

به کار گیری سیستم اپتیکال فالو برای کنترل موقعیت ربات پرنده بدون استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی

رحیم بابازاده^۱، لاریسا خدادادی^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد الکترونیک، مرکز تحقیقات رباتیک و فناوری های نرم، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- استادیار، هیئت علمی، گروه برق، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

مرکز تحقیقات رباتیک و فناوری های نرم، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

خلاصه

حفظ موقعیت ربات پرنده بدن نیاز به سیستم مکان یابی جهانی (GPS) یکی از چالش های موجود در این زمینه میباشد، استفاده از روش پردازش تصویر و بهره گیری از آن این امکان را به وجود خواهد آورد که ربات پرنده موقعیت خود را در دو بعد مکان تشخیص دهد، برای در اختیار داشتن چنین امکانی بر روی ربات پرنده از سنسور های Opticsl Flow استفاده شده است که به کمک این سنسور و برنامه نویسی مناسب، ربات پرنده به این توانایی دست خواهد یافت که بتواند بدون استفاده از سیستم (GPS) در موقعیت خاص و تقریباً بدون حرکت ثابت بماند. کاربرد اصلی این سیستم برای موقعیت یابی و همچنین تشخیص وضعیت انواع دستگاه های پرنده بدون نیاز به استفاده از سیستم (GPS) میباشد. با توجه به نتایج بدست آمده از تست های انجام گرفته شده ، و همچنین نمودار های بدست آمده ربات پرنده توانسته است با خطای جابجایی کمتر از ۱۰ سانتی متر موقعیت خود را حفظ نماید

کلمات کلیدی: پردازش تصویر ، ربات پرنده، اپتیکال فالو، اتوپایلوت ، uav، Opticsl Flow.

۱. مقدمه

ربات های پرنده با داشتن انواع سنسور های تشخیص زاویه ، شتاب و ارتفاع ، متاسفانه قادر به تشخیص دقیق جابجایی در جهت های افقی، با دقتی که بتواند ربات پرنده را در یک نقطه تقریباً ثابت نگه دارد نیستند [1] چرا که ربات پرنده هنگام پرواز همانند یک جسم جامد معلق در یک گاز میباشد که حرکت توده ای گاز میتواند سیستم را بدون

* E-mail : Lkhodadadi@iaut.ac.ir

کوچکترین تغییر در وضعیت زاویه ای آن، جابجا نماید [2] با در نظر گرفتن این شرایط ربات های پرنده برای کنترل موقعیت خود و ثابت ماندن در موقعیت خاص، علاوه بر داشتن سنسور های مذکور نیازمند استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) نیز میباشند، [3] این سیستم به ربات های پرنده این امکان را میدهد که بتوانند در موقعیت های جغرافیایی به صورت تقریبا ثابت پرواز داشته باشند ولی از آنجایی که در مواقعی نمیتوان از این سیستم استفاده کرد بحث تشخیص موقعیت ربات پرنده و توانایی آن در ثابت ماندن در یک موقعیت خاص دارای اهمیت فراوانی میشود. [4] برای کنترل موقعیت ربات پرنده و ثابت نگه داشتن آن در یک موقعیت خاص از روش های مختلفی استفاده شده است که با توجه به شرایط، نیاز به استفاده از (GPS) برطرف گردیده است که از آن جمله میتوان به استفاده از سیگنال های دریافتی از طریق آنتن های مخابراتی اشاره کرد [5] که در آن با توجه به قدرت سیگنال های دریافتی از آنتن های مخابراتی میتوان با خطای حدود یک متر موقعیت ربات پرنده را حفظ کرد. از روش های دیگر در این زمینه، استفاده از سیگنال های رادیویی که توسط ایستگاه هایی که در اطراف محل پرواز نصب گردیده اند، میتوان اشاره کرد که بر اساس توان سیگنال های رسیده از هر ایستگاه رادیویی به ربات پرنده به تخمین محل ربات پرنده پرداخته اند. [6] روش به کار گرفته شده در این مقاله برای حفظ موقعیت ربات پرنده استفاده از سنسور های (optical flow) میباشد [7] که این سنسور با استفاده از پردازش تصویر سطح زیرین ربات پرنده و آنالیز و پردازش پیکسل های آن تغییرات ناشی از جابجایی افقی ربات پرنده را تشخیص میدهد و با این روش دستورات لازم برای اصلاح میزان جابجایی و اصلاح موقعیت ربات پرنده به واحد کنترل ربات ارسال میشود که هدف اصلی ما در این تحقیق استفاده از سنسور مذکور و تنظیم دقیق پارامتر های آن برای حفظ موقعیت ربات پرنده و به حداقل رساندن میزان خطای ناشی از پردازش تصویر سنسور اپتیکال فالو میباشد.

