نشریه علمی علوم و فنون نوین هوانوردی
سال ۱ شماره ۲،تابستان ۱۴۰۳

کاهش مصرف انرژی در روش کنترل و هدایت کوادروتورها در بستر شبکه ارتباطی بی سیم

ایمان شفیعی نژاد*[۱] جمشید سرداری[۲]
۱- دکترای تخصصی پژوهشگاه هوافضا وزارت علوم تحقیقات و فناوری
۲- دانشجوی دکترای دانشگاه علوم و فنون شهید ستاری
(دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۴/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۷)

چکیده

در این مقاله به بررسی چگونگی کاهش انرژی مصرفی کوادروتورها بر بستر شبکه ارتباطی بی سیم در انجام ماموریت‌های کشاورزی پرداخته خواهد شد. کوادروترها مانند یک شبکه حسگر بی سیم هستند که مصرف انرژی و قابلیت آنها به دلیل دارا بودن قدرت مانور بالا، کاهش هزینه تولید و نگهداری، کاهش احتمال شناسایی توسط رادار، طولانی‌تر بودن مدت پرواز و کاهش خطر برای خدمه پرواز به‌خصوص در انجام مأموریت‌های نظامی در مقابل پرنده‌های از مزیت بالاتری برخوردار بوده و از اهمیت به سزایی دارد. مزیت استفاده ازاین‌گونه وسایل در محیط‌های ناهموار و شلوغ برای اهداف گوناگون و نبود راه‌حلی معین، اهمیت تحقیق در این زمینه را روشن می‌سازد لذا در این مقاله به کاهش مصرف انرژی شبکه تبادل اطلاعات کوادروترها پرداخته شده است. در این تحقیق یک آنالوژی مابین هر کوادروتر و یک زنبور عسل در روش بهینه سازی زنبور عسل ایجاد شده است. بر اساس روش بهینه سازی زنبور عسل و الگوریتم کلونی زنبور عسل که یکی از الگوریتم های هوش ازدحامی بسیار مناسب بوده و آنالوژی ایجاد شده به کاهش میزان مصرف انرژی در شبکه ارتباطی کوادروترها کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: کاهش مصرف سوخت، هدایت کواد روتورها، شبکه ارتباطی بیسیم، ماموریت‌های کشاورزی

