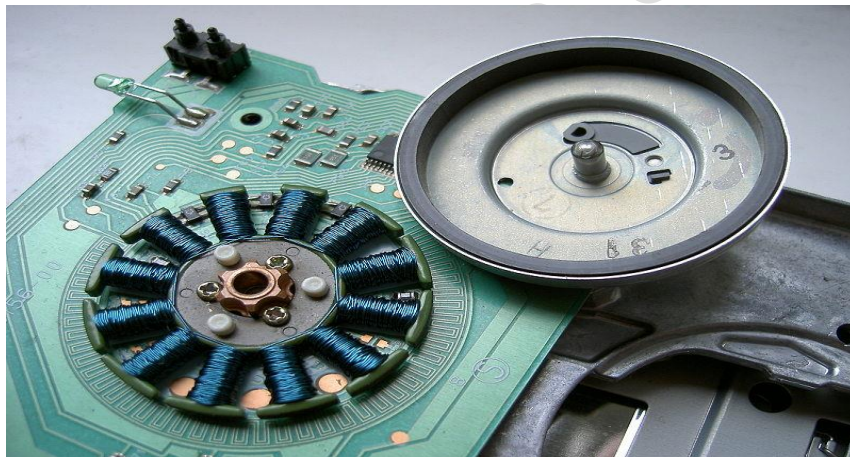
معایب این موتورها عبارتند از

- برسها و محل تماس آنها به مرور زمان سائیده می شوند.
- برسها و محل تماس آنها باید هر از چند گاهی تمیز شوند.
- اصطکاک برسها باعث کند کردن چرخش موتور می شود.
- اصطکاک برسها باعث اتلاف انرژی و کمتر شدن زمان پرواز می شوند.
- اصطکاک برسها باعث کمتر شدن نسبت توان به وزن می شود.

۲-۱-۱-۲- موتور الکتریکی براش لس (Brushless motor) :

موتورهای براشلس هم با همان اصل مورد استفاده در موتورهای معمولی کار میکنند، با این تفاوت که در این موتورها، سیم پیچ ثابت بوده و آهنرباها میچرخند. از آنجائی که سیم پیچ در این موتورها ساکن است، نیازی به برسها وجود ندارد. کار تقسیم ولتاژ بین سیم پیچها را کنترل کننده سرعت موتور یا همان اسپیدکنترل ESC انجام میدهد.

باید توجه داشت که نمیتوان از کنترلر سرعت موتورهای معمولی و موتورهای براشلس بجای یکدیگر استفاده نمود زیرا این دو، کار کاملاً متفاوتی انجام میدهند. سریعترین راه برای تشخیص اینکه یک موتور براشلس است یا معمولی این است که به سیمهای آن نگاه کنید. موتورهای معمولی دو تا سیم دارند در حالی که موتورهای براشلس دارای سه سیم هستند. سیم وسط فیدبک نام دارد و تغییر جای دو سیم دیگر باعث خواهد شد که جهت چرخش موتور برعکس شود. (شکل (۲-۸))



شکل (۲-۸)

مزایای موتورهای براشلس:

از آنجائی که برس وجود ندارد، خوردگی آن هم در این موتورها وجود ندارد.

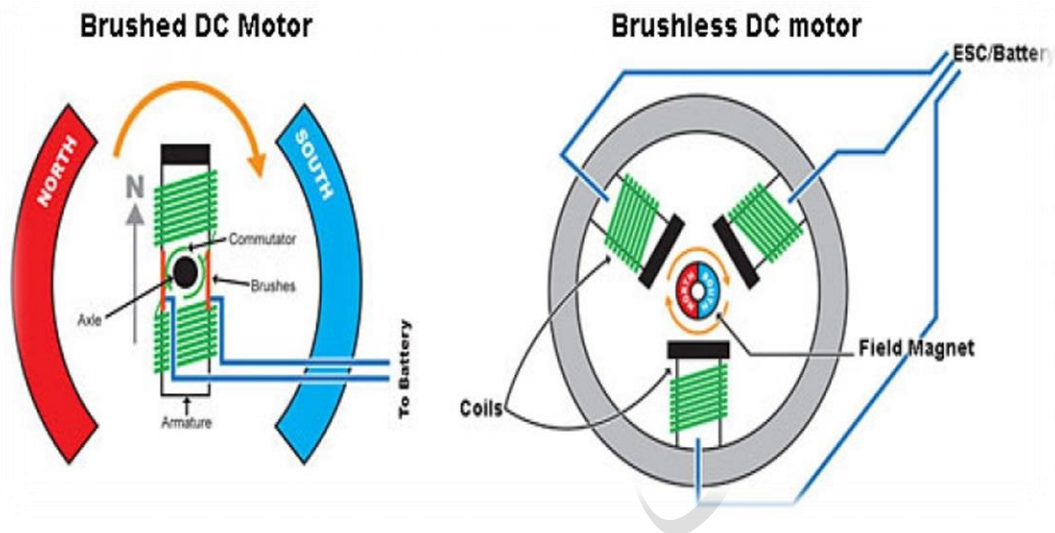
نیازی به نگرانی برای تمیز کردن برسها و محل اتصالشان وجود ندارد.

اصطحکاک برس برای گرفتن سرعت موتور وجود ندارد.

باز هم به همین علت، مدت زمان کارکرد موتور با یک باتری در این موتورها بالاتر است.

نسبت توان به وزن بسیار بالاتری دارند.

در شکل زیر (شکل (۹-۲)) تفاوت بین موتور برآش لس و موتور برآش کاملاً مشخص است .



(شکل (۹-۲))

۲-۲-۱-۲- منبع تغذیه مولتی روتور ها با موتورهای اکتريکی DC :

۲-۲-۱-۲-۱- باطری های اکتريکی (battery) :

باطری اکتريکی در UAV ها به عنوان یکی از منابع تغذیه یا همان تامین کننده نیروی اکتريکی مورد نیاز موتورها در حین پرواز می باشد.

باطری های اکتريکی هم به دودسته زیر طبقه بندی می شود :

۱- باطری لیتیوم یون

۲- باطری لیتیوم پلیمر

باطری اکتريکی

۱-۱-۲-۱-۲-۲-۲- باتری لیتیوم یون :

باتری‌های لیتیوم-یون چگالی انرژی بیشتری را نسبت به باتری‌های نیکل-کادمیم فراهم می‌سازند که تقریباً دو برابر انرژی قابل دسترسی بیشتر تولید می‌کند. باتری‌های لیتیوم-یون معمولاً برای تأمین نیروی لازم در دستگاه‌های الکترونیکی قابل حمل مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مقایسه با نسل‌های قدیمی‌تر باتری‌ها یعنی باتری نیکل-کادمیم و باتری نیکل-هیدرید فلز، باتری‌های لیتیوم-یون وزن و حجم سبک‌تری حدود ۳ تا ۵ برابر دارند. (شکل (۲-۱۰))

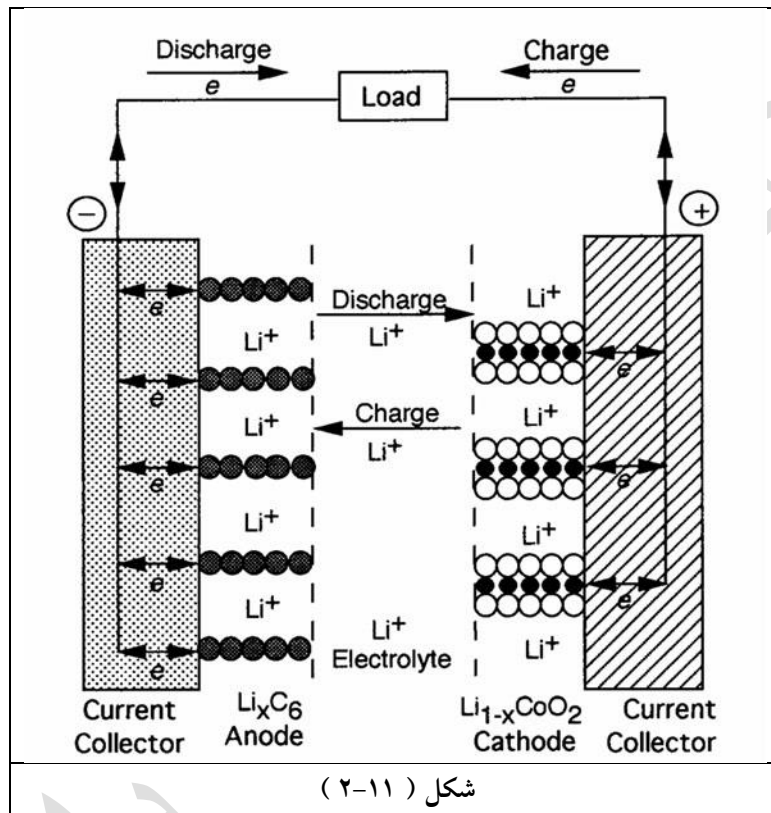


شکل (۲-۱۰)

باتری لیتیوم-یون انرژی زیادی تولید می‌کند اما در مقابله با باتری‌های نیکل-هیدرید ایمنی آنها پایین است. برای نمونه این نوع باتری‌ها زود آتش می‌گیرند. اما نسل جدید باتری لیتیوم-یون با حل «مشکل کاتودی» هر نیاز را برآورده می‌کنند. آنها به دشارژ کامل نیاز ندارند و می‌توان از جریان الکتریکی بالاتر برای شارژ و دشارژ بدون آسیب به باتری استفاده کرد. در هنگام دشارژ افت ولتاژ کمی دارند و به دوره **break-in** نیاز ندارند.

یک باتری لیتیوم-یون را می‌توان در هر زمان بی‌آنکه روی کارایی باتری اثر بگذارد شارژ کرد. اما چون باتری‌های لیتیوم-یون معمولاً دارای طول عمر شارژ/دشارژ ۳۰۰ تا ۵۰۰ چرخه هستند، اگر زود به زود و قبل از تخلیه، این باتری شارژ

شود طول عمر باتری پایین می‌آید. همچنین در صورت ادامه شارژ پس از پر شدن، باتری آسیب دیده و از عمر آن کاسته می‌شود به همین دلیل برای شارژ آنها از مدارهای محافظ هوشمند استفاده می‌شود تا پس از پر شدن، جریان شارژ قطع شود و باتری بیش از حد شارژ نشود. در شکل زیر (شکل (۱۱-۲)) نمای شماتیک از یک سل باتری لیتیوم یون نشان داده شده است .



مزیت ها:

باتری های لیتیوم یونی چگالی انرژی بالایی دارند

آن ها عمر طولانی دارند

باتری های لیتیوم یونی معمولاً قابل تعویض توسط کاربر هستند

معایب:

باتری های لیتیوم یونی معمولا وزن سنگین تری دارند

اضافه کردن مدار محافظ به هزینه آن ها می افزاید

آن ها سطح خود تخلیه شارژ نسبتا بالایی دارند

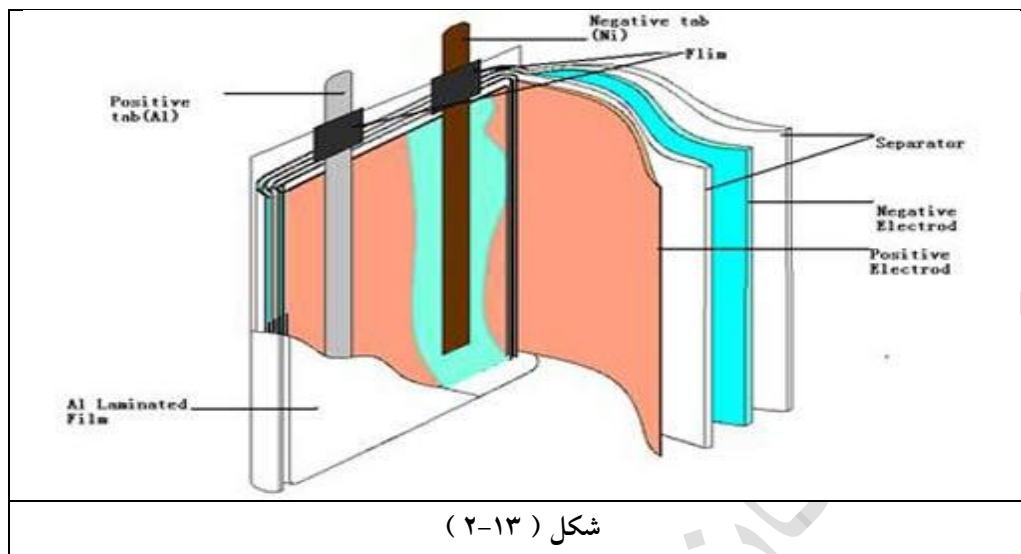
آن ها عمدتا به شکل مستطیلی در دسترس هستند

۲-۱-۲-۱-۲-۲- باطری لیتیوم پلیمری :

باتری های لیتیوم پلیمری کمی بعد از همتایان لیتیوم یونی خود به صحنه آمدند. آن ها اساسا اجزای بسیار مشابهی با باتری های لیتیوم یونی دارند. تفاوت اصلی آن ها در ماده جداساز آن است یعنی همان ماده ای که از درون آن یون ها بین دو الکترود حرکت می کنند. (شکل (۲-۱۲))



در باتری های لیتیوم پلیمری یا **li-po** ، ماده جداساز از پلیمر میکرو متخلخل تشکیل شده است که در یک ژل الکترولیتی پوشیده شده است. در این مورد، جداساز به عنوان یک کاتالیزور در کل فرآیند شیمیایی عمل می کند. همچون باتری های لیتیوم یونی، این ها نیز نیاز به یک مدار محافظ برای اطمینان از این که ولتاژ و جریان در محدوده امن است دارند. اما برخلاف همتای خود باتری لیتیوم پلیمری نیاز به محفظه یا قاب فلزی ندارد.



شکل (۱۳-۲)

مزیت ها:

- آن ها سطح خود دشارژی پایینی دارند
- آن ها بسیار سبک هستند
- باتری های لیتیوم پلیمری در اشکال مختلفی در دسترس هستند

معایب:

- آن ها چگالی انرژی پایینی دارند
- آن ها گران قیمت هستند
- باتری های لیتیوم پلیمری عمر مفید کوتاه تری دارند
- آن ها توسط کاربر قابل تعویض نیستند

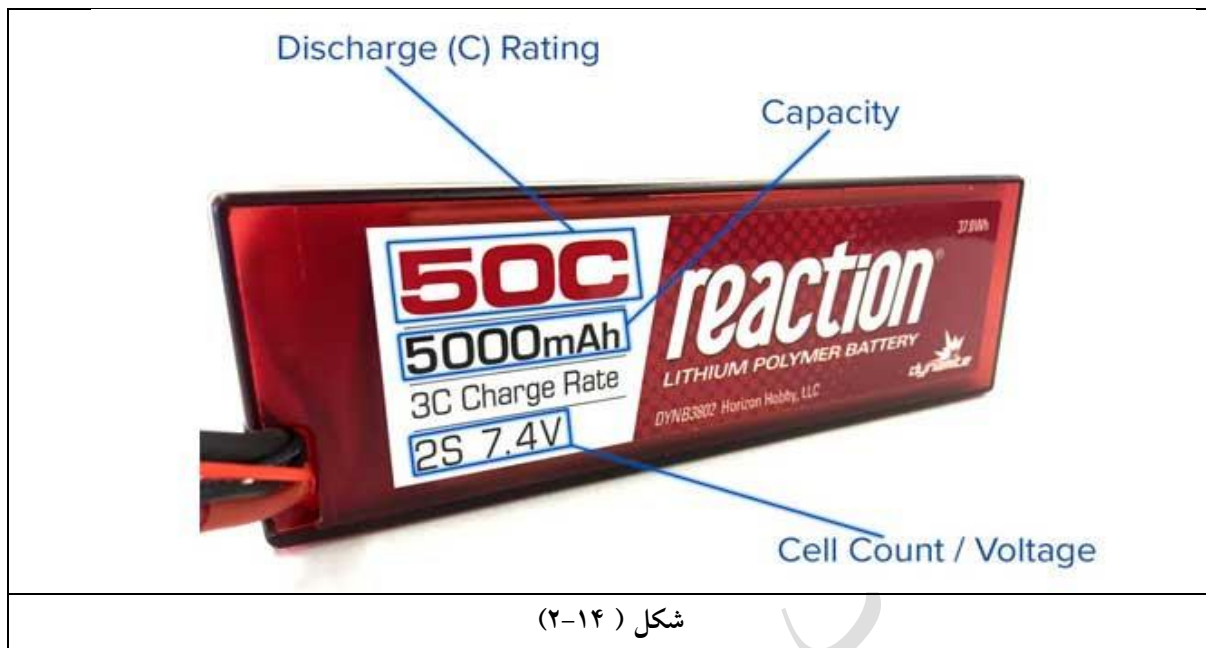
باتری های لیتیوم پلیمری امروزه در بسیاری از وسایل الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرند . این نوع باتری ها در سال های اخیر به دلیل استفاده گسترده در صنعت سیستم های کنترل از راه دور مانند کوادکوپتر ها و ماشین های کنترلی الکتریکی به شهرت رسیده اند، به عبارت دیگر باتری **LiPo** ویژگی هایی مانند شارژ دهی طولانی مدت و ولتاژ بالا دارد که آن را به بهترین گزینه موجود برای کاربران کوادکوپتر ، هلیکوپتر کنترلی و سایر سیستم های کنترل از راه دور تبدیل کرده است. به طور کلی باتری های لیتیوم پلیمری مزایای بسیاری دارند ، اما معایبی نیز به آن ها نسبت داده می شود . به همین دلیل کاربرانی که قصد دارند از این نوع باتری استفاده کنند ابتدا باید تمام جنبه های مثبت و منفی آن ها را در نظر بگیرند. خوشبختانه در بسیاری از موارد مزایای باتری لپیو به خوبی می تواند معایب آن ها را پوشش دهد و نیاز های متنوع کاربران را برطرف نماید . از سوی دیگر بسیاری از کسانی که تجربه استفاده از باتری های **LiPo** را دارند ادعا می کنند تا زمانی که به نکات ایمنی توجه شود و این نوع باتری ها با دقت کافی مورد استفاده قرار گیرند ، لازم نیست در مورد معایب و خطرات احتمالی آن ها نگران باشید .