۲. ساختار کلی

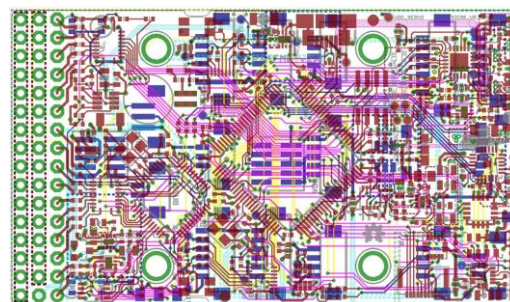
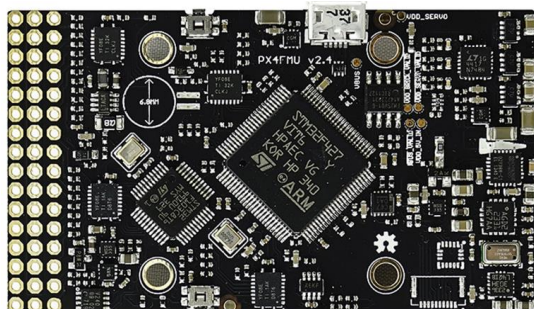
سیستم مورد استفاده در این مقاله به صورت کلی دارای سه بخش الکترونیکی، مکانیکی و برنامه نویسی میباشد که سیستم مکانیکی ربات پرنده ساختار (X) را دارا بوده و از ترکیب فلز آلومینیوم و فیبر کربن برای هر چه سبکتر شدن بده ربات، استفاده شده است که در این نمونه وزن نهایی ربات پرنده هزار گرم بوده است در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- ساختار مکانیکی ربات پرنده

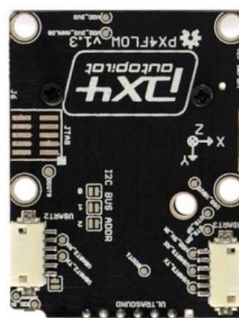
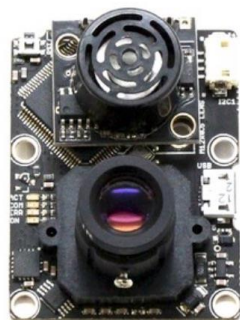
در بخش الکترونیکی از فلاپت کنترل شرکت (PX4) ، و سنسور اپتیکال فالو (PX4) که یک پروژه سخت افزاری و نرم افزاری این سورس میباشد و موتورهای براسلس شرکت (Rectigermotor) استفاده شده است

فلایت کنترل مورد استفاده در این ربات از لحاظ سخت افزاری و نرم افزاری پروژه متن باز میباشد و تمامی کدها و شماتیک سخت افزاری آن به صورت متن باز در اختیار توسعه دهندگان قرار دارد که در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. با استفاده از سنسور اپتیکال فالو و اضافه کردن کدهای لازم برای پایداری موقعیت ربات پرنده به برد فلایت آن، امکان حفظ موقعیت ربات پرنده بدون استفاده از سنسور موقعیت یاب جهانی (GPS) فراهم شده است که در شکل شماره ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- تصویر فلایت کنترل px4 با نقشه pcb

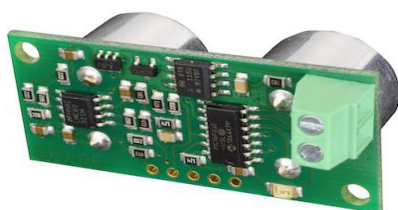
سنسور اپتیکال فالو (px4) مورد استفاده دارای واحد پردازش (Cortex M4F) میباشد که وظیفه پردازش تصویر را بر عهده دارد بخش سنسور ثبت تصویر، چیپ (MT9V034) میباشد که توانایی ثبت تصاویر با ابعاد ۷۵۲ در ۴۸۰ پیکسل را دارا میباشد. سنسور اپتیکال فالو دارای ارتباط از نوع پروتکل (i2c) برای انتقال اطلاعات به واحد فلایت کنترل و یا هر واحد پردازنده میباشد و در این ربات این ارتباط از طریق همان پروتکل برقرار شده است. واحد اندازه گیری فاصله ی قرار گرفته بر روی سنسور اپتیکال فالو، مدل (HRLV-EZ4) میباشد که برای اندازه گیری میزان تغییرات ارتفاع سنسور جهت ساده تر شدن محاسبات و پردازش تصاویر به کار برده شده است که در شکل شماره ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- سنسور اپتیکال فالو (px4)