* پست الکترونیک نویسنده مسئول[۱]: ishafieenejad@gmail.com

مقدمه

امروزه پرنده‌های بدون سرنشین نقش موثری برای انجام طیف گسترده‌ایی از وظایف را بر عهده دارند. به عنوان مثال می توان به بازرسی از سازه های بلند، اهداف بشردوستانه، ماموریت های جستجو و نجات، امور کشاورزی و یا نظامی اشاره کرد البته انگیزه‌های غیرنظامی هم برای توسعه این وسایل وجود دارد که برای آن می‌توان به عملیات امداد و نجات، نظارت از طریق هوا بر کنترل ترافیک شهری، مدیریت خطرات محیطی نظری آتش‌سوزی در جنگل‌ها، اندازه‌گیری آلودگی به تشعشعات اتمی، نظارت بر عملیات احداث تأسیسات مانند سدها و خطوط انتقال و نیز در زمینه‌های کشاورزی، نقشه‌برداری هوایی و فیلم‌برداری اشاره کرد. بکارگیری کوادروتورها بصورت دسته جمعی، مزایای همچون دستیابی سریعتر و گسترده تر داده ها، توانایی اتمام یک ماموریت حتی در صورت خرابی یکی از کوادروتورها، تقسیم وظایف بین کوادروتورها، قابلیت اطمینان بالاتر و... را در بردارد. برای کنترل وهدایت کوادروتورها بصورت دسته جمعی و انجام وظایف مختلف در ماموریت ها که نیاز به حفظ و تغییر آرایش، عبور از موانع و دنباله روی مسیر می باش، نیازمندروش‌ها و الگوریتم‌های بهینه شده با رویکرد محاسبات پویا می باشد. در این میان مصرف انرژی کوادروتورها در بستر شبکه ارتباطی طراحی شده موضوع بسیار مهم و تاثیرگذاری خواهد بود. بهینه سازی و بکارگیری روش مناسب در کاهش انرژی مصرفی،افزایش راندمان کاری کوادکوپتر مانند افزایش مداومت پروازی، ظرفیت بار قابل حمل[۱]، کاهش وزن کوادکوپتر بدلیل استفاده از باطری کوچک‌تر را در پی خواهد داشت و ساده بودن سیستم مکانیکی این وسیله اصلی‌ترین مزیت آن نسبت به دیگر وسایل هوایی بالگرد می‌باشد. در برخی بالگردهای معمولی، جهت انجام حرکت رو به جلو و حرکت عرضی باید زاویه روتور اصلی نسبت به بدنه تغییر کند. بنابراین اعمال این تغییر زاویه به روتور اصلی نیازمند تعبیه یک مکانیزم اضافه‌تر از قبیل سیستم هیدرولیکی بوده که پیچیدگی سیستم مکانیکی را افزایش داده و به‌تبع آن وزن کل وسیله بالاتر رفته و خرابی و نیاز به تعمیرات دوره‌ای افزایش چشم‌گیری پیدا می‌کند. این در حالی است که در کوادروتور نیروی حاصل از گردش روتورها همیشه به بدنه اصلی عمود بوده و تمامی حرکات مانوری بدون تغییر زاویه روتورها امکان‌پذیر است. این مسئله باعث حذف مکانیزم تغییر زاویه روتورها و سادگی سیستم کنترلی می‌شود. در نتیجه آن انجام ماموریت‌های متنوع امکان پذیر خواهد بود. به دلیل ساختار مکانیکی ساده، مانورپذیری بسیار بالا، ظرفیت حمل بارمناسب و اندازه کوچکی که مولتیروتورها نسبت به سایر همنوعان خود دارند آنها توانسته‌اند که بیشترین توجه را در میان پهپادها به خود جلب کنند. اگرچه در سالهای اخیر تحقیقات بسیاری زیادی در مورد مولتی روتورها و بخصوص کوادروتورها انجام شده است اما سیستم به شدت غیرخطی و معادلات حرکت به هم وابسته آنها باعث شده تا هنوز هم مورد توجه بسیاری از محققین باشند و به همین دلیل هنوز تحقیقات بر روی طراحی یک کنترلر پایدار موثری که بتواند از عهده دینامیک‌های مدل نشده، برهمکنش بین زیرسیستم‌ها، عدم دقت در اندازه گیری پارامترها، نویزپذیری سنسورها، اغتشاشات خارجی، پارامترهای فیزیکی متغیر و کم عملگری مکانیکی مولتی روتورها برآید، در حال بررسی است. در اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی با پیشرفت دانش الکترونیک و در حالی که توسعه مولتی روتورها تا آن زمان برای حالتهای سرنشیندار خود متوقف شده بود مولتی روتورها بار دیگر ولی این بار در ابعاد کوچک و در قالب نمونههای بدون سرنشین مورد توجه محققین قرار گرفتند. تقریبا میتوان گفت که اولین نمونه ثبت شده از این مولتیروتورها، یک نمونه کوچک چهارروتوره رادیوکنترلی به نام ژیروساکر ۲ است که در همان سالها و در ژاپن فروخته شد (آموزش مک گراوهیل، ۲۰۱۴).

از آن به بعد ساخت مولتیروتورهای بدون سرنشین تبدیل به یک موضوع جذاب در سراسر دنیا گردید و نخستین مدل دینامیکی یک کوادروتور در سال ۲۰۰۲، توسط آلتاگ و همکارانش و با استفاده از روش نیوتن اویلر بدست آمد (اوستروفسکی و همکاران، ۲۰۰۲).

---

[۱] *Payload*

پس از آن به تدریج مدلسازی مجموعه پیشرانش و موتورهای کوادروتورها نیز وارد کار محققین شد تا به این صورت مدل دینامیکی واقعیتر و کاربردی باشد. نکته مهم دیگری که در مدلسازی دینامیک کوادروتورها قابل ذکر است آن است که روابط دینامیکی کوادروتورها وابستگی زیادی به نوع کاربری آنهادارد. عموما یک فرض مشترک در مدلسازی کوادروتورها استفاده از چرخشهای کوچک در مانور پروازی آنهاست؛ اما اگر هدف شما ساخت یک کوادروتور با توانایی مانورهای شدید و آکروباتیک باشد باید از مدل دینامیکی بسیار پیچیده تری استفاده نمود(مجله بین المللی تحقیقات رباتیک، ۲۰۱۲).

به کارگیری کوادروتور ها در زمینه کشاورزی

امروزه کوادروتورها دارای فراوانی می‌باشند که وسایل بال ثابت از آن‌ها برخوردار نیستند. از جمله این قابلیت‌ها می‌توان به فرود و صعود عمودی در جا، ثابت ماندن در مکانی خاص از فضا، پرواز در فاصله بسیار نزدیک اشیا و موانع، امکان پرواز در محیط‌های سربسته و همچنین مانور پذیری بالا اشاره کرد. اما در کنار این قابلیت‌ها این وسایل نسبت به وسایل بال ثابت دارای عیوبی می‌باشند که از آن جمله می‌توان به ناپایدارتر بودن این وسایل هنگام پرواز و سرعت پائین آن‌ها در پرواز مستقیم رو به جلو اشاره کرد. پیشرفت های تکنولوژیکی در سیستم های نظارت، مدیریت و کنترل، رویکردی جدیدی را پیش روی ما گذاشته است که در آن بسیاری از شیوه های کشاورزی سنتی منسوخ شده اند. جایگزینی آن‌ها با فناوری‌های جدید در دسته «کشاورزی دقیق» قرار می‌گیرد که به معنای اعمال متغیرهای زراعی در مکان مناسب، در زمان مناسب و با کنترل دقیق بر میزان نهاده‌های مواد یا تولید محصول است. استفاده از کوادروتورها یکی از تکنیک های کشاورزی دقیق و مدرن است که امکان تجزیه و تحلیل سریع و غیرمخرب کاشت، داشت و برداشت محصول را فراهم می کند (ایپیت و همکاران، ۲۰۱۵. استپانیان و همکاران، ۲۰۰۶).