نکته:

باتری لیتیوم پلیمری چگالی انرژی بیشتری نسبت به باتری های دیگر دارد (چگالی انرژی به معنای میزان انرژی در واحد وزن می باشد) به عبارت دیگر باتری لیتیوم پلیمری با یک وزن برابر ، نسبت به باتری های دیگر انرژی بیشتری را فراهم می کند به همین دلیل بهترین گزینه برای کاربران مولتی روتورها می باشند .

۳-۱-۲-۱-۲-۲-۲-۲ اعداد و ارقام درج شده روی بدنه باتری **LiPo** چه مفهومی دارند ؟

روی هر باتری اعدادی و نشانه هایی درج شده است که به درک توانایی ها و شناخت کامل آن کمک می کند . چنین مشخصاتی امکان مقایسه بین باتری های متفاوت را فراهم می کنند و نقش مهمی در انتخاب بهترین گزینه متناسب با نیاز های کاربران دارند . در ادامه به سه مورد از مهم ترین اعدادی که روی یک باتری درج می شود اشاره خواهیم کرد . هر کدام از این ارقام نشان دهنده یکی از ویژگی های باتری هستند و شما باید با مفهوم آن آشنا باشید .



- ولتاژ (Voltage) :

برای هر سلول به کار رفته در باتری لپتو ولتاژی برابر با $3/7V$ در نظر گرفته می شود. بر این اساس ولتاژ $7/4V$ درج شده روی باتری موجود در تصویر بالا نشان می دهد که دو سلول به صورت سری در کنار یکدیگر قرار گرفته اند.

جالب است بدانید تنظیم سلول ها به روش سری باعث می شود یک باتری مثلا دو سلولی با نام S2 نیز شناخته شود. بنابراین یک باتری لپتو دو سلولی S2 ولتاژی معادل $7/4V$ را فراهم می کند، یک باتری سه سلولی S3 دارای ولتاژ $11/1V$ است، و به همین ترتیب با توجه به تعداد سلول ها ولتاژ افزایش پیدا می کند.

لازم به ذکر است که ولتاژ در نظر گرفته شده برای هر سلول مقدار دقیقی نیست و به طور توافقی تعیین شده است تا امکان مقایسه باتری هایی با تعداد سلول های متفاوت فراهم شود.

از سوی دیگر $3/7V$ حداکثر یا حداقل ولتاژ یک سلول نیز به حساب نمی آید. بر اساس اندازه گیری ها حداکثر ولتاژ هر سلول در باتری لیتیوم پلیمری با شارژ کامل معادل $4/2V$ ، و حداقل ولتاژ نیز $3/0V$ است. بنابراین $3/7V$ به نوعی میانگین حداکثر و حداقل ولتاژ یک سلول است و به عنوان ولتاژ هر سلول باتری لپتو در نظر گرفته می شود.

نکته مهم دیگری که می توان به آن اشاره کرد این است که در همان مراحل اولیه تولید و توسعه باتری های لپتو ممکن بود عبارت " 2 " S2P روی آن ها درج شده باشد. این عبارت بدین معنا بود که چهار سلول در باتری لپتو وجود دارد، سلول هایی که در گروه های دو تایی به صورت سری در کنار یکدیگر قرار گرفته بودند و دو گروه نیز به روش موازی

مورد استفاده قرار می گرفتند. کمک گرفتن از روش موازی باعث می شد گنجایش باتری افزایش پیدا کرده و در نتیجه مدت زمان شارژدهی آن طولانی تر شود. اما امروزه به لطف تکنولوژی های مدرن هر سلول به طور جداگانه انرژی بیشتری نسبت به حالت گروهی در خود ذخیره می کند. همین عامل باعث می شود نیاز به ساختار های موازی به تدریج کاهش پیدا کرده و اصطلاحاتی همچون 2S2P کمتر مشاهده شود. با توجه به اینکه ممکن است هنوز باتری های لپتو قدیمی در بعضی از دستگاه ها وجود داشته باشد، دانستن چنین اطلاعاتی خالی از لطف نیست.

ولتاژ باتری های لیتیوم پلیمری در تعیین سرعت حرکت دستگاه های کنترل از راه دور مانند هلیکوپتر و ماشین کنترلی برقی نیز نقش اساسی دارد. این ولتاژ نرخ گردش موتور های الکتریکی در هر دقیقه (RPM: Revolutions per minute) را مستقیماً تحت تاثیر قرار می دهد البته این متغیر در موتور های براسلس به kV تغییر پیدا کرده است که در واقع نرخ گردش موتور در هر دقیقه به ازای یک ولت است. (RPM per Volt) به عبارت دیگر اگر موتور براسلس شما دارای نرخ گردش KV3500 باشد، این یعنی موتور به ازای هر ولت 3500 دور در دقیقه چرخش خواهد داشت. بنابراین با یک حساب ساده می توان گفت باتری لپتو 2S باعث می شود موتور 25900 دور در دقیقه بچرخد (3500 × 7/4). به

همین ترتیب باتری لپتو 3S انرژی لازم برای 38850 چرخش در دقیقه (3500 × 11/1) را در اختیار موتور قرار خواهد داد. با این تعاریف می توان نتیجه گرفت که هر چقدر ولتاژ باتری بیشتر باشد، دستگاه شما با سرعت بیشتری حرکت خواهد کرد. جالب است بدانید افزایش سرعت یکی از مهم ترین دلایل محبوبیت باتری های LiPo محسوب می شود.

- گنجایش (Capacity):

گنجایش یک باتری در واقع مقیاسی است برای اندازه گیری مقدار انرژی که باتری می تواند در خود ذخیره کند و در مواقع مورد نیاز آن را در اختیار دستگاه های الکتریکی قرار دهد. برای درک بهتر این موضوع می توان گنجایش باتری را به ظرفیت باک بنزین و وسایل نقلیه تشبیه کرد. واحد اندازه گیری گنجایش باتری معمولاً میلی آمپر ساعت (mAh) است. اگر بخواهیم این واحد اندازه گیری را تشریح کنیم، میلی آمپر ساعت حداکثر توان خروجی است که باعث می شود در طول یک ساعت شارژ آن کاملاً تخلیه شود. از آنجایی که انرژی دریافت شده توسط وسایل الکتریکی معمولاً با استفاده از واحد آمپر (A) مشخص می شود، می توان واحد اندازه گیری گنجایش باتری ها را به آمپر ساعت (Ah) تبدیل کرد:

$$\text{mAh} = 1 \text{ Amp Hour (1Ah} \times 1000)$$

همانطور که گفتیم گنجایش باتری مانند ظرفیت باک بنزین است. این یعنی گنجایش باتری تعیین کننده مدت زمانی است که شما می توانید از دستگاه استفاده کنید تا شارژ آن کاملاً تخلیه شود. بنابراین هر چقدر گنجایش باتری بیشتر باشد،

شما مدت زمان بیشتری در اختیار خواهید داشت. هوایما و هلیکوپتر کنترلی در سایز های مختلف تولید می شوند و به همین دلیل مقدار مشخصی برای گنجایش باتری آن ها تعیین نمی شود. اما در ماشین های کنترلی گنجایش باتری به طور میانگین ۵۰۰۰ mAh است. البته شرکت هایی نیز وجود دارند که به عرضه باتری با گنجایش فوق العاده بالا شهرت دارند. یکی از این شرکت ها که با نام Traxxas شناخته می شود باتری های لیتیوم پلیمری با گنجایش ۱۲۰۰۰ mAh را در اختیار کاربران قرار می دهد. با وجود اینکه چنین مقادیر بالایی واقعا هیجان انگیز هستند، اما نباید فراموش کرد که باتری هایی با گنجایش بیش از حد استاندارد معایب خاص خود را دارند و استفاده کردن از آن ها ممکن است در درازمدت به نوبت داشته باشد. اولین عیب در سایز این نوع باتری ها مشاهده می شود. به طور کلی هر چقدر گنجایش باتری بیشتر باشد، ابعاد و وزن آن بیشتر خواهد بود. علاوه بر آن ممکن است زمان اضافی فراهم شده توسط این نوع باتری ها به گرم شدن بیش از حد موتور و کنترل کننده های الکترونیکی سرعت منتهی شود. در چنین مواقعی اگر شما در فاصله های زمانی کوتاه حرارت دستگاه را بررسی نکنید و زمان لازم برای خنک شدن را در اختیار آن قرار ندهید، به احتمال فراوان مشکل سوختن موتور را تجربه خواهید کرد. در هر صورت توصیه می شود در هنگام خرید باتری با گنجایش بالا حتما به چنین مواردی توجه داشته باشید.

۳-۱-۲-۱-۲-۲-۲- نرخ تخلیه شارژ (Discharge rating):

همانطور که دیدید ولتاژ و گنجایش باتری های لیتیوم پلیمری مستقیما بر عملکرد دستگاه در زمینه سرعت و مدت زمان حرکت تاثیر می گذارند. همین موضوع باعث می شود ما به راحتی بتوانیم آن ها را درک کنیم. اما نرخ تخلیه (Discharge Rating یا C Rating) وضعیت متفاوتی دارد و درک مفهوم آن چندان آسان نیست. شاید به همین دلیل است که بسیاری از کاربران در تشخیص و اندازه گیری نرخ تخلیه شارژ باتری های لپو دچار مشکل می شوند و نمی توانند به درستی تصمیم گیری کنند. نرخ تخلیه به زبان ساده سرعت تخلیه شارژ باتری در شرایط ایمن و بدون آسیب رسیدن به آن است. نرخ تخلیه یک عدد مشخص نیست و همین باعث شده است درک آن برای افراد تازه کار دشوار باشد.

برای اندازه گیری نرخ تخلیه شارژ باتری لازم است گنجایش آن از قبل تعیین شده باشد تا بتوان جریان خروجی باتری را در شرایط ایمن بر اساس واحد آمپر مشخص کرد. به این منظور می توانید با در اختیار داشتن گنجایش باتری از فرمول زیر استفاده کنید.

فرمول برای اندازه گیری حداکثر جریان خروجی مداوم باتری در شرایط ایمن:

$$C = 50 \times \text{Capacity (in Amps}\cdot\text{h)}$$

Calculating the C-Rating of our example battery: $50 \times 5 = 250A$

عددی که در پایان حاصل می شود حداکثر خروجی پایداری است که شما می توانید در شرایط ایمن از باتری انتظار داشته باشید. در صورتی که جریان خروجی باتری برای مدت زمان طولانی از این مقدار بیشتر شود، در بهترین حالت ممکن عواقبی همچون کاهش طول عمر باتری در انتظار شما خواهد بود. گاهی اوقات ممکن است حتی اتفاقات بدتری نیز رخ دهد و باتری منفجر شود. بسیاری از باتری های لیتیوم پلیمری که امروزه در بازار به فروش می رسند دارای دو نرخ تخلیه هستند، نرخ تخلیه مداوم (Continuous Rating) و نرخ تخلیه انفجاری (Burst Rating).

نرخ تخلیه مداوم همان موردی بود که پیشتر توضیح دادیم. نرخ تخلیه انفجاری نیز به همان صورت مشخص می شود، با این تفاوت که به جای در نظر گرفتن شرایط ایمن آن را در ۱۰ ثانیه ای که باتری عملکرد انفجاری دارد اندازه گیری می کنیم. نرخ تخلیه انفجاری در مواقعی که کوادکوپتر یا ماشین کنترلی در حال شتاب گرفتن است وارد محاسبات می شود و نقش خاصی در سرعت ثابت این وسایل ندارد. علاوه بر آن نرخ تخلیه انفجاری همواره از نرخ تخلیه مداوم بیشتر است. لازم به ذکر است که باتری های لیتیوم پلیمری معمولاً با در نظر گرفتن نرخ تخلیه مداوم مقایسه می شوند.

یکی از متداول ترین سوالاتی که همواره در رابطه با نرخ تخلیه شارژ باتری های LiPo مطرح می شود، مقدار مناسب آن است. آیا هر چقدر نرخ تخلیه باتری بیشتر باشد بهتر است؟ یا کفایت نرخ تخلیه شارژ باتری بتواند پاسخگوی نیاز دستگاه الکتریکی باشد؟ واقعیت این است که هیچ پاسخ مشخصی برای این سوالات وجود ندارد. با این حال بهتر است ابتدا حداکثر جریان الکتریکی مورد نیاز دستگاه را مشخص کنید، و در ادامه به دنبال باتری هایی باشید که نرخ تخلیه شارژ آن ها از حداکثر جریان الکتریکی مورد نیاز دستگاه کمتر نباشد. برای درک بهتر این موضوع به مثال زیر توجه کنید. فرض می کنیم یک ماشین کنترلی الکتریکی در اختیار داریم که موتور آن طبق ادعای تولید کننده انرژی را با حداکثر جریان مداوم ۶۵ آمپر و حداکثر جریان انفجاری ۱۰۰ آمپر دریافت می کند. از میان باتری های لیتیوم پلیمری موجود در بازار یک مدل با مشخصات ۲ S 5000mAh 20C LiPo به خوبی می تواند تمام نیاز های این دستگاه را پوشش دهد. چرا که طبق اطلاعات ارائه شده و با استفاده از فرمول های موجود می توان مشخص کرد که این باتری در

شرایط ایمن دارای نرخ تخلیه شارژ مداوم ۱۰۰ آمپر (بیشتر از ۶۵ آمپر) و حداکثر نرخ تخلیه شارژ انفجاری ۱۵۰ آمپر (بیشتر از ۱۰۰ آمپر) می باشد. لازم به ذکر است که علاوه بر نرخ جریان درج شده روی موتور عوامل دیگری نیز وجود

دارند که باید با توجه به آن ها باتری با نرخ تخلیه شارژ مناسب را انتخاب کرد. از جمله این عوامل تاثیر گذار می توان به لوازم جانبی نصب شده روی ماشین کنترلی، سطح زمینی که ماشین روی آن حرکت می کند، وزن ماشین، سایز چرخ ها و ... اشاره کرد. تمام این موارد مستقیماً جریان خروجی از باتری را تحت تاثیر قرار می دهند و این احتمال وجود دارد که جریان خروجی باتری بیشتر از حداکثر جریان مدام درج شده روی موتور باشد. با این تعاریف بهتر است نرخ تخلیه شارژ باتری لیتیوم پلیمری کمی بیشتر از حداکثر جریان الکتریکی مورد نیاز موتور باشد تا در صورت سخت تر شدن شرایط باتری تحت فشار قرار نگیرد. اما اینکه چقدر بیشتر باشد را نمی توان به طور دقیق مشخص کرد و باید با افراد با تجربه در این زمینه مشورت کنید.

بسیاری از دستگاه های کنترلی می توانند با استفاده از باتری های لپو C۲۰ یا C۲۵ عملکرد مطلوبی داشته باشند. اما دستگاه هایی همچون ماشین های کنترلی سنگین یا کوادکوپتر هایی که تجهیزات مختلف روی آن ها نصب شده باشد به باتری های قوی تر C۴۰ نیاز دارند. با این حال توصیه می شود قبل از خرید باتری حتماً با افراد متخصص و باتجربه مشورت کنید.

۴-۱-۲-۱-۲-۲- چند نکته مهم که کاربرانی که از باتری لیتیوم پلیمری استفاده می کنند باید بدانند:

در کل باتری های لیتیوم پلیمری نسبت به دیگر باتری هایی که برای وسایل کنترل از راه دور مورد استفاده قرار می گیرند (مانند NiCd و NiMH) از ایمنی بیشتر و سازگاری بالاتری با محیط زیست برخوردارند به همین دلیل کاربرد آنها رو به افزایش است. اما با همه این ها اگر شارژ، دشارژ و نگهداری این باتری ها به درستی انجام نشود، میتواند خطرات جبران ناپذیری را برای کاربر و همچنین وسیله گران قیمت آن متحمل شود. این مطلب یک راهنمای کلی برای نگهداری و استفاده از باتری های لیتیوم پلیمری است که می توانید با رعایت این نکات ساده طول عمر باتری خود را افزایش و ایمنی وسیله تان را بالاتر ببرید.