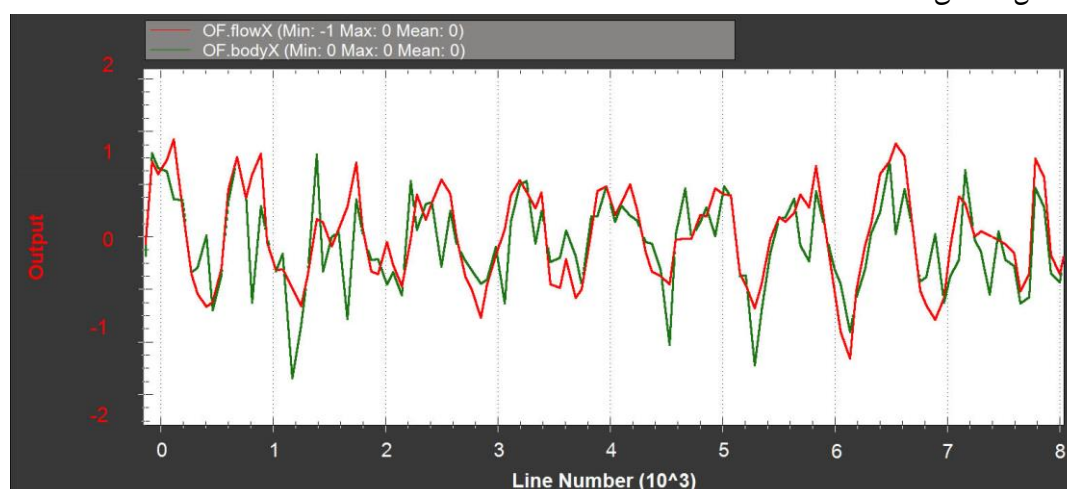
۳. عملکرد کلی سیستم

عملکرد اصلی حفظ موقعیت در این ربات بر اساس پردازش تصویر صورت گرفته در سنسور اپتیکال فالو میباشد، سنسور اپتیکال فالو با پردازش تصویر سطح زمین که ربات بر روی آن در حال پرواز میباشد تغییرات پیکسلی را مورد پردازش قرار داده و به این ترتیب میزان تغییرات جابجایی ربات در راستاری افقی را به دست می آورد. تغییرات پردازش شده از روی تصاویر توسط ارتباط (i2c) در اختیار واحد کنترل پرواز قرار گرفته و این واحد با توجه به میزان جابجایی افقی اتفاق افتاده دستورات لازم را در جهت اصلاح خطاهای به وجود آمده صادر میکند. آنچه که در کنترل موقعیت ربات با سنسور اپتیکال فالو دارای اهمیت بسیار بالایی میباشد اندازه گیری دقیق ارتفاع ربات از سطح زمین میباشد لذا از سنسور های اندازه گیری دقیق تری نسبت به سنسور ارتفاع سنج بارو متر (فشار سنج هوا) استفاده شده است که از آن جمله سنسور های اولتراسونیک ، سنسور های فاصله سنج لیزری مورد استفاده قرار گرفته است که با توجه به میزان نیاز به ارتفاع پرواز، نوع اولتراسونیک با مدل (srf06) مورد استفاده قرار گرفته است که در شکل شماره ۴ نشان داده شده است . این سنسور دارای خروجی جریان میباشد که در فاصله صفر متر ، ۴ میلی آمپر و در فاصله ۵ متری از سطح زمین ۲۰ میلی آمپر خروجی دارد که با عبور دادن آن از یک مقاومت مقدار ولتاژی آن بدست آمده است .