کودها و سموم کشاورزی و مواد شیمیایی اغلب برای کشتن حشرات و رشد محصولات مورد نیاز است. سازمان بهداشت جهانی تخمین می زند که سالانه بیش از ۱ میلیون مورد آفت کش برای از بین بردن آفات در حوزه کشاورزی استفاده خواهد شد. به این ترتیب پیش بینی، عوارض و مشکلات بوجود آمده در اثر استفاده نابجا از این سموم در طیف گسترده و به تعداد زیاد، دور از انتظار نخواهد بود. از آثار سوء بوجود آمده در اثر االستفاده از آفت کش ها شامل: آسم، آلرژی و حساسیت مفرط و قرار گرفتن در معرض آفت کش ها در معرض سرطان، اختلال در هورمون ها و مشکلات تولید مثل و رشد جنین است (ماوروونیوتیس و همکاران، ۲۰۱۷. مترلر و همکاران، ۲۰۱۰).

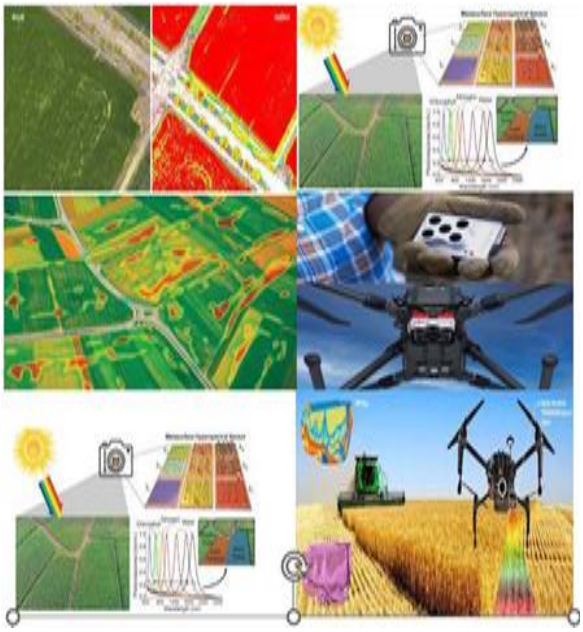
همچنین آفت کش ها ممکن است پوست و چشم را تحریک و عاملی برای ابتلا به سرطان باشند. قرار گرفتن در معرض آفت کش ها می تواند طیف وسیعی از اثرات سلامت عصبی در بدن مانند از دست دادن حافظه، از دست دادن هماهنگی، کاهش سرعت پاسخ به محرک ها، کاهش توانایی بینایی، تغییر یا غیرقابل کنترل خلق و رفتار عمومی و کاهش مهارت های حرکتی ایجاد کند. با استفاده از کوادروتورها امکان سم پاشی، گرده افشانی و کودپاشی مزارع و باغات بصورت بهینه و سرعت بسیار بالا انجام خواهد شد. از دیگر مزایای بکارگیری کوادروتورها می توان به کاهش هزینه ها در مصرف سموم، هزینه های نیروی انسانی و افزایش بهره‌وری در برداشت محصول می‌شود. کوآدکوپترهایی که قابلیت حمل سامانه سم پاشی و گرده افشانی را دارند به کمک سامانه تصویربرداری و دور سنجی از منطقه کشاورزی تصاویر هوایی را تهیه و مناطق نیازمند سم پاشی شناسایی میشود (مویدی و همکاران، ۲۰۱۸. مویدی و همکاران، ۲۰۱۹).

بعضی از پهپاد ها از طریق تابش نور مادون قرمز قابل مشاهده به محصولات کشاورزی می توانند آن ها را اسکن کنند. پس از آن دستگاه های پردازش نور داخلی مقادیر نور سبز و نزدیک به مادون قرمز منعکس شده از گیاهان را مشخص می کنند. اطلاعات به دست آمده از این پردازش ها نیز به منظور تهیه تصاویر چند طیفی مورد استفاده قرار می گیرند و وضعیت سلامت محصولات را شرح می دهند. علاوه بر آن مقایسه این گونه تصاویر در بازه های زمانی مختلف امکان پیش بینی سلامت گیاهان را فراهم می کند و در صورت تشخیص بیماری، در طول فرایند برنامه ریزی و مدیریت درمان به شما کمک می‌کنند.