- هرگز باتری های پف کرده و آسیب دیده را شارژ و دشارژ نکنید.

- از خرید باتری های لیتیوم پلیمری دست دوم جدا خودداری کنید. چون شما نمی دانید که مالک قبلی از آن باتری چگونه استفاده کرده است و ممکن است در حالی که ظاهری نو و تمیز دارد، به شدت آسیب دیده باشد.

- همیشه در هنگام شارژ و دشارژ تعادل مناسبی بین ولتاژ سلول‌های باتری لیتیوم پلیمری خود برقرار کنید، به گونه‌ای که تمام سلول‌ها در آن واحد دارای یک ولتاژ باشند. اگر انحراف ولتاژ سلول‌ها از یکدیگر بیشتر از ۱۰ میلی ولت شود، امکان ناپایداری باتری بالاتر خواهد رفت. (مگر در باتری‌های تک سل که نیازی به نگرانی راجع به این موضوع نیست.

- همیشه در هنگام شارژ و دشارژ از یک کیف محافظ باتری استفاده کنید و باتری را دور از مواد سوختنی شارژ کرده و نگاه‌داری کنید. اگرچه احتمال آتش گرفتن این باتری بسیار کم است اما این اتفاق فوق‌العاده سریع رخ می‌دهد و می‌تواند خسارات جبران ناپذیری را در پی داشته باشد. این اتفاق بیشتر زمانی که باتری بیش از حد شارژ شده باشد محتمل‌تر است اما با این وجود متأسفانه این اتفاق به هیچ وجه قابل پیش بینی نیست و هر زمان احتمال وقوع آن وجود دارد، ولی با استفاده از کیف محافظ می‌توان تبعات آن را به حداقل رساند.

- اگر برای مدت طولانی قصد استفاده از باتری را ندارید و یا قصد سفر را دارید، حتماً باتری لیتیوم پلیمری خود را در محفظه‌ای قرار دهید تا در هنگام آتش سوزی آنرا مهار کند و از قرار دادن باتری در مجاورت مواد پلاستیکی و قابل اشتعال خودداری کنید.

- هرگز باتری خود را در هنگام شارژ رها نکنید چون ممکن است شاهد پف کردن و دود کردن آن باشید که به معنی آسیب رسیدن جدی به باتری است.

- آتش باتری‌های لیتیوم پلیمری یک آتش شیمیایی است. بنابراین بهتر است در محل شارژ، دشارژ و نگاه‌داری آن یک کپسول آتش‌نشانی داشته باشید. همچنین بهتر است این محل فاقد هرگونه مواد سوختنی حجیم مانند چوب، فرش، مواد نفتی و امثال آن باشد. سطح بتنی و سرامیکی بهترین سطح برای قرار دادن باتری‌های لیتیوم پلیمری است.

- شارژ ایده‌آل برای هر سل از باتری‌های لیتیوم پلیمری، ۴.۲ ولت است. هرگز باتری را بیشتر از این مقدار شارژ نکنید تا شاهد آسیب دیدگی و کاهش طول عمر آن نباشید.

- هرگز ولتاژ هر سل از باتری را کمتر از ۳.۰ ولت دشارژ نکنید. البته مقدار ایده‌آل برای حفظ سلامت باتری ۳.۲ ولت است که کاهش از آن می‌تواند آسیب‌هایی را به باتری وارد کند. دشارژ کردن سل‌های باتری به میزان کمتر از ۲.۹ ولت، باعث آسیب دائمی به آن خواهد شد.

- هرگز باتری خود را بیش از ۲ تا ۳ روز در حالت شارژ کامل نگه ندارید و اگر آن را شارژ کرده‌اید، از آن استفاده کنید. فراموش نکنید بهترین ولتاژ نگاه‌داری هر سل از باتری، ۳.۶ تا ۳.۸ ولت است.

- همیشه بهترین دما برای نگهداری باتری، دمای اتاق است. باتری را در داخل یک محیط گرم مثل گاراژ یا یک محیط سرد مثل یخچال قرار ندهید. علاوه بر اینکه سرما باعث می‌شود باتری واکنش شیمیایی کمتری داشته باشد، نگهداری یک باتری در یخچال باعث چگالتر شدن آن شود که می‌تواند خطرات جبران ناپذیری را داشته باشد.

- به خاطر داشته باشید که گرما دشمن باتری‌های لیتیوم پلیمری است. هرچه باتری شما در دمای بالاتری باشد و گرمای بیشتری ببیند، طول عمر کمتری خواهد داشت. هرگز باتری را در حالیکه هنوز به دلیل استفاده گرم است، شارژ نکنید و مقابل توجه داشته باشید که هرگز نباید باتری که به دلیل شارژ کردن گرم شده است، استفاده کرد.

- بسته به نوع استفاده، عمر مفید باتری‌های لیتیوم پلیمری در حدود ۳۰۰ بار شارژ است. رها کردن باتری به مدت طولانی در وضعیت شارژ کامل و قراردادن آن در دماهای بالا، می‌تواند این طول عمر را طرز چشمگیری کاهش دهد.

- باتری‌های لیتیوم پلیمری در هوای سرد عملکرد خوبی ندارند چون با کاهش دما، سرعت فعالیت شیمیایی در باتری کم می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود که از این باتری‌ها در دمای کمتر از ۱۰- درجه سانتی‌گراد استفاده نکنید چون ممکن است ولتاژ باتری بدون هشدار قطع شده و پرنده شما را زمین بزند.

- هرگز برای حمل و نقل‌های باتری‌های لیتیوم پلیمری از هواپیما استفاده نکنید. این یک قانون است که ممکن است در صورت نقص آن شدیداً مواخذه شوید.

۲-۲-۱-۲-۲- منبع تغذیه کابلی موتورهای اکتريکی DC :

منبع تغذیه دیگری که در پرنده‌هایی که احتیاج به برد زیادی ندارند مورد استفاده قرار می‌گیرد، منبع تغذیه کابلی می‌باشد. به عبارت دیگر در این نوع از پرنده‌ها، وظیفه تامین برق مورد نیاز موتورهای پرنده برای پرواز به عهده کابلی می‌باشد که از پرنده به منبع تغذیه روی زمین وصل شده است. (شکل (۱۵-۲))



شکل (۱۵-۲)

در این نوع پرنده منبع تغذیه روی زمین برق مورد نیاز را به صورت برق AC با ولتاژ بالا و آمپر پایین به وسیله کابل به سمت پرنده ارسال می کند، در پرنده برق رسیده از کابل قبل از مصرف با دستگاه مبدل نصب شده در روی پرنده تبدیل به برق DC با ولتاژ پایین و آمپر بالا (آمپر مورد نیاز موتورها) می شود . البته باید توجه داشت که در این نوع پرنده ها

از باتری های پشتیبان هم استفاده می شود تا در صورت قطعی کابل، باتری پرنده بتواند برق مورد نیاز موتورها برای نشستن (Landing) تامین کند .

۳-۲-۱-۲-۲- منبع تغذیه هیبریدی موتور های اکتريکی DC :

موتور هیبرید در مولتی روتورها به معنای ترکیب استفاده از یک ژنراتور سوختی (با هر نوع سوخت) به علاوه موتور الکتریکی پشتیبان می باشد . به این معنی که در این پرنده ها ژنراتور برق را تولید کرده و به طور مستقیم برای استفاده موتورهای الکتریکی ارسال می کنند، اما ژنراتورهای سوختی با باتری پشتیبان به صورت موازی در مدار قرار گرفته اند، تا در صورت افت آمپر یا اتفاق افتادن جریانات لحظه ای باتری های پشتیبان وارد مدار شده و این کمبود آمپر را جبران نمایند . البته باید توجه داشت باتری پشتیبان در دو حالت دیگر نیز به کمک پرنده می آیند، اول اینکه در لحظه شروع پرواز ژنراتورهای سوختی را روشن کنند و دوم اینکه اگر ژنراتورهای سوختی دچار نقص فنی شدند برق مورد نیاز پرنده را برای نشستن (Landing) فراهم کنند . (شکل (۱۶-۲))



شکل (۲-۱۶)

۲-۲-۲- موتورهای الکتریکی + سوختی (هیبریدی) در مولتی روتورها :

در این نوع از پرنده‌ها موتورهای سوختی دو وظیفه عمده را برعهده دارند اول اینکه آنها نیروی پیشرانش پرنده را تامین می‌کنند و دوم اینکه انرژی مورد نیاز موتورهای الکتریکی را نیز تامین می‌کنند. در واقع در این نوع از پرنده‌ها نیروی تعادلی به وسیله موتورهای الکتریکی تولید می‌شود و نیروی پیش رانش توسط موتورهای سوختی تامین می‌شود و تولید برق موتورهای الکتریکی هم برعهده موتورهای سوختی می‌باشد.

در این پرنده‌ها نیز باتری پشتیبان برای روشن شدن موتور سوختی در ابتدای پرواز و همچنین تامین برق لازم در مواقع ضروری (مثلا از کار افتادن موتورهای سوختی) برای Landing پرنده، استفاده می‌شود. (شکل (۲-۱۷))



(شکل (۲-۱۷))

۳-۲-۲- موتورهای تمام سوختی مولتی روتورها :

در این نوع از پرنده ها که جدیدترین نوع از مولتی روتورها می باشد موتور الکتریکی وجود ندارد و تمامی نیروهای مورد نیاز پیش رانش و پایداری به وسیله موتور سوختی تامین می شود . شکل (۲-۱۸)



تامین نیروی پیش رانش به وسیله موتور سوختی قابل انجام است ولی با توجه به تعریف تعادل برای مولتی روتور که تنظیم دقیق و سریع RPM موتورها می باشد و اینکه این کار به وسیله تنظیم درجه سوخت و هوا در این موتورها می باشد به نظر امری دشوار می باشد.

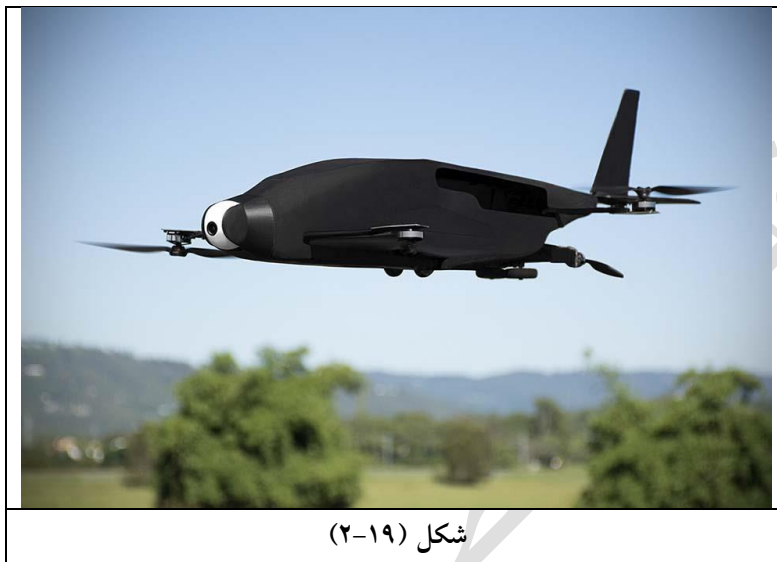
نکته :

از میان مولتی روتورهای معرفی شده، به نظر می رسد مولتی روتور با موتورهای الکتریکی + سوختی (هیبریدی)، بازده بیشتری نسبت به دیگر مولتی روتورها را دارند، ولی در مولتی روتورهای تمام سوختی میزان وزنی که می توان با پرنده بلند کرد و همچنین مدت زمان پرواز پرنده بیشتر می باشد .

۳-۲- پرنده VTOL* (یا پرنده دوجنسی):

در فصل اول گفتیم که پرنده ها کلا به دو دسته عمود پرواز و افقی پرواز تقسیم بندی می شوند . در واقع VTOL یک هواپیمایی است که میتواند به صورت عمودی پرواز کند و فرود بیاید. در واقع VTOL ترکیبی از هواپیما و مولتی روتور است. طبقه بندی VTOL میتواند شامل رنج گسترده ای از هواپیماها مانند بال ثابت، هلیکوپترها و... شود. برخی هواپیماهای VTOL میتوانند در مدل های مختلفی مانند: CTOL برخاست و فرود معمولی ، STOL برخاست و فرود کوتاه و STOVL برخاست کوتاه و فرود عمودی، دسته بندی شوند. هواپیماهایی با پرواز ترکیب شده که معمولا VTOL نامیده میشوند، هنگامی محبوبیت پیدا میکنند که بخواهیم سرعت و بازده یک هواپیمای بال ثابت را با خصوصیت عمود پروازی مولتی روتورها ترکیب کنیم. مولتی روتورها و

هلی کوپتر ها به دلیل نیاز به تولید تراستی بیشتر از وزن وسیله، بازده کمتری دارند در حالی که نرخ تراست هواپیماهای بال ثابت کمتر از ۱ است و تراست کمی دارند. علاوه بر این، هواپیمای بال ثابت میتواند بسیار سریع تر و بدون همه اشکالاتی که به مولتی روتور وارد میشود پرواز کند. در عوض مولتی روتور میتواند در هر جایی پرواز کند بدون اینکه نیاز به باند فرود داشته باشد. (شکل (۲-۱۹))



شکل (۲-۱۹)

- این نوع از پرنده ها به دو دسته تقسیم می شوند

۲- **Tilte Rotor**

۱- **Fix Pitch**

* **VTOL (Vertical Take-Off and Landing)**

در شکل (۲-۱۹) یک نمونه از پرنده **Fix Pitch** نشان داده شده است . همانطور در تصویر مشخص است چهار عدد موتور نیروی لازم برای بلند شدن به صورت عمودی و شناور شدن در هوا را تامین می کند و یک موتور هم که در انتهای پرنده نصب شده است (که می تواند سوختی یا الکتریکی باشد) نیروی پیش رانش پرنده را تامین می کند .

اما در پرنده های **Tilte Rotor** موتورها همانند پرنده های عمود پرواز توانایی تامین نیروی لازم برای بلند شدن از زمین به صورت عمودی و همچنین نیروی لازم برای شناوری را دارند و در صورت نیاز موتورها چرخیده و نیروی لازم برای پرواز افقی را همانند هواپیما ایجاد می کنند. (شکل (۲-۲۰))



شکل (۲۰-۲)

در شکل (۸-۱) فصل اول نیز چگونگی چرخش موتورهای این نوع پرنده از حالت عمود پرواز به حالت افقی پرواز نشان داده شده است .

فصل سوم:

کواد کوپتر

نخبگان صنعت پارس

۱-۳- کوادکوپتر چیست؟

کوادکوپتر در واقع همان هلیکوپتری است که چهار ملخ دارد. کوادکپترها به دلیل طراحی خاصی که نسبت به هلیکوپترها دارند، پرواز پایدارتری داشته که آن ها را برای کارهای نظارتی و تصویر برداری هوایی مناسب می کند. از این نوع پرنده ها در طی سال های اخیر استفاده های زیادی شده است. کوادکوپترها در سایزهای متفاوتی ارائه می شوند. بعضی از آن ها ابعادی در حد یک CD دارند و بعضی دیگر پهنایی به اندازه ی یک متر دارند. (شکل (۱-۳))



شکل (۱-۳)

۲-۳- کاربرد کوادکوپتر:

کوادهای شخصی در سال های اخیر چه به عنوان وسیله ای برای سرگرمی و چه به عنوان وسیله ای برای خلق عکس های زیبا توسط عکاس های حرفه ای خیلی مورد توجه قرار گرفته اند. با پیشرفت تکنولوژی، کاربردهای تازه ای از کوادها در حال ظهور کردن است که در ادامه به بخشی از آن ها می پردازیم:

۱-۲-۳- صنعت هواپیمایی :

یکی از کاربردهای جالب کوادها استفاده در صنعت هواپیمایی است. البته وقتی هواپیما در آسمان یا باند فرود است به هیچ عنوان کوادها مسئله خوش آیندی نیستند چرا که امکان برخورد و صدمه دیدن هواپیما وجود دارد، اما می توان از کوادها به منظور بررسی و تشخیص عیب های ظاهری بدنه ی هواپیما که نقش مهمی در ایمنی پرواز دارد استفاده کرد. این کار در گذشته به وسیله ی مهندسان آموزش دیده انجام می شده است. (شکل (۲-۳))

اما اکنون تنها نیاز است که کواد به همراه یک دوربین HD به پرواز درآید و مهندس ناظر آن را کنترل کرده و تصاویر و فیلم های لازم را از بدنه هواپیما تهیه کند و سپس با بررسی فیلم ها و تصاویر، نقص های بدنه ی هواپیما را تشخیص دهد. در واقع در این کاربرد نیاز به حضور فیزیکی انسان حذف شده است. یکی از شرکت های پیشگام در این زمینه easyjet می باشد.