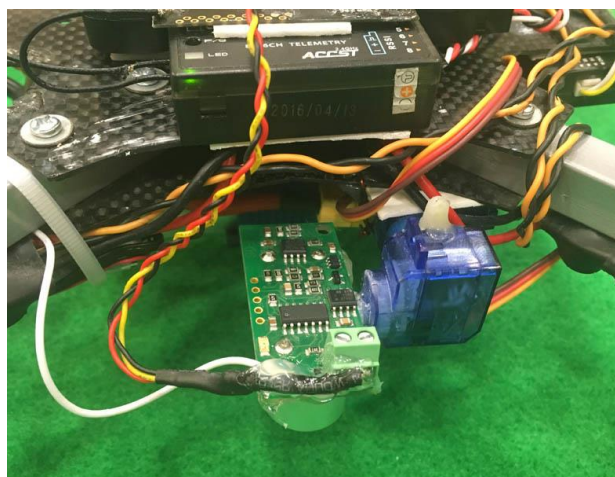
شکل ۴- سنسور اولتراسونیک (SRF06) با خروجی جریان

در تست های اولیه و استخراج نمودار های تغییرات زاویه ربات نسبت به تغییرات سنسور اپتیکال فالو، نتیجه قابل قبول نبوده است و علت اصلی آن تغییر فاصله اندازه گیری توسط سنسور فاصله سنج اولتراسونیک هنگام تغییر زاویه ربات پرنده میباشد و از آنجایی که پردازش تصویر به تغییرات ارتفاع ربات پرنده بسیار حساس میباشد نتیجه حاصل مطلوب نیست. که در شکل ۴ نشان داده شده است.



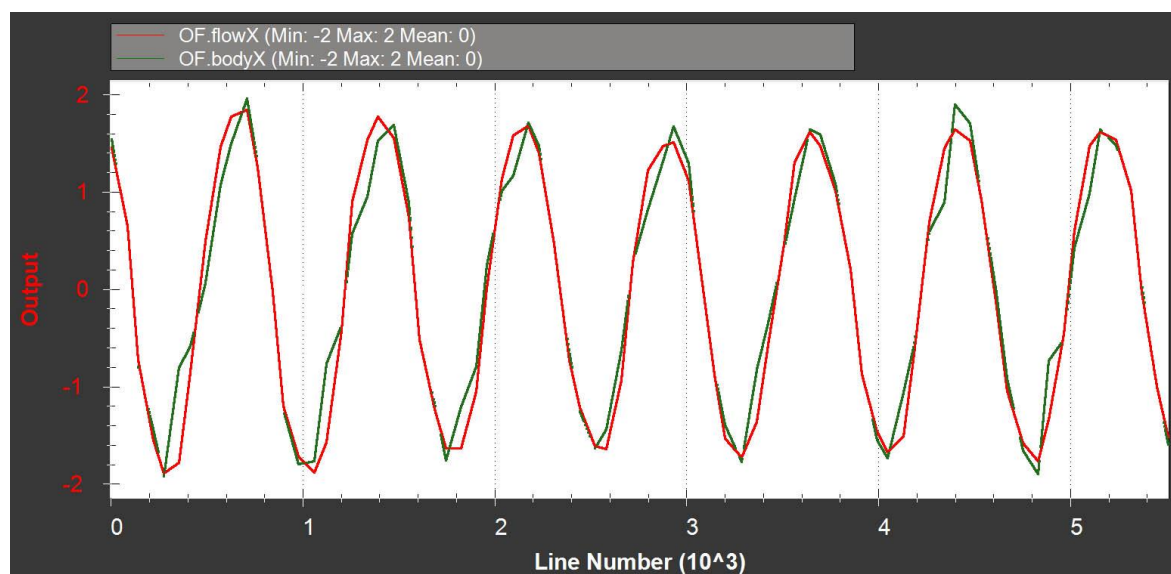
شکل ۴- تغییرات زاویه ربات پرنده نسبت به تغییرات حاصل از پردازش تصویر توسط سنسور اپتیکال فالو

برای برطرف کردن این مشکل، سنسور اولتراسونیک میبایستی همواره به حالت موازی با سطح زمین قرار بگیرد که با استفاده از دو عدد سروو موتور و راه اندازی سیستم تعلیق گیمبال این امکان به وجود آورده شد است که علی رغم تغییر زاویه ربات پرنده، زاویه بین سنسور اولتراسونیک و سطح زمین همواره ثابت باقی بماند که در شکل شماره ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵- سنسور اولتراسونیک به همراه سروو های حفظ تعادل