بطور خلاصه مزایای استفاده از کوادروتورها به شرح زیر می باشد:

- نیروی انسانی، بطور مستقیم درگیر عملیات سمپاشی نخواهند شد.
- میزان اتلاف سموم و کودهای مورد نظر بسیار کمتر خواهد بود.
- از نظر بهره وری با میزان کمتری از سموم و کود های کشاورزی، مساحت بیشتری سمپاشی و کود پاشی میشود.
- سرعت بسیار بیشتر در انجام عملیات سمپاشی و کود پاشی.
- سهولت در انجام سم پاشی در مناطقی که دستیابی به ان مشکل است.
- هزینه بسیار کمتر نسبت به استفاده از هواپیماهای سم پاش.
- داده های ماهواره ای روش پرهزینه در سنجش از دور در کشاورزی است و همچنین دستیابی به داده های سنجش از دور در زمان واقعی با ماهواره امکان پذیر نیست.
- سناریوهای اضطراری را می توان کارآمدتر مدیریت کرد، زیرا کوادروتورها انعطاف پذیری خوبی را ارائه می دهند.

در تصویر شماره ۱ نحوه بکارگیری کواد روتورها در تشخیص و شناسایی مناطق مورد نیاز برای سم پاشی و کود پاشی نشان داده شده است (مویدی و همکاران، ۲۰۱۹).



تصویر شماره ۱. نحوه بکارگیری کواد روتورها در تشخیص و شناسایی مناطق مورد نیاز برای سم پاشی و کود پاشی

۲-۱-تجزیه و تحلیل خاک مزرعه با پهپادهای نقشه بردار

بعد از ورورد کوادروتور کشاورزی، انواع متفاوتی از مولتی روترها برای انجام کارهای مختلف به وجود آمد. در حال حاضر با استفاده از کوادروتور کشاورزی می‌توان فرآیند کاشت تا برداشت محصول را به طور اتوماتیک مدیریت کرد. نقشه برداری هوایی از اولین کارهایی است که قبل از کاشت بذر انجام می شود. کوادروتورهای نقشه بردار می توانند علاوه بر نقشه برداری، از خاک مزرعه هم نمونه برداری کنند. نمونه برداری خاک به کشاورزان کمک می کند تا میزان حاصل خیزی، فرسایش و رطوبت را اندازه گیری کنند. معمولا نقشه برداری و نمونه گیری به صورت دوره ای انجام می شود. زمانی که نتایج دوره ای را بررسی کنیم می توان تغییرات را در زمین کشاورزی اندازه گرفت. اندازه گیری به کشاورز کمک می کند تا بتواند محصولات با کیفیت تری را تولید کند. معمولا نقشه برداری به کمک کوادکوپتر دوربین‌دار صورت می گیرد.

۳– چالش های شبکه های حسگر بی سیم

به طور کلی شبکه های حسگر با مسائل فنی از قبیل پردازش داده، ارتباطات و مدیریت حسگرها روبرو هستند و از دلائلی که سبب به وجود آمدن این مسائل شده است می توان به استفاده از این شبکه ها در محیط های خشن (گرما و سرمای زیاد)، نا معین و دینامیک و همراه با محدودیت های پهنای باند و انرژی اشاره کرد. همین عوامل سبب شده است تا شبکه های موردی (بدون زیر ساختار) در مسیریابی و کنترل شبکه، پردازش اطلاعات مشترک، روش های تقاضا و انجام وظایف خود دچار مشکل گردند. آگاهی از ویژگیهای شبکه، یکی از اصول اساسی در عملکرد صحیح حسگرهاست. هر گره لازم است که از مشخصات و محل همسایگان خود آگاهی یابد تا بتواند با آنها تبادل اطلاعات داشته باشد .توپولوژی ذاتی شبکه حسگر، توپولوژی گراف است. به دلیل این که ارتباط گره ها بی سیم و به صورت پخش همگانی است و هر گره با چند گره دیگر که در محدوده برد آن قرار دارد ارتباط دارد، الگوریتمهای کارآ در جمع آوری داده و کاربردهای ردگیری اشیا شبکه را درخت پوشا در نظر می گیرند. چون ترافیک اصولاً به فرمی است که داده ها از چند گره به سمت یک گره حرکت می کنند، مدیریت توپولوژی باید با دقت انجام شود. یک مرحله اساسی مدیریت توپولوژی، راه اندازی اولیه شبکه است. گره هایی که قبلاً هیچ ارتباط اولی های نداشته اند، در هنگام جایگیری و شروع به کار اولیه باید بتوانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. الگوریتم های مدیریت توپولوژی در راه اندازی اولیه، باید امکان عضویت گره های جدید و حذف گره هایی که به دلائلی از کار می افتند را فراهم کنند. پویایی توپولوژی از خصوصیات شبکه های حسگر است که امنیت آن را به چالش می کشد. ارائه روش های مدیریت توپولوژی پویا به طوری که موارد امنیتی را هم پوشش دهد از موضوعاتی است که جای کار زیاد دارد.