شکل (۲-۳)

۲-۲-۳- امداد و نجات:

از کوادها می توان در عملیات نجات و کمک به افرادی که دچار سوانح و بلایای طبیعی شده اند هم استفاده نمود. مثلا در شرایطی که افراد امداد رسان در حال جستجوی منطقه هستند می توان با به پرواز درآوردن کوادها و تهیه تصاویر و فیلم از منطقه ی تحت بررسی، نقاطی را که افراد مصدوم در آن جا قرار دارند شناسایی کرده و تیم امداد رسان را به آن جا هدایت نمود. هم چنین به عنوان کاربردی که در آینده می تواند مطرح شود استفاده از ربات های امداد رسان که با کوادها به صورت رادیویی لینک ارتباطی دارند می تواند کیفیت امداد رسانی را ارتقا بخشد. (شکل (۳-۳))



شکل (۳-۳)

۳-۲-۳- معادن :

در معادن نیز می توان کوادها را مورد استفاده قرار داد. چرا که برای تهیه تصاویر معدن جهت تشخیص نقاط خطرناک و حادثه خیز مانند دیواره های دارای درزه و ورودی معادن می تواند به کار آید. این بررسی ها می تواند در صورت ریزش دیواره های معدن خطرات جانی برای ناظران به همراه داشته باشد. همچنین در گذشته باید تصاویر هوایی با هلیکوپتر تهیه می شد که هزینه بالایی داشت. وجود کواد می تواند این هزینه را بسیار پایین آورد. در کل در کارهای نظارتی که برای کارکنان معدن می تواند خطرات جدی وجود داشته باشد، بهتر است نقش نظارتی به کوادها واگذار شود. (شکل (۳-۴))

بعضی از شرکت های بزرگ هم مانند Amazon و FedEx از کوادها برای تحویل محموله های خود در مناطق محلی استفاده کرده اند. هم چنین بعضی از پیتزا فروشی ها هم دست به چنین اقدامی زده اند.

البته کاربردهای کواد به این موارد محدود نمی شود و شما هم می توانید کاربردهای جالبی برای آن پیدا کنید.



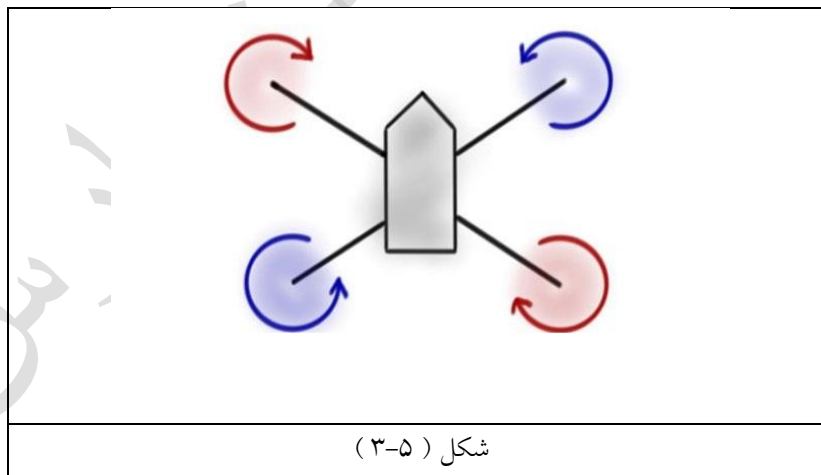
شکل (۳-۴)

۳-۳- چگونگی پرواز یک کوادکوپتر :

هلیکوپتر دارای یک ملخ بزرگ است که تمام توان لازم برای بالا کشیدن هلیکوپتر را فراهم می کند. همچنین یک ملخ کوچک هم روی دم وجود دارد که گشتاور ایرودینامیکی ناشی از ملخ بزرگ را خنثی می کند. (بدون ملخ کوچک، بدنه هلیکوپتر با سرعت ملخ بزرگ و در خلاف جهت چرخش آن به دور خودش خواهد چرخید) برخلاف هلیکوپتر، یک کوادکوپتر از چهار ملخ برای تولید نیروی بالابرنده استفاده می کند و هر ملخ یک چهارم وزن را تحمل میکند. بنابراین به موتورهای با قدرت کمتر و ارزان تر نیاز است. کنترل حرکت کوادکوپتر به وسیله تغییر دادن نیروی نسبی ناشی از هر ملخ به دست می آید.

چهار ملخ یک کوادکوپتر در رئوس یک مربع قرار داده شده اند که هر دو ملخی که در رئوس مقابل هم (به صورت قطری) قرار دارند در یک جهت می چرخند. یعنی دو ملخ در جهت عقربه های ساعت و دو ملخ در خلاف جهت عقربه های ساعت می چرخند. در واقع هر ملخ مخالف جهت همسایه ی خود می چرخد. اگر تمام ملخ ها در یک جهت بچرخند، حرکت کواد مانند هلیکوپتری است که روی دم خودش ملخ ندارد.

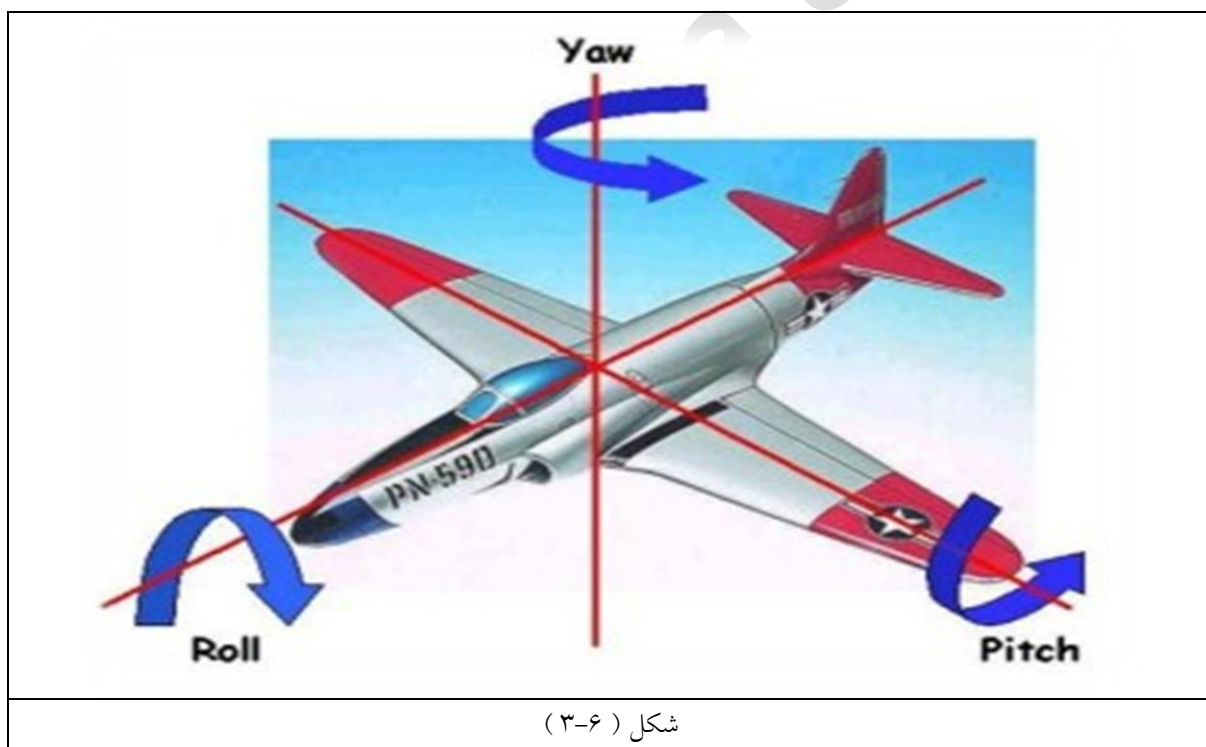
این دوران حول محور عمودی ناشی از عدم تعادل در گشتاور ایرودینامیکی است. به شکل زیر دقت کنید. (شکل (۳-۵))



گشتاور ایرودینامیکی ناشی از جفت ملخ اول به وسیله گشتاور تولیدی توسط جفت ملخ دوم (که درخلاف جهت اولی می چرخند) خنثی می شود. حال اگر به جای کوادکوپتر یک مولتی کوپتر داشته باشیم، برای بدست آوردن تعادل و پرواز پایدار، باید به تعداد موتورهایی که در یک جهت می چرخند، موتورهایی که در خلاف جهت آن ها می چرخند نیز وجود داشته باشد. برای کنترل تعادل کوادکوپتر باید به وسیله سنسورها اندازه گیری بی وقفه انجام شده و تنظیمات سرعت به ملخ ها اعمال شود. این تنظیمات به صورت اتوماتیک توسط یک سیستم کنترل برای حفظ تعادل کواد انجام می شود. یک کوادکوپتر تعدادی درجه آزادی (قابل کنترل) دارد که هر کدام از این درجه های آزادی به وسیله تنظیم نیروی تولیدی هر ملخ قابل کنترل است. ابتدا کمی درباره آزادی های حرکت یک جسم پرنده صحبت می کنیم

پایداری و کنترل یک هواپیما که می تواند آزادانه در سه بعد حرکت کند نسبت به خودرو یا کشتی که فقط می توانند در دو بعد حرکت کنند بسیار پیچیده تر است. هر تغییر در یکی از جهت ها روی سایر جهت ها هم تاثیر خواهد گذاشت. مطابق شکل زیر، سه خط فرضی را تصور کنید که از یک هواپیما عبور کرده و نقطه برخورد آن ها در مرکز ثقل هواپیما است.

(شکل (۳-۶))



شکل (۳-۶)

هوایما می تواند حول هرکدام از این محورها چرخش کند. چرخش حول این محورها اساس کار جهت گیری هوایما و حرکت به سمت مطلوب را شکل می دهد. اصطلاحات فنی این چرخش ها به شکل زیر است:

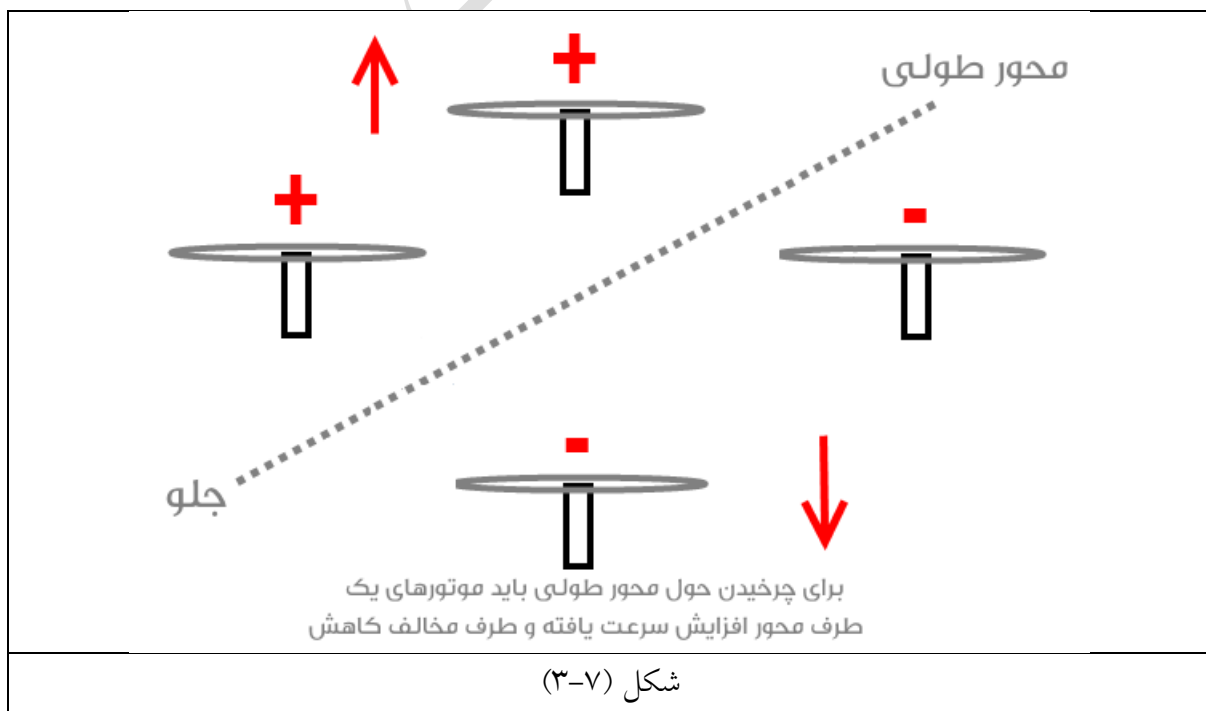
- چرخش حول محوری که از جلو به عقب هوایما عبور کرده. roll یا دوران حول محور طولی نام دارد
- چرخش حول محوری که از کناره های هوایما عبور کرده Pitch - یا دوران حول محور عرضی نام دارد.
- چرخش حول محوری که به صورت عمودی از هوایما عبور کرده yaw یا دوران حول محور عمودی نام دارد.

۱-۳-۳- چگونگی چرخش کواد کوپتر در جهت های مورد نظر :

در کواد کوپترها برای این که take-off و فرود نرمی داشته باشیم باید ۴ موتور با سرعت یکسان به گردش درآیند. (فرض بر این است که وزن کواد کوپتر به صورت مساوری روی بدنه یا فریم قرار گرفته است).

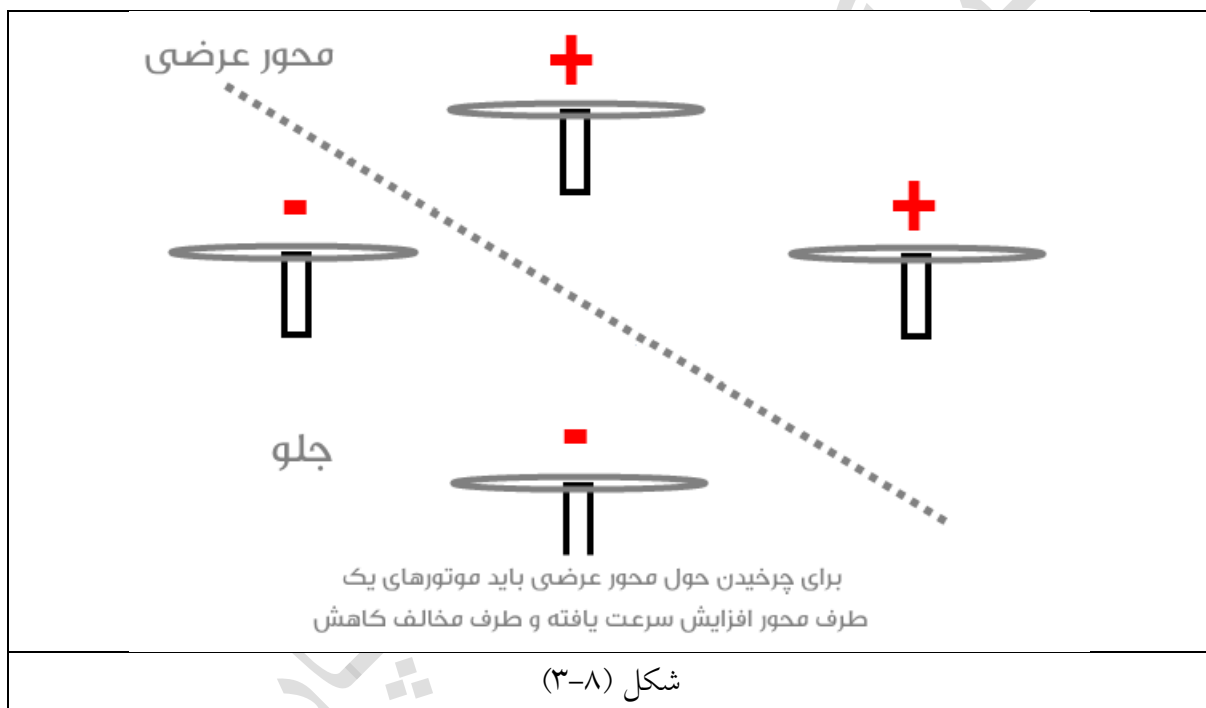
۱-۳-۱- متمایل شدن به چپ یا راست :

برای متمایل شدن (یا چرخش) به راست یا چپ باید سرعت دو موتوری که در یک طرف هستند نسبت به سرعت دو موتوری که در طرف دیگر هستند افزایش پیدا کند. برای مثال اگر بخواهیم به سمت چپ متمایل شویم باید موتورهای سمت راست بدنه سریع تر بچرخند و موتورهای سمت چپ هم سرعت خود را کاهش بدهند. برای متمایل شدن به سمت راست باید خلاف حالتی که بیان شد اتفاق بی افتد، یعنی موتورهای سمت چپ باید افزایش سرعت داده و موتورهای سمت راست سرعت خود را کاهش دهند. به تصویر زیر دقت کنید. (شکل (۳-۷))