با پیاده سازی شدن سیستم گیمبال برای سنسور اولتراسونیک، نتایج بدست آمده در کنترل موقعیت ربات پرنده با استفاده از سنسور اپتیکال فالو بهبود چشم گیری داشته است و خروجی سنسور زاویه سنج ربات پرنده و خروجی حاصل از پردازش تصویر سنسور اپتیکال فالو همپوشانی مطلوبی دارد و این خروجی مطلوب باعث شده است که ربات پرنده با دقت خیلی بالایی موقعیت خود را حفظ نماید که نتایج بدست آمده در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵- خروجی سنسور اپتیکال فالو و خروجی سنسور زاویه

۴. نتیجه گیری

در سیستم کنترل موقعیت ربات پرنده با استفاده از سنسور اپتیکال فالو این امکان به وجود آمده است که ربات پرنده بتواند در شرایطی که دسترسی به سیگنال‌های (GPS) وجود ندارد، موقعیت خود را حفظ نماید و از حرکت آن در جهات افقی جلوگیری به عمل آید همچنین از آنجایی که پایه عملکرد سنسور اپتیکال فالو بر اساس پردازش تصویر میباشد لذا داشتن روشنایی مناسب محیط و مهمتر از آن سیستم اندازه گیری دقیق ارتفاع پرنده از سطح زمین دارای اهمیت بسیاری میباشد چرا که در صورت خطا دار بودن سیستم اندازه گیری ارتفاع ربات پرنده، سنسور اپتیکال فالو توانایی تشخیص تغییرات پیکسلی تصاویر را از دست خواهد داد و اطلاعات پردازش شده دارای خطای زیادی خواهند بود .

در نمونه تست شده در نور روز و در سطح آسفالت ، به دقت خوب ۱۰ سانتیمتر خطا دست یافته شد و ربات پرنده توانست موقعیت خود را در باد تقریبا شدید به خوبی حفظ نماید

با استفاده از سنسور های فاصله سنج لیزری با دقت بالا توانایی ربات پرنده در حفظ موقعیت خود افزایش خواهد یافت و همچنین با افزایش میزان فاصله قابل اندازه گیری توسط سنسور فاصله سنج ربات پرنده در ارتفاع های بالاتر هم موقعیت خود را حفظ خواهد نمود و همچنین در صورت استفاده از سیستم گیمبال برای سنسور اپتیکال فالو میزان خطاهای محاسباتی از لحاظ تغییر زاویه های ناخواسته ی شدید نیز به شدت کاهش خواهد یافت.

۵. مراجع

1. J. Xiang, Y.Liu, Z.Luo “Flight safety measurements of UAVs in congested airspace” Chinese Journal of Aeronautics, Volume 29, Issue 5, October 2016, Pages 1355-1366
2. R.Purta, M.Dobski, A.Jaworski, G.Madey “A Testbed for Investigating the UAV Swarm Command and Control Problem Using DDDAS” Procedia Computer Science, Volume 18, 2013, Pages 2018-2027
3. F.Outamazirt, L.Fu, Y.Lin, N.Abdelkrim “A new SINS/GPS sensor fusion scheme for UAV localization problem using nonlinear SVSF with covariance derivation and an adaptive boundary layer” Chinese Journal of Aeronautics, Volume 29, Issue 2, April 2016, Pages 424-440
4. J.Kelly, S.Saripalli , S. Sukhatme “Combined Visual and Inertial Navigation for an Unmanned Aerial Vehicle” University of Southern California
Los Angeles, California, USA 90089-0781

همایش ملی کاربردهای سیستم‌های مکاترونیک و رباتیک



5. T.LayhJordan, L.Demoz ,G.Egziabher “GPS-Denied Navigator for Small UAVs
“University of Minnesota UAV Laboratory 110 Union St, SE Minneapolis, MN 55455
October 8, 2014

6. A.Bulgakov, A.Evgenov, C.Weller “Automation of 3D Building Model Generation
Using Quadrotor “Procedia Engineering, Volume 123, 2015, Pages 101-109

7. Y.Mohd Mustafah, A.Wong Azman, F.Akbar “Indoor UAV Positioning Using Stereo
Vision Sensor” Procedia Engineering, Volume 41, 2012, Pages 575-579