۴–توان مصرفی گره ها در شبکه حسگر بی سیم

گره های شبکه حسگر باید توان مصرفی کم داشته باشند. گاهی منبع تغذیه، یک باتری ۲/۱ ولتی با انرژی ۵/. آمپرساعت است که باید توان لازم برای مدت طولانی مثلاً ۹ ماه را تامین کند. در بسیاری از کاربردها، باتری گره قابل تعویض نیست. لذا عمر باتری عملاً عمر گره را مشخص میکند. به علت این که یک گره علاوه بر گرفتن اطلاعات (توسط حسگر) یا اجرای یک فرمان(توسط کارانداز) به عنوان رهیاب نیز عمل می کند، لذا بد عمل کردن گره باعث حذف آن از توپولوژی شده و سازماندهی مجدد شبکه و مسیردهی مجدد بسته عبوری را در پی خواهد داشت .

۴–۱–شبکه حسگر بیسیم

در سال های اخیر، پیشرفت فنّاوری مخابرات و صنعت قطعات الکترونیکی خرد منجر به ساخت حسگر های کوچک و ارزان قیمت شده است که از طریق شبکه بی سیم با هم در ارتباط هستند. گره های حسگر موجود در شبکه حسگر بی سیم با چالش های مختلفی از قبیل انرژی محدود، قدرت پردازش پایین و حافظه کم روبرو هستند و استفاده بهینه از تمامی عناصر این شبکه، خصوصاً منبع تغذیه حسگر موضوع مهمی است امروزه به طور گسترده، از اتصالات داخلی برای اندازه گیری متغیرهای مختلف محیط استفاده میشود. شبکه حسگر بی سیم نوعی از این اتصالات داخلی هست که روشی کلیدی برای بدست آوردن اطلاعات از مکان های کوچک و بزرگ ارائه می دهد. ادغام حسگری و ارتباط بی سیم منجر به ظهور شبکه های حسگر بیسیم شده است. بر این اساس انتظار می رود استفاده تجاری از شبکه های حسگر بی سیم به طور چشمگیری افزایش یابد.

۵– بهینه سازی بکارگیری کواد روتورها بر بستر شبکه بی سیم

بهینه‌سازی اهمیت زیادی در بسیاری از شاخه‌های علوم دارد. برای حل و بررسی یک مساله بهینه‌سازی، در ابتدا باید آن را مدل نمود. مدل کردن به این معنی است که مساله با متغیرها و روابط ریاضی توصیف شود، به طوری که مساله بهینه سازی را شبیه‌سازی کند.برای این کار نیازمند در نظر گرفتن مولفه‌هایی مانند متغیر بهینه سازی، متغیر تصمیم، تابع هدف، قیود مربوط به متغیرهای تصمیم و دامنه‌های متغیر کل فضا می باشد. به‌طور خلاصه، یک مساله بهینه‌سازی در فضای جست و جو تعریف می‌شود. این فضا در واقع ناحیه‌ای است که در آن راهکار مسئله به دست می آید.روش‌های متفاوتی

برای حل مسائل بهینه‌سازی، طراحی و پیاده‌سازی شده است. از روش‌های کلاسیک، عددی و دینامیکی گرفته تا روش‌های مدرن یا مکاشفه‌ایی که بسته به شرایط کاربردهای متفاوتی خواهند داشت. در این تحقیق روش مدرن بعنوان روش بهینه سازی برای کاهش مصرف در شبکه بی‌سیم کوادروتورها در نظر گرفته شده است. روش های مدرن، دسته‌ای از الگوریتم‌ها می‌باشند که از طبیعت و یا نحوه تکامل موجودات زنده الهام گرفته‌اند از جمله‌ی این الگوریتم‌ها می‌توان به الگوریتم ژنتیک، الگوریتم مورچگان و... اشاره کرد.

از مشخصه‌های این الگوریتم‌ها می‌توان موارد زیر را برشمرد:

- معمولا به فرضیاتی روی مساله از قبیل مشتق‌پذیری، محدب بودن و غیره نیاز ندارند. بنابراین این روش‌ها را می‌توان روی طیف وسیعی از مسائل اعمال نمود.
- عموما، روش‌های مدرن سراسری و بدون مشتق می‌باشند.
- این روش‌ها برای مسائل پیوسته و گسسته قابل استفاده می‌باشند. اصولا این روش‌ها برای مسائل گسسته مناسب‌تر می‌باشند.
- معمولا هیچ پشتوانه مبتنی بر ریاضی برای عملکرد و همگرایی این روش‌ها به جواب بهینه وجود ندارد. اما در عمل همگرایی خود را نشان داده‌اند.