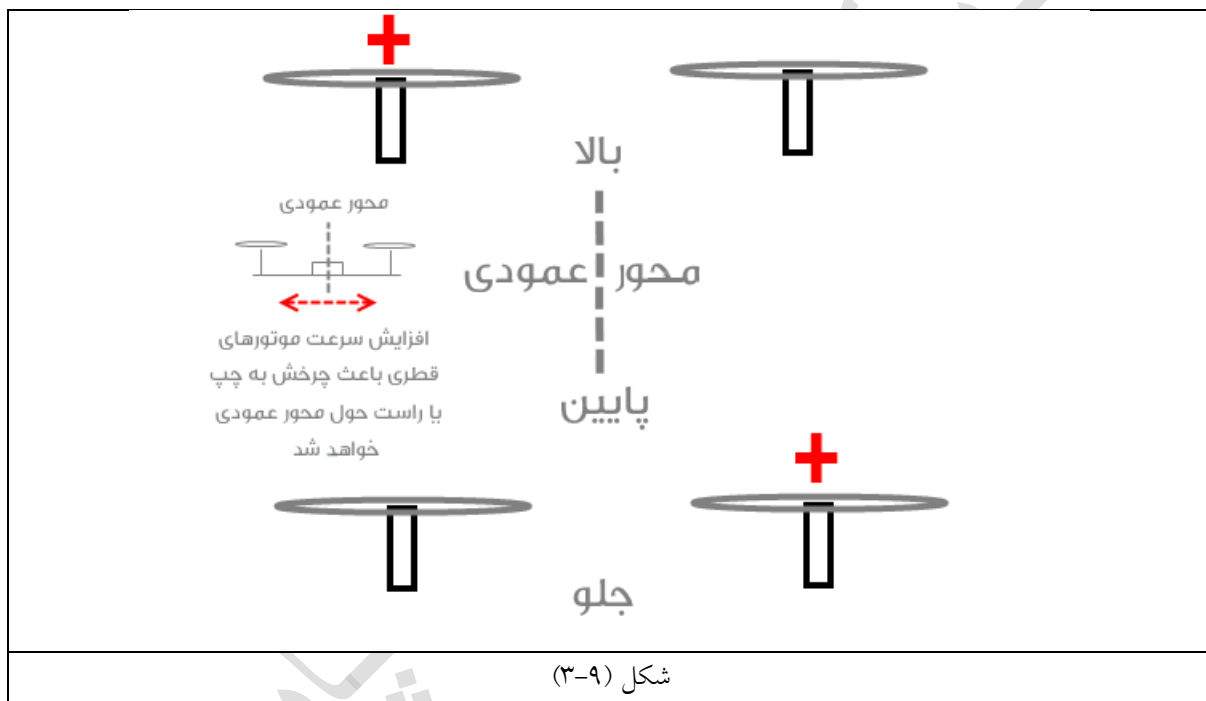
۲-۱-۳-۳- متمایل شدن به جلو یا عقب :

به همین ترتیب برای متمایل شدن به سمت جلو، دو موتور عقب باید سرعت را افزایش داده و موتورهای جلویی سرعت را کاهش بدهند. برای متمایل شدن به عقب باید معکوس این عملیات تکرار شود. یعنی دو موتور جلوی سرعت خود را افزایش داده و دو موتور عقبی سرعت خود را کاهش دهند. (شکل (۳-۸))

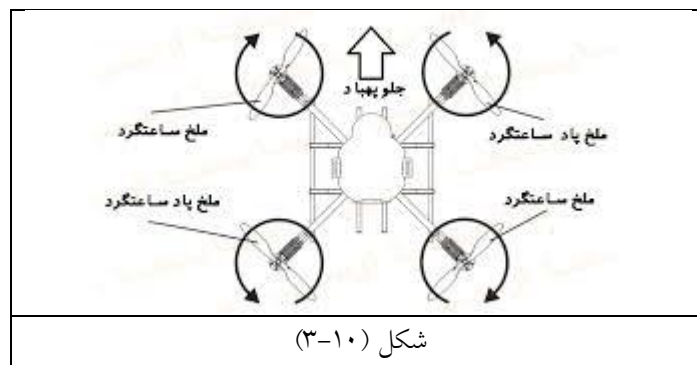


۳-۳-۱-۳- چرخش به چپ یا راست حول محور عمودی

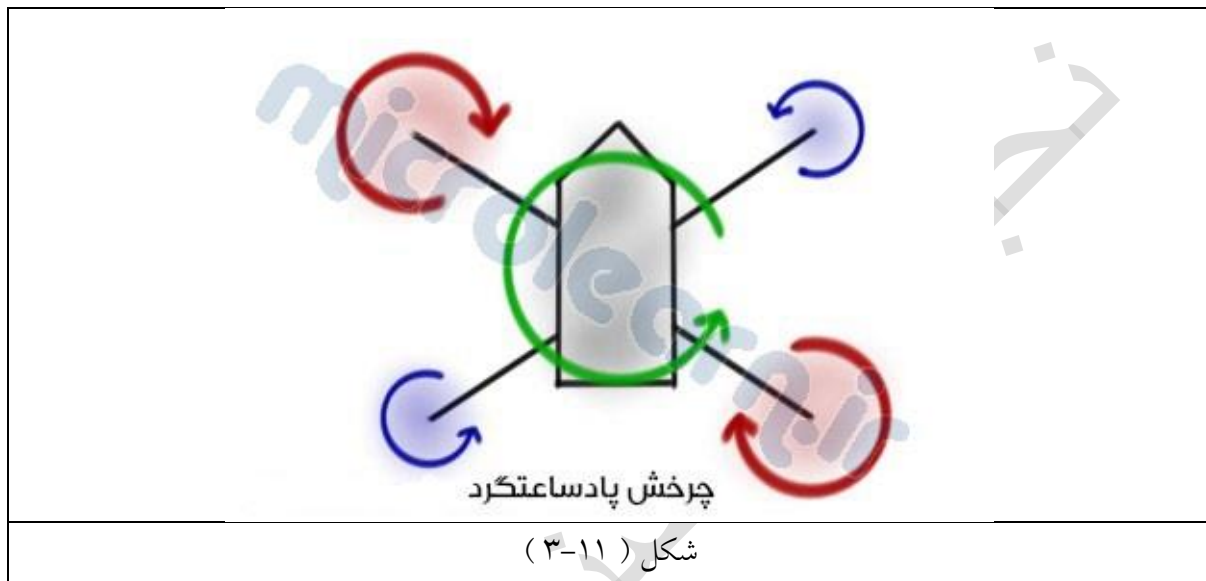
برای این که کواد به سمت چپ یا راست بچرخد باید دو موتور که به صورت قطری رو به روی هم هستند سرعت خود را افزایش دهند. برای چرخش ساعتگرد (به سمت راست) حول محور عمودی، باید دو موتوری که پاد ساعتگرد می چرخند افزایش سرعت پیدا کنند و دو موتور دیگر سرعت خود را کاهش دهند. هم چنین برای چرخش پادساعت گرد (به سمت چپ) حول محور عمودی، باید دو موتوری که ساعت گرد می چرخند افزایش سرعت داده و دو موتور دیگر سرعت خود را کاهش دهند. دلیل این که برای چرخش ساعتگرد از موتورهای پادساعتگرد استفاده می شود قانون سوم نیوتن است (چرا؟).
به شکل زیر دقت کنید. (شکل ۳-۹)



در شکل (۳-۱۰) چرخش موتورهای یک کواد که جهت چرخش دو موتور روی یک قطر یکسان می باشد نشان داده شده است:



و همانطور که در شکل زیر (شکل (۳-۱۱)) نیز مشاهده می کنید برای چرخش پادساعتگرد از موتورهای ساعتگرد استفاده شده است.



۴-۱-۳-۳- افزایش یا کاهش ارتفاع :

با چرخش هر کدام از ملخ های کواد نیرویی به سمت بالا به کواد وارد می شود که مجموع نیروی حاصل از چرخش چهار ملخ همان نیروی بالا برنده ی کواد است. نیروی گرانش هم که برابر با وزن کواد است به سمت پایین به آن وارد خواهد شد. حال اگر این دو نیرو برابر با هم باشند، هم دیگر را خنثی کرده و کواد در یک ارتفاع ثابت باقی می ماند (Hovering). در صورت بیشتر بودن نیروی بالابرنده، ارتفاع کواد افزایش پیدا می کند و در صورت بیشتر بودن نیروی گرانش، ارتفاع کواد کاهش پیدا خواهد کرد.

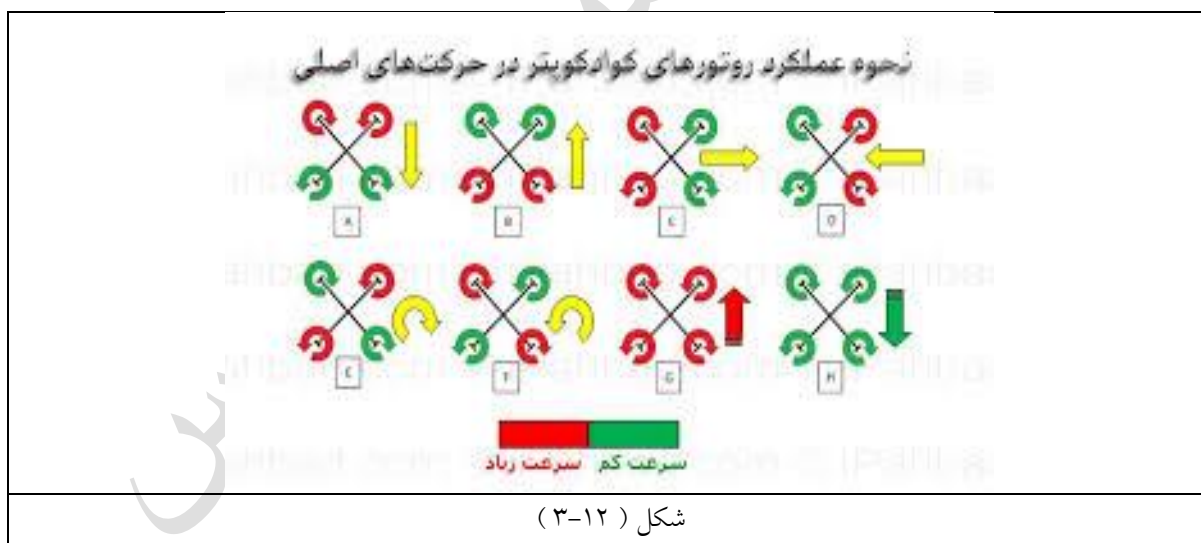
۵-۱-۳-۳- حرکت افقی به جلو یا عقب

به منظور حرکت افقی کوادکوپتر رو به جلو باید موتورهای عقبی نسبت به موتورهای جلویی سریع تر بچرخند که باعث متمایل شدن کواد به جلو می شود. حال در این وضعیت اگر سرعت تمام موتورها به یک میزان افزایش یابد، کواد به سمت جلو حرکت خواهد کرد. برای حرکت به سمت عقب هم عکس این مطلب درست است. یعنی باید موتورهای جلویی سریع تر بچرخند و سپس سرعت تمام موتورها به یک میزان افزایش پیدا کند.

به نظر شما علت حرکت روبه جلو وقتی که کواد به سمت جلو متمایل میشود چیست؟

در این حالت نیروی بالابرنده ی کواد دیگر عمودی نیست و مایل می شود پس دارای یک مولفه ی عمودی و یک مولفه ی افقی خواهد بود. مولفه ی عمودی بسته به این که از نیروی گرانش بیشتر، کمتر یا مساوی با آن باشد، به ترتیب سبب افزایش، کاهش و حفظ ارتفاع کواد می شود. اما مولفه افقی نیروی بالا برنده کواد را به سمت جلو هدایت می کند.

و به طور کلی چگونگی حرکت یک کواد به چپ و راست و بالا و پایین رفتن آن به صورت شماتیک در شکل زیر (شکل (۱۲-۳)) نشان داده شده است :



۳-۴- معرفی قطعات کواد کوپتر

حال که با کاربردها و اصول پرواز کواد آشنا شدیم بهتر است درباره اجزای آن هم اطلاعاتی بدست آوریم. یک کواد معمولا شامل قطعاتی مانند: فریم یا بدنه، موتور، ملخ، باتری، سنسورهای IMU، کنترل کننده پرواز، فرستنده و گیرنده می باشد. در مورد باتری‌های پرنده در فصل دو به طور کامل صحبت شد، حال می خواهیم چند مورد از مهم ترین قطعات کواد را به صورت ساختاری بررسی کنیم.

۳-۴-۱- فریم:

بدنه یا فریم ساختاری است که قطعات روی آن نصب می شود و باید دارای استقامت کافی باشد تا بتواند لرزش های ناشی از چرخش موتورها را تا حد ممکن خنثی کند. بدنه کواد کوپتر از ۲ یا ۳ بخش تشکیل شده است که لزوما هم نباید از یک جنس باشند. (شکل (۳-۱۳))

-صفحه مرکزی که بردهای الکترونیک روی آن قرار می گیرند.

-چهار بازوی اصلی که به صفحه ی مرکزی وصل می شوند.

-چهار چنگک یا نگه دارنده ی موتورها که به انتهای بازوها وصل می شوند.

جنس بدنه عمدتا از مواد زیر می باشد:

فیبر کربن، الومینیوم، چوب مانند MDF



۲-۴-۳- موتور :

برای به پرواز درآوردن کوادها نیاز به موتورهایی پرسرعت است که با ولتاژ DC کار می کنند و البته مشکلاتی مانند از بین رفتن جاروبک ها و جرقه زنی در آن ها وجود ندارد. به بیان دیگر عملکرد سریع، بی وقفه و صحیح موتورها جزء حیاتی ترین عوامل در پرواز کواد است. به همین دلیل بهترین گزینه استفاده از موتورهای براشلس است. در مورد موتورهای براش و براشلس و مزایا و معایب هر کدام در فصل دوم صحبت شد .

۳-۴-۳-ESC

ESC (Electronic speed controller) یک برد الکترونیکی است که به موتور می گوید که با چه سرعتی بچرخد و برای هر موتور یک عدد نیاز است. هر کدام از ESC ها باید به صورت مستقیم یا از طریق برد توزیع کنند توان، به باتری متصل گردند. چرخش موتورها با سرعت بسیار دقیق به منظور پرواز پایدار اهمیت وجود ESC را نشان می دهد.

اغلب موتورهای براشلس دارای ۳ فاز هستند، بنابراین منبع تغذیه DC برای چرخاندن آن ها مناسب نیست. راه حل استفاده از ESC است. سه سیگنال فرکانس بالا با فاز متفاوت اما قابل کنترل را به طور پیوسته برای چرخش موتور تولید می کند و هم چنین می تواند با source کردن جریان کافی باعث شود تا موتور در صورت نیاز توان بیشتری مصرف کند . ESC یک برد کنترل موتور ارزان قیمت با یک ورودی باتری و یک خروجی ۳ فاز برای موتور است. هر ESC به طور مستقل با یک سیگنال (PPM یا PWM) کنترل می شود. برای یک کوادکوپتر، کنترلر باید توانایی تولید فرکانس های تا حد امکان بالا را داشته باشد تا موتور بتواند به منظور پایداری بیشتر کواد، خیلی سریع تغییر سرعت دهد. برای مثال سیگنال PPM با ۲۰۰ یا ۳۰۰ هرتز مناسب است.

دوفاکتور مهم در انتخاب ESC نقش دارند:

۱- توانایی source کردن جریان کافی که حداقل باید ۱۰ آمپر باشد.

۲- امکان تغییر فرکانس سیگنال در محدوده دلخواه و قابل تنظیم.

در شکل زیر (شکل (۳-۱۴)) یک نمونه ESC که توانایی source کردن ۳۰ آمپر را دارد مشاهده می کنید.



شکل (۳-۱۴)

۳-۴-۴- کنترل کننده پرواز :

هیچ انسانی قادر نیست تا با استفاده از قوانین فیزیک بیان شده جهت پرواز کواد، تعادل کواد را حفظ کرده و آن را به مقصد مورد نظر هدایت کند. این جاست که کنترل کننده های پرواز وارد بازی می شوند. در واقع برد کنترل کننده پرواز مغز کواد است. این برد بر اساس ورودی، سرعت موتورها را کنترل می کند. مثلا فرمان حرکت افقی که از طرف خلبان صادر می شود به برد کنترل کننده پرواز داده شده و این برد سرعت موتورها را متناسب با این دستور تنظیم می کند. همچنین برای پروازی دقیق تر نیاز است تا علاوه بر کنترل خلبان، کنترل های دیگر که ناشی از اندازه گیری سرعت، شتاب، جهت، موقعیت جغرافیایی و ... است به کواد اعمال شود. در نتیجه سنسورهای مانند شتاب سنج وژیروسکوپ که برای تعیین سرعت موتورها به کار می روند در این قسمت قرار گرفته اند. قسمتی که مسئول اندازه گیری است، IMU یا واحد اندازه گیری داخلی نام دارد.

IMU مجموعه از چندین سنسور می باشد که شامل قطب نما و جایرو و شتاب سنج میباشد، این سنسورها بسیار حیاتی و مهم می باشند، چنانچه هر کدام از آنها به درستی عمل نکرده و وظایف خود را انجام ندهند، کوادکوپتر اسپارک با نمایش ارورهای دلیل عدم تیکاف خود را بیان می کند، در ۹۵٪ موارد، می توان با کالیبره نمودن IMU ارورهای ناشی از عملکرد ناصحیح سنسورهای کوادروتور را برطرف کرده و به راحتی بتوان با آن پرواز کرد. (شکل (۳-۱۵))

۱-۴-۳-IMU چگونه کار می کند؟

شتاب سنج، نیرو و شتاب را اندازه گیری می کند، بنابراین گرانش به سمت پایین هم حس می شود. چون شتاب سنج، حس گرهای ۳ محور دارد، در نتیجه جهت دستگاه را هم می تواند تشخیص دهد.

ژیروسکوپ سرعت زاویه ای را اندازه گیری خواهد کرد. به بیان دیگر سرعت گردش حول سه محور را به دست می آورد.

۲-۴-۳- استفاده از شتاب سنج به تنهایی :

اگر فقط از شتاب سنج استفاده شود می توان جهت را نسبت به سطح زمین به دست آورد. اما وقتی لرزش موتورهای زیاد باشد، شتاب سنج نمی تواند لرزش را از جهت تشخیص دهد و ناپایدار می شود. بنابراین برای حل این مشکل سراغ ژیروسکوپ می رویم. در نتیجه بین لرزش و حرکت واقعی تمایز قائل خواهیم شد.

۳-۴-۳- استفاده از ژیروسکوپ به تنهایی :

با ژیروسکوپ می توانیم حرکت گردشی را تشخیص دهیم، پس چرا فقط از ژیروسکوپ استفاده نمی کنیم؟

ژیروسکوپ معمولا دچار رانش یا drift می شود به این معنا که اگر شروع به چرخش سنسور کنیم، خروجی ژیروسکوپ سرعت زاویه ای خواهد بود اما در صورت متوقف کردن حرکت، مطمئن نیستیم که خروجی ژیروسکوپ هم صفر می شود. اگر تنها از ژیروسکوپ استفاده شود بعد از توقف هم چنان خروجی غیر صفر وجود خواهد داشت. به همین دلیل از شتاب سنج هم در کنار آن استفاده می شود.



(شکل (۱۵-۳))

۴-۴-۳- چگونه میتوان از صحت و سلامت IMU اطمینان حاصل نمود؟

همانطور که اشاره شد IMU قلب اصلی کوادکوپترها می باشد ، سلامت این سنسور تضمین پرواز دقیق و صحیح را برای شما به ارمغان می آورد و در ۳ وضعیت با رنگهای سبز ، زرد و قرمز قابل دسترسی است ، رنگ سبز به معنای این است که تمامی عملکردها به صورت دقیق و کامل در حال کار می باشند ، رنگ زرد به معنای این است که برخی از عملکردها نیاز به اصلاح و کالیبره مجدد دارند ولی پرنده می تواند پرواز نماید ، و رنگ قرمز به این معناست که یک یا چند عملکرد به درستی عمل نمیکند و با نمایش ارورهای خاصی برای رفع آن هشدار می دهد ، در صورتی که رنگ سنسور IMU به رنگ قرمز باشد ، کوادکوپتر پرواز نخواهد کرد.

۵-۴-۳- کالیبره چیست؟ و چگونه می توان کواد کوپتر را کالیبره کرد :

کالیبره ، به معنای کنترل صحت و توازن پارامترهای یک دستگاه الکتریکی است که دارای مدار اندازه گیری و محاسباتی میباشد. مولتی روتورها نوعی وسیله الکتریکی با توان اندازه گیری ماتریسی، برای به پرواز در آمدن و حرکت در فضا هستند ، از این رو نیاز به کنترل صحت و ایجاد توازن و تعادل سیستم مداری روتورها ، با توجه به موقعیت فعلی خود و تطبیق با قطب نمای زمین را دارا می باشند . بنابراین برای اولین بار و قبل از شروع به پرواز پرنده، بایستی اقدام به کالیبره کردن دستگاه نمود.

- دو گام تا کالیبره نمودن کواد کوپتر:

کالیبره نمودن کواد کوپتر بسیار ساده میباشد و میتوان در کمتر از ۱ دقیقه ، کالیبراسیون یک کوادکوپتر را انجام داد.

پیش از هر اقدامی ، زمانی که برای اولین بار از یک کوادروتور میخواهیم استفاده کنیم در ابتدا باید باتری دستگاه را به طور کامل شارژ کرده و سپس دستگاه و ریموت کنترل کواد کوپتر را باهم ست نمایید. در اینجا به صورت مختصر اشاره ای به نحوه چگونگی ست کردن رادیو کنترل و کوادروتور میپردازیم.

- ست کردن ریموت کنترل و کواد جهت کالیبره:

اولین قدم برای کالیبره نمودن کواد کوپتر این است که پس از روشن کردن ریموت کنترل و پرنده ، کواد و رادیو کنترل آن به هم متصل و توسط هم شناسایی شوند، تا بتوان به راحتی کنترل پرنده را توسط ریموت در دست گرفت.

یکی از نکات مهمی که در ابتدا باید در نظر گرفت قرار دادن مولتی روتور و ریموت بر روی یک سطح کاملا صاف و ترجیحا بر روی زمین میباشد چرا که این امر برای کالیبره کردن بسیار حائز اهمیت است.

در ابتدا با روشن شدن دستگاه و ریموت مشاهده مینمایید که هر دو دارای چراغهای چشمک زن می باشند، برای ست کردن ریموت و پرنده بایستی اهرم گاز یا تراتل که بر روی ریموت کنترل و معمولا در سمت چپ قرار دارد ، یک بار کاملا به سمت بالا و بلافاصله کاملا به سمت پایین حرکت دهید، با این کار متوجه خواهید شد که چراغهای چشمک زن پرنده و ریموت

نکته :

البته در بعضی از کواد کوپترها، کالیبراسیون IMU باید با انجام یک سری حرکات بر روی پرندۀ خاموش که به وسیله دست صورت می‌گیرد، انجام می‌شود مانند چرخش پرندۀ در جهت ساعتگرد و پاد ساعتگرد و یا بلا پایین بردن پرندۀ با دست، که چگونگی انجام این حرکات در برنامه کنترلی که بر روی گوشی یا کامپیوتر متصل به کواد کوپتر نصب می‌باشد، نشان داده شده است .

۵-۴-۳- سیستم GPS در کوادکوپتر کاربرد های آن :

کنترل و هدایت هرگونه سیستم پروازی کنترلی در درجه اول به خلبان و توانایی او بستگی دارد. در هنگام استفاده از کوادکوپتر های ارزان قیمت و نه چندان حرفه ای معمولا خلبان به کمک ردیابی بصری می تواند موقعیت و جهت را مشخص نماید.

این نوع پهباد ها که به عنوان پهباد های مبتدی شناخته می شوند، اغلب از سیستم GPS برخوردار نیستند. اما در مقابل پهباد های دوربین دار پیشرفته دارای گیرنده های GPS هستند و از این سیستم موقعیت یابی دقیق استفاده می کنند تا قابلیت هایی نظیر پرواز شناور، بازگشت به خانه، پرواز خودکار و ... را فراهم نمایند.

همانطور که اشاره شد، تمامی این قابلیت ها و امکانات نیازمند بهره گیری از سیستم GPS مخصوص پهباد ها هستند، بنابراین بسیار مهم است که خلبانان و کاربران کوادکوپتر های فیلم برداری، مولتی روتور ها و سایر سیستم های پروازی بدون سرنشین اطلاعاتی مقدماتی در مورد ماهیت و عملکرد سیستم موقعیت یابی GPS و نحوه عملکرد آن ها داشته باشند.

۱-۵-۴-۳- سیستم GPS در کوادکوپتر چیست ؟

Global Positioning System یا به طور مختصر GPS یک سیستم مسیریابی ماهواره ای است که به کمک گیرنده های رادیویی به جمع آوری سیگنال های ارسالی از سوی ماهواره های در حال چرخش به دور زمین می پردازد تا با استفاده از آن ها موقعیت مکانی، سرعت و زمان پهباد را تعیین کند.

سیستم GPS نسبت به سایر سیستم های مسیریابی فوق العاده دقیق تر است و تنها با چند متر اختلاف موقعیت مکانی پهباد را تعیین می کند. این در حالی است که سیستم های GPS پیشرفته حتی می توانند عملکرد بهتری نیز داشته باشند و با دقت سانتی متری موقعیت مکانی را مشخص نمایند.

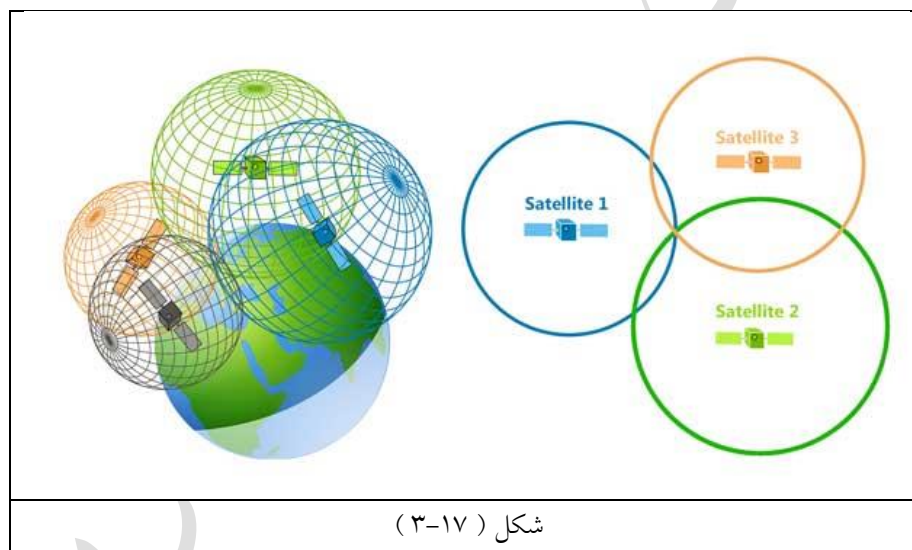
از سوی دیگر ساختار کوچک و فشرده مدار های الکتریکی مورد استفاده در گیرنده های GPS باعث شده است تا این نوع سیستم ها از لحاظ اقتصادی بسیار مقرون به صرفه باشند و به راحتی در اختیار عموم مردم قرار گیرند.

به طور کلی می توان گفت GPS یک سیستم رادیویی گسترده است که تقریباً تمام نقاط موجود روی کره زمین را تحت پوشش قرار می دهد، و به همین دلیل دسترسی به آن تحت هر شرایطی بسیار آسان است.

توسعه سیستم GPS در سال ۱۹۷۳ میلادی به سفارش ارتش ایالات متحده آغاز شد و در سال ۱۹۷۹ اولین ماهواره در مدار زمین قرار گرفت. این سیستم در ابتدا توسط موشک های بالستیک بین قاره ای مورد استفاده قرار می گرفت، اما از سال ۱۹۸۰ استفاده عمومی از آن رایگان اعلام شد. تا به امروز ۳۱ ماهواره GPS در مدارهایی مشخص قرار گرفته اند و هر کدام دو بار در روز چرخشی کامل در اطراف کره زمین دارند.

۲-۵-۴-۳- چگونگی عملکرد سیستم موقعیت یابی GPS

سیستم GPS به کمک مفهوم فرایند Triangulation یک موقعیت مکانی را روی سطح کره زمین تعیین می کند. در فرایند Triangulation که به معنای ردیابی و اندازه گیری شبکه ای از مثلث هاست، موقعیت مکانی یک گیرنده رادیویی از طریق محاسبه فاصله شعاعی سیگنال دریافت شده از منابع ارسال گوناگون تعیین می شود. (شکل (۳-۱۷))



شکل (۳-۱۷)

در پهباد ها نیز به منظور اجرای مسیریابی ماهواره ای از روش trilateration استفاده می شود که حداقل نیازمند چهار سیگنال متفاوت است تا بتواند موقعیت مکانی یک گیرنده GPS تعبیه شده داخل پهباد را مشخص کند.

در این روش سیگنال دریافت شده از یک ماهواره به پهباد اعلام می کند که روی سطح یک کره به شعاع مشخص از آن ماهواره قرار گرفته است. در ادامه سیگنال دوم که از سوی ماهواره دیگری ارسال می شود، کره دیگری را نشان می دهد که قسمتی از آن با کره اول در تداخل است.

در این مرحله می توان گفت پهباد و گیرنده GPS داخل آن در نقطه ای روی دایره به وجود آمده در اثر تقاطع دو کره قرار دارد. حالا سیگنال سوم از طرف ماهواره سوم کره سوم را به وجود می آورد که با دو کره دیگر تداخل دارد و دایره مذکور را در دو نقطه قطع می کند. به این ترتیب موقعیت مکانی پهباد تنها به دو نقطه محدود می شود.

به منظور انتخاب نقطه مناسب و مشخص کردن موقعیت مکانی دقیق پهباد، باید به ماهواره چهارم و سیگنال ارسالی از سوی آن رجوع شود. البته در بسیاری از موارد یکی از این دو نقطه به دلیل فاصله بیش از حد از سطح زمین و یا حرکت با سرعت غیر واقعی کنار گذاشته می شود، اما با این حال دلایل دیگری نیز وجود دارند که استفاده از ماهواره چهارم و محاسبه اطلاعات به دست آمده از سیگنال آن را به امری حیاتی تبدیل می کند.

۳-۴-۵-۳- تعیین فاصله گیرنده از ماهواره (شعاع کره) با استفاده از زمان :

زمانی که پهباد شما به یک گیرنده GPS مجهز شده است، لازم است که فاصله دقیق آن از سه یا چهار ماهواره ای که سیگنال ها را ارسال می کنند مشخص شود. هر یک از این ماهواره ها سیگنالی کد گذاری شده ارسال می کند که حاوی بسته های اطلاعاتی در مورد موقعیت مکانی و زمانی ماهواره در هنگام ارسال سیگنال است.

با توجه به این که سیگنال های امواج رادیویی با سرعت نور حرکت می کنند، کفایت گیرنده روی پهباد ساعت دقیقی داشته باشد تا با محاسبه اختلاف زمان ارسال و دریافت سیگنال و ضرب کردن آن در سرعت نور، فاصله بین گیرنده و ماهواره یا همان شعاع کره مشخص شود. البته باید به این نکته اشاره کنیم که این فرایند دارای معایبی است که در ادامه آن ها را بررسی خواهیم کرد.

مشکل اول نیاز مبرم به ساعت های دقیق و هماهنگ است. خوشبختانه هر یک از ماهواره های GPS دارای چهار ساعت اتمی هستند که دو ساعت سزیمی و دو ساعت دیگر نیز روییدیومی هستند. این ساعت ها می توانند زمانی دقیق را به نمایش بگذارند و خطای آن ها تنها یک ثانیه در هر ۱۰۰ هزار سال است. اما گیرنده های موجود در پهباد ها از ساعت هایی به مراتب ضعیف تر استفاده می کنند که دقت آن ها در مقایسه با چهار ساعت اتمی بسیار کمتر است. به همین دلیل معمولاً در تخمین زمان صرف شده برای دریافت سیگنال اختلافاتی وجود خواهد داشت که گیرنده باید آن ها را جبران نماید. از سوی دیگر امواج رادیویی فقط در خلاء کامل می توانند با سرعت نور حرکت کنند. این خلاء در فضای خارج از جو زمین وجود دارد، اما زمانی که سیگنال به اتمسفر کره زمین می رسد، طول موج آن تغییر می کند و دچار تاخیر می شود. این تاخیر نیز مشکل دیگری است که باید توسط گیرنده برطرف شود.

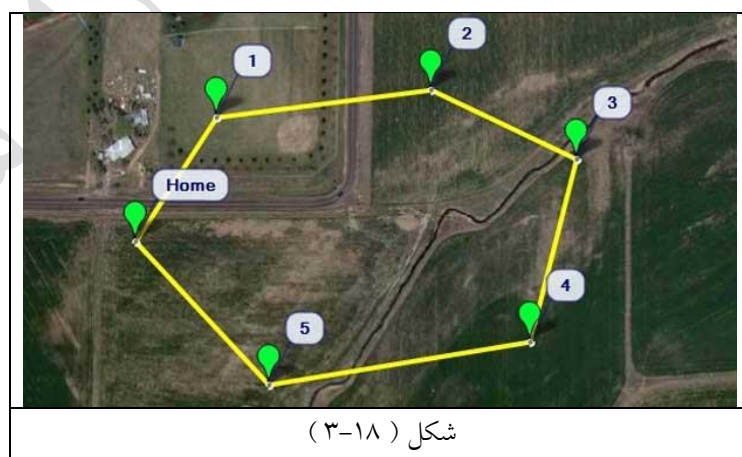
۳-۴-۵-۳- کاربردهای GPS :

بسیاری از مردم با گیرنده های GPS نصب شده روی اتومبیل ها آشنا هستند و مسیریابی از طریق GPS برای آن ها امری عادی به حساب می آید. اما واقعیت این است که تعیین موقعیت مکانی دقیق روی سطح زمین تنها آغاز راه است و تکنولوژی های خلاقانه می توانند آن را نقطه ای برای شروع تلقی کنند.