الگوریتم کلونی زنبور عسل یکی از الگوریتم های هوش ازدحامی[۲] بسیار مناسب برای تحقیق ما می باشد. هوش ازدحامی، یک زمینه از هوش محاسباتی[۳] است که برای ساخت و توسعه سیستم‌های هوشمند چندعامله الهام گرفته از زیست، استفاده می‌شود. این رویکرد از رفتار تجمعی عامل‌های طبیعی مانند دسته پرندگان و ماهی‌ها برای ساخت الگوریتم‌ها الگوبرداری کرده است. ثبات شده که چنین الگوریتم‌هایی در حل مسائل جهان واقعی عملکرد بسیار موثری دارند. از جمله مسائلی که با استفاده از الگوریتم‌های هوش ازدحامی قابل حل هستند می‌توان به خوشه‌بندی، نگاشت سیاره‌ای، کنترل نانو ربات‌ها و گستره‌ای از مسائل داده‌کاوی مانند انتخاب ویژگی و دسته‌بندی اشاره کرد. به بیان ریاضی، برای حل مسائل بهینه‌سازی جهان واقعی با استفاده از الگوریتم‌های محاسباتی هوشمند، نیاز به یک ارائه ریاضی‌وار از مساله وجود دارد که به آن تابع هدف[۴] گفته می‌شود. تابع هدف در واقع قواعد ریاضی است که مساله و همه متغیرهای تصمیم آن را تشریح می‌کند. به‌طور خلاصه، یک مساله بهینه‌سازی در فضای جست و جو تعریف می‌شود. این فضا در واقع ناحیه‌ای است که در آن به‌دنبال راهکار گشته می‌شود و شامل یک مجموعه از متغیرهای تصمیم است که خود حاوی همه پارامترهایی هستند که مساله و به‌ویژه تابع هدف را تحت تاثیر قرار می‌دهند. تابع هدف، با ریاضیات مساله را قاعده‌گذاری کرده و حجم خوبی از راهکارهای کاندید برای آن را ارائه می‌کند. هدف یک مساله بهینه‌سازی، پیدا کردن بهترین راهکار از میان کلیه راه حل‌های امکان‌پذیر است. این یعنی در مساله بهینه‌سازی هدف یافتن کمینه یا بیشینه برای تابع هدف است. به عبارت دیگر، هدف پیدا کردن یک مجموعه از متغیرهای تصمیم ورودی محسوب می‌شود که برابر با کمینه یا بیشینه مقدار تابع هدف است و به آن «مقدار تناسب» نیز می‌گویند. هوش ازدحامی را این چنین تعریف می‌کنند. «هر گونه تلاش برای طراحی الگوریتم ها یا دستگاه های حل مسئله توزیع شده الهام گرفته از رفتار جمعی کلونی های جوامع حیوانی» اصلاح ازدحام به طور کلی به مجموعه ای از تعامل عوامل یا افراد اشاره دارد. کلونی مورچه، ازدحام پرندگان و یا زنبورها یک نمونه ساده ای از سیستم جمعیتی است. نمونه دیگر از هوش جمعی کلونی زنبور عسل در اطراف کندو است.روش‌های گوناگونی به مدل رفتار هوشمند خاص ازدحام زنبور عسل پیشنهاد شده است و برای حل مسایل از نوع ترکیبی استفاده شده است. تئودور واس به استفاده از هوش جمعی زنبور در توسعه سیستم‌های مصنوعی با هدف حل مسایل پیچیده در

---

[۲] *Swarm Intelligence (SI)*
[۳] *Computational Intelligence (CI)*
[۴] *Objective Function*

ترافیک و حمل ونقل پیشنهاد داده است. تئودور واس همچنین پیشنهاد کرد بهینه سازی متا اکتشافی کلونی زنبور عسل[۵] قادر به حل قطعی مسائل ترکیبی، و همچنین مسائل ترکیبی با مشخصه عدم قطعیت است.

۵-۱-الگوریتم کلونی زنبور عسل مصنوعی

الگوریتم کلونی زنبور عسل مصنوعی(ABC) ، یک راهکار بهینه‌سازی است که رفتار یک کلونی زنبور عسل را شبیه‌سازی می‌کند و برای اولین بار در سال ۲۰۰۵ توسط کارابوگا[۶] برای بهینه‌سازی پارامتر واقعی ارائه شد. در این مدل ریاضی، کلونی زنبور عسل مصنوعی دارای سه نوع زنبور است. زنبورهای کارگر روی گردآوری غذا و آوردن آن به کندو از یک منبع غذایی خاص کار می‌کنند. زنبورهای ناظر در میان کارگرها گشت می‌زنند تا تشخیص دهند یک منبع غذایی همچنان ارزش استفاده دارد یا خیر و در نهایت زنبورهای دیده‌بان که به‌دنبال کشف منابع غذایی جدید هستند. در الگوریتمABC ، یک منبع غذایی به عنوان حالتی در فضای جست‌وجو تعریف می‌شود (یک راهکار برای مساله بهینه‌سازی)، و تعداد منابع غذایی در ابتدا برابر با تعداد زنبورهای موجود در کندو است. کیفیت منابع غذایی توسط مقدار تابع هدف در آن موقعیت (مقدار تناسب) تعیین می‌شود.

رفتار هوشمند ناپایدار زنبورهای عسل را می‌توان در چند گام زیر خلاصه کرد:

زنبورها تلاش می‌کنند تا به صورت تصادفی در محیط به‌دنبال منابع غذایی خوب بگردند (مقدار تناسب). پس از یافتن یک منبع غذایی، آن‌ها تبدیل به زنبورهای کارگر می‌شوند و شروع به استخراج غذا از منبع یافت شده می‌کنند. وزنبور کارگر با شهد به کندو باز می‌گردد و بار شهد خود را خالی می‌کند. پس از خالی کردن آن، می‌تواند مستقیما به منبع کشف شده خود باز گردد یا اطلاعاتی که درباره منبع غذاییش دارد را با اجرای یک رقص گردون در ناحیه رقص به اشتراک بگذارد. اگر یک منبع غذایی خالی شد، زنبوران کارگر به دیده‌بان مبدل شده و به جست و جوی تصادفی برای منابع غذایی می‌پردازند. زنبورهای ناظر در کندو منتظر مانده و زنبورهای کارگر را در منابع غذایی گردآوری کرده‌شان مورد نظارت قرار می‌دهند و از میان منابع غذایی موجود با بیشترین سود، یک منبع را انتخاب می‌کنند. انتخاب منابع غذایی متناسب با کیفیت آن منبع (مقدار تناسب) است. با اینکه سه نوع از زنبورهای عسل موجود در کلونی معرفی شدند، در مرحله پیاده‌سازی تنها دو نوع زنبور وجود دارد که زنبورهای کارگر و ناظر هستند. در واقع زنبور دیده‌بان یک رفتار اکتشافی است که می‌تواند توسط زنبورهای کارگر و ناظر انجام شود. توجه به این نکته لازم است که هر یک از گام‌های الگوریتم در یک متد جدا پیاده‌سازی شده‌اند. در ابتدا، پارامترهای داخلی الگوریتم ABC پیاده‌سازی شده و زنبورهای کارگر و ناظر در موقعیت‌های تصادفی قرار گرفته‌اند. یک استراتژی پیش‌فرض که در مسائل جهان واقعی موفق عمل کرده این است که نیمی از کندو به عنوان زنبورهای کارگر و نیمی دیگر به عنوان زنبور ناظر در نظر گرفته شوند.

۵-۱-۱-زنبورهای مصنوعی

به منظور آغاز ساخت الگوریتم، ابتدا باید راهکاری برای ارائه عامل زنبور وجود داشته باشد. سه کارکرد اصلی وجود دارد که هر زنبوری باید دارای آن‌ها باشد. اگر زنبوری به دلیل رفتار اکتشافی به خارج از ناحیه تصمیم می‌رود باید توانایی بازگشت به کندو را داشته باشد. توانایی به روز رسانی وضعیت منبع غذایی کنونی که زنبور روی آن کار می‌کند و ارزیابی اینکه آیا در همسایگی، ناحیه‌ای با منبع غذایی بهتر وجود دارد یا خیر است. مورد تشخیص این است که یک منبع غذایی خالی شده و اکنون زنبور باید به یک دیده‌بان مبدل شود و به دنبال منابع غذایی جدید بگردد.

۵-۱-۲-زنبور کارگر

رفتار اصلی زنبور کارگر استخراج غذا از یک منبع غذایی است که در آن کارگران تا مرحله خالی شدن منبع کار می‌کنند. در مرحله پیاده‌سازی، این رفتار را می‌توان به عنوان ساخت موقعیت‌های جدید در نزدیکی جایی که زنبورهای کارگر مشغول

---

[۵] *Bee Colony Optimization (BCO)*

[۶] *Karaboga*

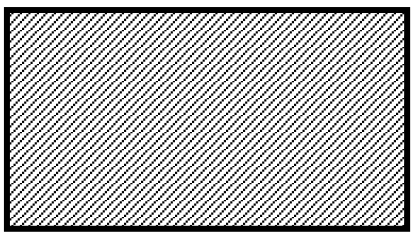
کار هستند دید و ارزیابی کرد که آیا این موقعیت جدید مقدار بهتری غذا فراهم می‌کند؟ زنبورهای کارگر همیشه موقعیت بهترین منابع غذایی که به دست آورده‌اند را تا پیش از خالی شدن آن، به خاطر می‌سپارند.