به عنوان مثال تصور اتومبیل های بدون سرنشین که با استفاده از مسیریابی GPS در خیابان ها و بزرگراه ها حرکت می کنند خیلی دور از انتظار نیست. چنین قابلیتی ایمنی جاده ها را افزایش می دهد و باعث از بین رفتن خطای انسانی و حوادث ناشی از آن ها می شود. همین نتایج در صورت استفاده از سیستم GPS در کنترل ترافیک هوایی نیز وجود خواهند داشت. جالب است بدانید که در طول چند دهه پیش رو سیستم موقعیت یابی GPS نیاز به سیستم های راداری را کاهش می دهد و ردیابی انواع هواپیما ها و سیستم های پروازی را با دقت بیشتری به انجام می رساند. علاوه بر وسایل نقلیه و انواع سیستم های پروازی به خصوص پهباد های کنترلی، سیستم GPS کاربرد های دیگری نیز دارد که در مواقع گوناگون باعث برجسته شدن آن می شود. به عنوان مثال تیم های عملیاتی جستجو و نجات در مواقع اضطراری می توانند با بهره گیری از GPS بهترین مسیر ممکن را تعیین کنند و به سرعت در محل حادثه حاضر شوند. امروزه کشاورزان نیز در تجهیزات کشاورزی خود از سیستم های GPS استفاده می کنند تا فرایند کاشت و برداشت را مدیریت کنند و در پایان محصولات بیشتری داشته باشند. از سوی دیگر قلاده های مجهز به GPS یکی از ضروری ترین ابزار های مورد استفاده در ردیابی حیوانات به حساب می آید. کسانی که مشکل بینایی نیز دارند می توانند از دستگاه های الکتریکی سخنگو و مجهز به سیستم GPS نهایت بهره را ببرند.

۴-۵-۴-۳- مسیریابی نقطه ای در پهباد های مجهز به GPS :

همکاری و تلفیق گیرنده های GPS در کوادکوپتر های پیشرفته امکان مسیریابی نقطه ای را فراهم می کند. مسیریابی نقطه ای متکی بر GPS یک تکنولوژی پیشرفته است که به پهباد ها و کوادکوپتر ها اجازه می دهد به صورت کاملاً خودکار به سمت نقطه های از پیش تعیین شده پرواز کنند. چنین قابلیتی می تواند اطلاعات لازم در مورد سرعت پرواز، ارتفاع و مقصد را در اختیار پهباد قرار دهد. علاوه بر آن برنامه ریزی پرواز شناور برای مدت زمان مشخص در هر یک از این نقطه ها امکان پذیر است. همانطور که می دانید امروزه پهباد های فیلم برداری و کوادکوپتر ها دوربین دار به طور گسترده در ساخت و ساز های ساختمانی، نگهداری از جاده ها، بازرسی از زیرساخت ها و ... مورد استفاده قرار می گیرند. (شکل (۱۸-۳) یک مسیر پرواز نقطه ای یک پهباد را نشان می دهد



شکل (۱۸-۳)

از سوی دیگر کاربردهایی نیز در زمینه کشاورزی برای این سیستم های پروازی تعریف شده است و بررسی محصولات یا ردیابی حیوانات اهلی و وحشی توسط آن ها صورت می پذیرد. به کمک مسیریابی نقطه ای متکی بر سیستم GPS علاوه بر

این که یک ناحیه می تواند از چندین نقطه از پیش تعیین شده مورد بررسی قرار گیرد، کاربران نیز می توانند از قابلیت پرواز خودکار استفاده کنند و بر دوربین متمرکز شوند. در پایان می توان گفت که پیشرفت سیستم های GPS مورد استفاده در انواع پهباد ها باعث شده است سودمندی این سیستم های پروازی کنترل را به میزان قابل توجهی افزایش یابد و کاربرد های بیشتری برای آن ها تعریف شود.

۶-۴-۳- اجزای یک اتوپایلوٹ :

در این قسمت قصد داریم درباره فاکتور های انتخاب فلایٹ کنترل که هسته مرکزی ربات پرنده است توضیحاتی بدهیم.

الف - فلایٹ کنترلر :

فلایٹ کنترلر مغز مولتی روتور شما است. فلایٹ کنترلر اطلاعات همه سنسور هارا میخواند و بهترین پاسخ را محاسبه میکند تا آن را به صورت دستوراتی روی مولتی روتور شما اجرا کند.

ب - پروسسور :

واحد مرکزی که سیستم عامل فلایٹ کنترل را اجرا میکند و تمام محاسبات را انجام میدهد. بیشتر فلایٹ کنترلر ها پروسسور ۳۲ بیتی دارند که از سیستم های ۸ بیتی بسیار قوی ترند، اما هم چنان فلایٹ کنترلر های ۸ بیتی نیز وجود دارند .

نکته مهم :

معمولا بزرگترین آرسی در فلایٹ کنترلر همان پروسسور است.

ج - شتاب سنج و ژيروسکوپ :

این دو سنسور های داخلی ربات پرنده اند. شتاب سنج نیروی شتاب و ژيروسکوپ نیروی چرخش را اندازه گیری میکند. با ترکیب این مقادیر فلایٹ کنترلر میتواند زاویه فعلی پرواز را محاسبه کند و اصلاحات لازم را انجام دهد.

د- قطب نما (مغناطیس سنج) :

سنسور قطب نما یا مغناطیس سنج نیروی مغناطیس را درست همانند قطب نما اندازه گیری میکند. این سنسور برای مولتی روتور ها بسیار مهم است زیرا فلایٹ کنترلر تنها با اطلاعات دو سنسور ژيروسکوپ و شتاب سنج نمیتواند جهت حرکت ربات را تشخیص دهد. در پرنده های بال ثابت این کار راحت است زیرا تنها در یک جهت میتواند پرواز کند.

سنسور قطب نما به تداخلات مغناطیسی بسیار حساس است. هر وسیله دیگری مانند موتور، سیم ها، اسپیدکنترلر میتواند تداخل مغناطیسی ایجاد کند. به همین دلیل معمولا شما یک قطب نما اضافی در ماژول gps خود دارید و معمولا gps را از سایر تجهیزات تدر ارتفاع بالاتر نصب میکنید.

ه- فشار سنج :

بارومتر یک سنسور اندازه گیری فشار است که ارتفاع مولتی روتور را اندازه گیری میکند. این سنسور ها بسیار حساس هستند به طوری که هنگام ارتفاع گرفتن در حد چند سانتی متر میتوانند تغییر فشار هوا را تشخیص دهند.

ح - GPS :

ماژول gps محل و مختصات قرار گیری کوادکوپتر را با اندازه گیری مقدار زمانی که طول میکشد سیگنال ارسالی از ماهواره را دریافت کند، محاسبه میکند. ماژول جی پی اس همچنین میتواند تخمینی از ارتفاع پروازی را به دست آورد. از کاربرد های اصلی gps توانایی پرواز خودکار مولتی روتور در جهت مسیر از قبل داده شده است.

ذ - شبکه های ماهواره ای

جدیدا gps هایی به وجود آمده اند که میتوانند به بیش از یک شبکه gps مانند شبکه GLONASS روسیه متصل شوند. این بدان معنی است که گیرنده gps شما میتواند سیگنال های ماهواره ای بیشتر را جمع آوری کند که همین باعث گسترش عملکرد و اطمینان آن میشود. خوبی gps این است که گران نیست.

ر - تلمتری و ایستگاه زمینی :

تلمتری چیزی است که شما به وسیله آن اطلاعات را بین کوادکوپتر و ایستگاه زمینی فرستاده و دریافت میکنید. اضافه کردن آن به ربات پرنده تان مفید است اما ضروری نیست.

ث - ماژول تامین برق :

به دلیل اینکه اتوپایلوت یک وسیله حساس الکترونیکی است، نحوه تامین برق آن اهمیت دارد. یک ماژول برق برای کاهش ولتاژ باتری مولتی روتور به ولتاژ کارکرد اتوپایلوت استفاده میشود که معمولا ۵ ولت است.

ق - ورودی خروجی های اتوپایلوت :

همه اتوپایلوت ها دارای یک دسته ورودی خروجی های مختلف هستند. ورودی های آن برای کانال های گیرنده رادیو کنترل شما مورد استفاده قرار میگیرند. خروجی های آن به موتور ها و سرووها متصل میشوند.

۵-۳- آموزش تئوری پرواز کوادکوپتر :

پرواز یک مولتی روتور با توجه به نکات پروازی آن ممکن است در ابتدا برای خلبانان تازه کار کمی دشوار باشد. برای به دست آوردن مهارت لازم برای کنترل حرفه‌ای یک مولتی روتور یا کواد کوپتر باید تمرین و تکرار زیادی داشته باشید تا بتوانید الگوهای پروازی که در ذهنتان است را به سادگی پیاده کنید.

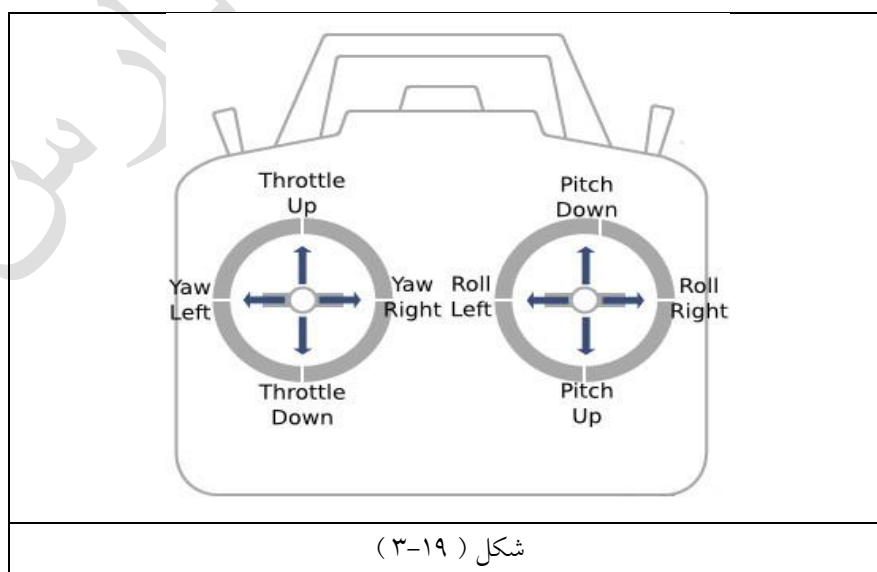
برای آغاز آموزش چگونگی پرواز یک مولتی روتور باید چندین واژه و مفهوم آن را به درستی بشناسید و درک کنید. البته خلبانی یک کوادکوپتر چیزی نیست که فقط با خواندن یک متن به آن مسلط شوید، تمرین و تکرار زیادی لازم است تا بتوانید به یک خلبان حرفه‌ای تبدیل شوید. اما با استفاده از این مقاله می‌توانید نکات تئوری ورود به دنیای مولتی روتور ها و خلبانی آن ها را یاد بگیرید تا از سعی و خطا و آسیب رسیدن به پرنده خود در هنگام کار جلوگیری کنید.

۱-۵-۳- معرفی پایه ای رادیو کنترل یا ترانسمیتر :

رادیو کنترل یا ترانسمیتر یک پرنده بدون سرنشین پل ارتباطی خلبان و کوادکوپتر است. تمام دستوراتی که در ذهن یک خلبان وجود دارد با استفاده از رادیو کنترل به پرنده ارسال می شود، بنابراین شناخت آن و نحوه کار دکمه های آن بسیار حیاتی و مهم است. در این قسمت قصد داریم بخش های مختلف یک رادیو کنترل ، کلید ها و نحوه کار آن را آموزش دهیم.

روی رادیو کنترل دو جوی استیک میبیند که ۹۰ درصد کار یک خلبان توسط آنها صورت می گیرد. جهت گیری پرنده و مانورهای آن تماما بستگی به این دو استیک داشته پس باید به خوبی آنها را بشناسید و نحوه کار با آنها را فرا بگیرید.

(شکل (۱۹-۳))



شکل (۱۹-۳)

۲-۵-۳-جوی استیک سمت چپ :

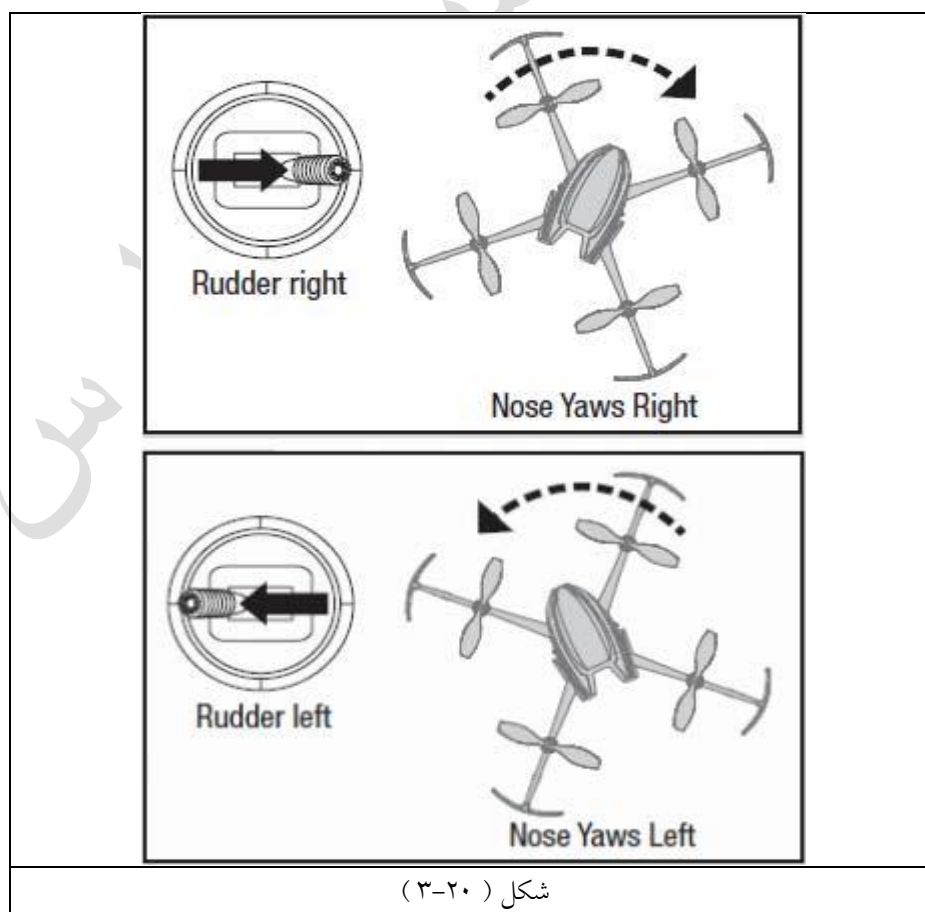
جوی استیک سمت چپ برای تغییر و اعمال دستورات Yaw و تراتل مورد استفاده قرار میگیرد بنابر این درک مفهوم این دو تابع برای کنترل پرنده بسیار مهم خواهد بود.

۱-۲-۵-۳-YAW :

با استفاده از Yaw می‌توانید پرنده را در آسمان به سمت چپ و راست بچرخانید به این صورت که اگر شما جوی استیک سمت چپ را روی محور X یعنی به صورت چپ و راست جابه‌جا کنید، مشاهده می‌کنید که کواد کوپتر در آسمان به صورت درجا می‌چرخد. همانطور که در تصویر زیر مشاهده می‌کنید چرخش پرنده به گونه‌ای است که اگر جوی استیک را به سمت راست در جهت مثبت محور ایکس حرکت دهید پرنده به صورت ساعتگرد در آسمان می‌چرخد و اگر استیک را به سمت منفی محور ایکس حرکت دهید پرنده در جهت پادساعتگرد در آسمان حول محور خود خواهد چرخید.

با استفاده از یا می‌توانید جهت سر پرنده را بدون حرکت در آسمان به راحتی تغییر دهید.

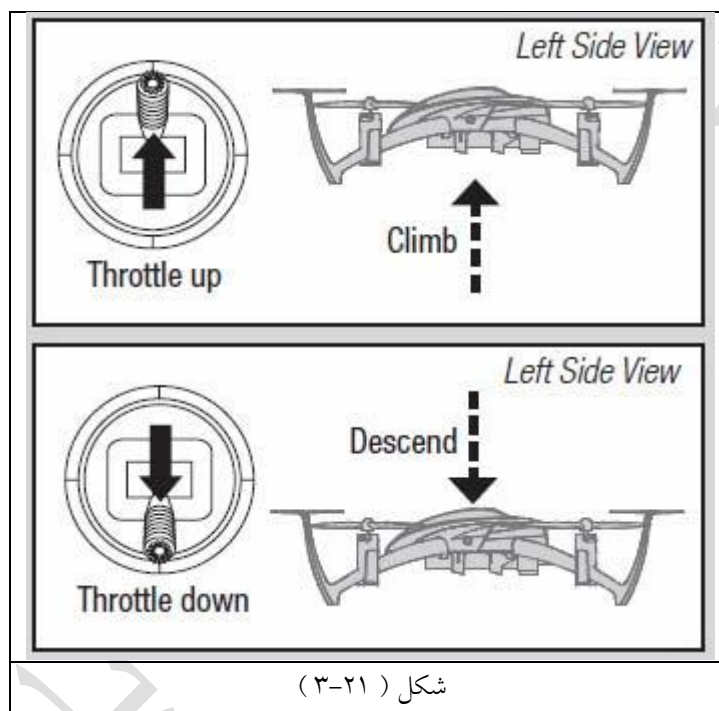
اشتباه نگرفتن Yaw و رول نکته بسیار مهمی است. بنابراین بهتر است چندین بار مفهوم Yaw را برای خود تکرار کنید تا در ادامه دچار اشتباه نشوید (شکل (۲۰-۳))



شکل (۲۰-۳)

۳-۵-۳- تراتل :

با استفاده از تراتل می‌توانید کوادکوپتر را به صورت درجا به بالا و پایین حرکت دهید برای تغییر تراتل کافیسست جوی استیک سمت چپ در جهت محور Y حرکت دهید. با حرکت جوی استیک در جهت مثبت محور کواد کوپتر به سمت بالا حرکت کرده و ارتفاع می‌گیرد و با حرکت جوی استیک سمت چپ به سمت منفی محور Y ارتفاع پرنده کم می‌شود. (شکل (۳-۲۱)) کار با تراتل اولین گام پرواز با کوادکوپتر است چون در ابتدا باید اوج بگیرید و سپس حرکت کنید.



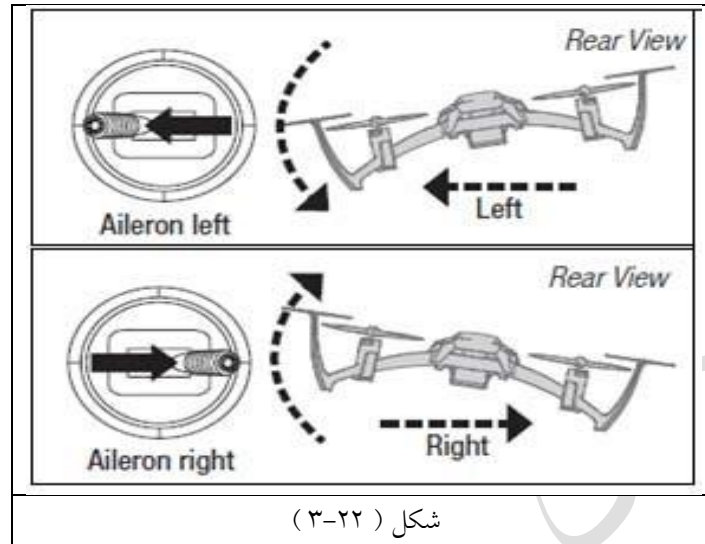
–جوی استیک سمت چپ (پیچ و رول) :

با استفاده از جوی استیک سمت چپ می‌توانید کوادکوپتر را در همان ارتفاع به سمت راست و چپ و عقب و جلو حرکت دهید.

۳-۵-۴- رول :

با استفاده از تابع رول کوادکوپتر امکان حرکت به طرفین را پیدا می‌کند. اگر جوی استیک سمت راست را به سمت راست حرکت دهید، در صورتی که سر پرنده در جهت درستی در آسمان قرار گرفته باشد و دقیقاً به سمت جلوی شما باشد کوادکوپتر

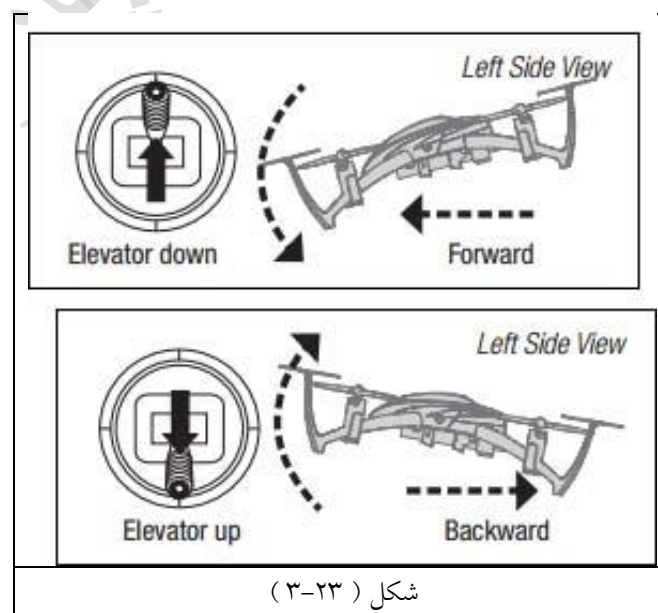
به سمت راست حرکت می کند و با حرکت جوی استیک سمت راست به سمت چپ به طرف چپ حرکت می کند. اگر سر پرنده نسبت به جلوی رادیو کنترل دارای زاویه باشد این حرکت ها هم دچار تغییر خواهند شد. . بنابر این بهتر است ابتدا از جهت سر پرنده اطمینان حاصل کنید. البته بعضی از کوادکوپترها دارای مد هدلس هستند که با فعال سازی آن دستورات رول مستقل از جهت سر پرنده به صورت دقیق اجرا می شود. (شکل (۳-۲۲))



شکل (۳-۲۲)

۵-۳-۵-۵- پیچ :

تابع پیچ که با حرکت دادن جوی استیک سمت راست روی رادیو کنترل به سمت بالا و پایین فعال می شود، برای حرکت کوادکوپتر به سمت جلو و عقب مورد استفاده قرار می گیرد. برای شناخت بهتره حرکات Yaw و تراتل باید حتما رادیو کنترل یک کوادکوپتر را به دست بگیرید و این توابع را روی آن اعمال کنید تا مفهوم این حرکات به خوبی در ذهن شما جای گیرد. (شکل (۳-۲۳))



شکل (۳-۲۳)

۶-۳- آموزش مرحله به مرحله پرواز کوادکوپتر برای مبتدی ها :

در حال حاضر با دستورات ابتدایی و اساسی کنترل پرواز در آسمان آشنایی پیدا کرده اید. در ادامه این آموزش فرض میکنیم که شما یکی از مدل‌های کوادکوپتر یا مولتی روتور را در اختیار دارید تا بتوانید بهتر برای آموزش پرواز از آن استفاده کنید.

- ابتدا دستورالعمل‌ها را بخوانید:

اولین کاری که باید انجام بدهید مطالعه دفترچه راهنمای کوادکوپتر است. سازنده ی پرنده تمام نکات مهم در مورد آن را به خوبی در دفترچه ذکر کرده بنابراین اکیداً توصیه می‌کنیم که از این کار غافل نشوید. چون در صورت بروز مشکل بدون شک این اطلاعات برای شما مفید خواهد بود.

- باتری کوادکوپتر را شارژ کنید:

در مرحله بعد باید از شارژ شدن باتری کوادکوپتر اطمینان حاصل کنید، اکیداً توصیه می‌کنیم که فقط از شارژر و باطری همراه دستگاه استفاده کنید. باطری یکی از قطعات حساس و در عین حال بسیار حیاتی است که باید برای افزایش طول عمر آن نکات استفاده صحیح از آن را به خوبی پیاده سازی کنید.



شکل (۳-۲۴)

۱-۶-۳- مراحل انجام یک پرواز موفق :

الف - موقعیت کوادکوپتر

باید اطمینان حاصل کنید که فضایی که قصد پرواز در آن را دارید کاملاً عاری از هرگونه خطری باشد همانطور که قبلاً گفته شد این موضوع در ابتدای کار بسیار مهم است. باید قبل از پرواز در محیط های بسته و شلوغ به خوبی روی کنترل پرنده تسلط پیدا کنید.

ترااتل کوادکوپتر را به سمت پایین فشار دهید، برای شروع کار باید استیک سمت چپ را به سمت پایین فشار دهید تا ترااتل شروع به کار کند قبل از اینکه رادیو کنترل را روشن کنید این کار را انجام بدهید. پس از روشن کردن پرنده ترااتل را به آرامی به سمت بالا فشار دهید تا ارتباط بین فرستنده و پرنده برقرار شود.

ب - بلند شدن و پرواز

اولین کاری که برای پرواز باید انجام دهید بلند کردن کواد کوپتر از زمین است که با استفاده از جوی استیک سمت چپ و ترااتل صورت می گیرد. پرنده را به آرامی با فشار دادن جوی استیک سمت چپ به سمت بالا از روی زمین بلند کنید. پس از بلند کردن کواد کوپتر از روی زمین از جوی استیک سمت راست استفاده کنید تا مفهوم پیچ و رول را درک کنید. پس از آن سعی کنید با پایین آوردن استیک سمت چپ یا ترااتل پرنده را به آرامی روی زمین بنشانند.

بلند کردن پرنده و نگه داشتن آن در یک موقعیت ثابت در آسمانیکی از تمرین های اساسی و مهم برای یادگیری و آموزش پرواز کوادکوپتر بلند کردن پرنده و نگه داشتن آن در یک موقعیت ثابت در آسمان است. البته برخی از کوادکوپترها دارای مد حفظ ارتفاع هستند، اما بهتر است این مد را فعال نکنید تا خودتان به صورت دستی پرنده را در موقعیت ثابت در آسمان نگه دارید، چون این تمرین برای آموزش بسیار مهم است. ممکن است در ابتدا نتوانید این کار را به درستی انجام دهید اما با کمی تمرین به خوبی می توانید پرنده را در موقعیت ثابتی در آسمان نگه دارید. پس از کمی تمرین سعی کنید کوادکوپتر را به آرامی روی زمین و در نقطه ای فرضی خود بنشانید.

ج - چرخش کوادکوپتر :

یکی از مهمترین نکاتی که در هنگام یادگیری پرواز کوادکوپتر باید به آن توجه داشته باشید، تسلط بر روی کنترل yaw است. باید بتوانید به خوبی و با تسلط زیاد کوادکوپتر را در آسمان بچرخانید تا جهت گیری مورد نظر خود را به سر پرنده بدهید. این موضوع زمانی که بخواهید در آینده از چیزی تصویر برداری کنید و سوژه را در کادر خود قرار دهید بسیار مهم خواهد بود.

مجدداً کوادکوپتر را از روی زمین بلند کنید و سعی کنید آن را در آسمان در جهت دلخواه خود بچرخانید و حرکت دهید. ممکن است این کار در ابتدا کمی ساده به نظر برسد اما زمانی که بخواهید بعد از تغییر جهت پرنده در آسمان به سمت راست

و چپ را به جلو حرکت کنید متوجه می شوید که این کار چندان هم ساده نیست چون دقیقاً دستورات چپ و راست شما روی پرنده اجرا نخواهد شد.

د - یک تصویر ذهنی ایجاد کنید

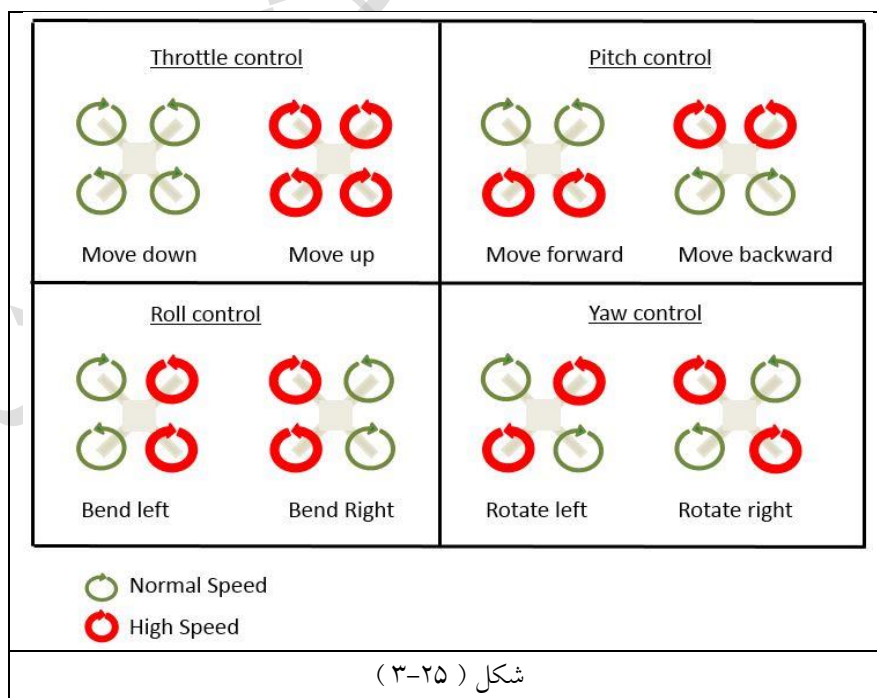
در مرحله بعد باید سعی کنید یک الگوی ذهنی در آسمان نصب کنید و کوادکوپتر را روی آن حرکت دهید. یک دایره ساده، یک بیضی و یا اشکال هندسی دیگری را در آسمان در نظر بگیرید و سعی کنید پرنده را در آن محدوده پرواز دهید. مطمئناً در ابتدا نمی توانید این کار را با تسلط زیادی انجام دهید اما بعد از تمرین خواهید توانست در مراحل ابتدایی الگوهای ساده را پیاده سازی و سپس الگوهای پیچیده را به دستور کار خود اضافه کنید.

ه - مفهوم توابع کنترلی رادیو کنترل

شاید اگر بدانید که با تغییر هر کدام از جوی استیک های روی رادیو کنترل و هر یک از توابع تراتل ، **Yaw**، پیچ و رول چه تغییری در گردش موتور ها ایجاد می شود، بهتر بتوانید لمسی از مفهوم آنها داشته باشید. البته آموزش تئوری این موضوع گرچه مفید است و لازم ولی کافی نیست و بهتر است برای پیاده سازی تصویر ذهنی خود یک رادیو کنترل واقعی را به دست بگیرید یا از برنامه های شبیه سازی استفاده کنید.

در تصویر زیر می توانید نحوه چرخش موتورها را با توجه به تغییر جوی استیک ها مشاهده کنید. فلش های سبز جهت حرکت موتور را در حالت عادی نشان می دهند و فلش های قرمز جهت حرکت موتور را به صورت سریعتر نمایش می دهند.

(شکل (۲۵-۳))



ح - ترکیب توابع کنترلی

بدون شک برای پیاده سازی حرکات به ویژه حرکات پیچیده پروازی نباید از یک جوی استیک استفاده کنید. پیاده سازی این الگوها مستلزم این است که به صورت همزمان تمام توابع را به کار بگیرید و این امر به جز با تمرین و تکرار امکان پذیر نخواهد بود. حفظ تعادل و حرکت پرنده در مسیرهای دلخواه لازمه استفاده همزمان از توابع کنترلی و هردو جوی استیک است.

محدود کردن پرنده در رنج فرکانس پروازییکی از نکاتی که در هنگام پرواز باید به آن توجه داشته باشید محدوده کنترلی ترانسمیتر شماست. باید دقت داشته باشید که پرنده از این محدوده خارج نشود. البته پرنده های حرفه ای و مبتدی پیشرفته دارای هشدار خروج پرنده از این محدوده هستند اما باید توجه به این نکته را همیشه در ذهن داشته باشید.

نکاتی چند در مورد پرواز با کواد کوپتر

۱-۴- اصطلاحات کار با کوادکوپتر:

در ابتدای این فصل به تعریف ها و اصطلاحات خاصی که برای کار با کوادکوپتر به آنها احتیاج دارید اشاره می کنیم :

- خط دید : مسیری است که شما می تواند کوادکوپتر را در حین پرواز مشاهده کنید.
- دید اول شخص (FPV) : در این قابلیت یک دوربین روی کوادکوپتر به عنوان چشم شما قرار دارد تا بتوانید هرآنچه در زاویه دید پهپاد و در میدان دید آن قرار دارد را توسط دوربین مشاهده کنید.
- قطعات : موتورها ، ملخ ها ، بدنه ، فرستنده ، کنترلر و هر آنچه به نوعی به شما اجازه می دهد تا کوادکوپتر خود را از راه دور کنترل کنید و تنظیمات آن را تغییر داده و تنظیم کنید به عنوان قطعات کواد کوپتر تلقی می شود.
- دوربین: بسیاری از کوادکوپترها مجهز به دوربینی برای ایجاد امکان ثبت و ضبط تصاویر هستند. از طرفی از جمله مهمترین کاربردهای یک کوادکوپتر ، پهپاد یا مولتی روتور ، تصویربرداری و فیلمبرداری هوایی است .

نخبگان صنعت پارس