۵-۱-۳-زنبورهای ناظر

زنبورهای ناظر از عملکرد زنبورهای کارگر پاسداری می‌کنند. آن‌ها بر فراز کندو پرواز کرده، پیشرفت کار زنبورهای کارگر را مورد بررسی قرار داده و ارزیابی می‌کنند که کدام کارگرها در گردآوری غذا موفق‌تر عمل کرده‌اند. زنبورهای ناظر همیشه بهترین کارگران را هدف می‌گیرند و از یک رویکرد احتمالی، با عنوان «محل ملاقات»، استفاده می‌کنند که بر اساس آن دیگر زنبورها نیز با این امید که غذای بیشتری گردآوری کنند باید به این موقعیت موفقیت بیایند.

۶-معرفی شبکه بی سیم کوادروتورها

شبکه بی‌سیم کوادروتورها مجموعه ای است از تعدادی گره حسگر نصب شده برروی کواد روتورها با ابعاد کوچک و قابلیت های مخابراتی و محاسباتی،که به منظور جمع آوری و انتقال اطلاعات از یک محیط به سمت یک کاربر و یا ایستگاه پایه به کاربرده می شود. پیشرفت های اخیر در فناوری ساخت مدارات مجتمع در اندازه های کوچک از یک سو و توسعه فناوری ارتباطات بیسیم از سوی دیگر، زمینه ساز طراحی شبکه های حسگر بی سیم کوادروتورها گردیده است. شبکه حسگر بی سیم کواد روتورها، یک تک منظوره است. منظور از تک منظوره بودن این شبکه ها آن است که نیازمندی ها و شرایط طراحی یک شبکه حسگر بی سیم بسته به کاربرد آن متفاوت خواهد بود و قابلیت استفاده مستقیم برای هدایت و کنترل بهینه کوادروتورها را خواهد داشت. شبیه سازی کنترل و هدایت کوادروتورها با الگوبرداری از منطق رفتاری زنبور عسل بر بستر شبکه بیسیم کمینه سازی مصرف انرژی را در بر خواهد داشت. در شبیه سازی فوق کوادروتورها عنوان زنبورها در استفاده از منطق زنبورهای عسل در نظر گرفته شده است. جابجایی سیگنال ها بین حسگرهای بیسیم روی کوادروتورها به صورت یک حرکت جمعی زنبورهای عسل در نظر گرفته شده است. نقطه‌ی (x* y*) به عنوان نقطه‌ای در نظر گرفته شده است که سیگنالها می خواهند به آن برسند، لذا معیار بهینگی رسیدن به مقصد یا بهترین شهد در گلستان (از نظر رفتار زنبورهای عسل) است. فضای حرکت یا بازه جستجو یک فضای مربعی سه بعدی در نظر گرفته شده است. این فضا توسط باندهای پایین و بالا که که در الگوریتم اشاره شده در نظر گرفته شده است لذا این فضا به فرم شکل شماره ۲ تعریف شده است:



شکل شماره ۲.فضای حرکت سه بعدی کوادروتورها

x_1=lower bound for x
x_2=upper bound for x
y_1=Lower bound for y
y_2=upper bound for y

قابل ذکر است که شکل بالا به فضای ۳ بعدی قابل تعمیم است. از آنجایی که در الگوریتم زنبور عسل در چرخه اول برای زنبورهای عسل یک رفتار تصادفی در نظر گرفته می‌شود، این موضوع در شبیه سازی فوق به این صورت در نظر گرفته شده است.ابتدا یک سری نقاط تصادفی در ناحیه مفروض انتخاب می‌گردد این نقاط تصادفی اولیه می‌شود نقاط ابتدایی جابجایی سیگنالها، سپس براساس سرعت در راستای x ,y که با v,u نمایش داده و مسئله ادامه داده می شود. لذا با

مشخص شدن سرعت، که میزان آن براساس سرعت جابجایی است (حدود آن در رنج باشد) مکان ثانویه بدست می‌آید. فاصله سه بعدی مابین دو حسگر بیسیم از رابطه شماره (۱) به دست می آید.

$$d = \sqrt{(\Delta x^{۲} + \Delta y^{۲} + \Delta z^{۲})} \qquad (۱)$$

که $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ فاصله بین مکان های حسگرها در سه جهت x, y, z است. از طرف دیگر برای فاصله مبنای $d_{۰}$ فرمول شماره (۲) ارائه می شود:

$$d_{۰} = \sqrt{\frac{\varepsilon_{fs}}{\varepsilon_{mp}}} \qquad (۲)$$

حال در این بخش دو معادله جهت مصرف انرژی ارائه می گردد.

الف) در صورتی که فاصله بین هر دو حسگر بی سیم کمتر از مقدار $d_{۰}$ باشد، از فرمول شماره ۳ استفاده می شود:

$$Efx_{۲} = ۲lElec + ۱۰^{-۴} l\varepsilon_{fs} d^{۲} \qquad (۳)$$

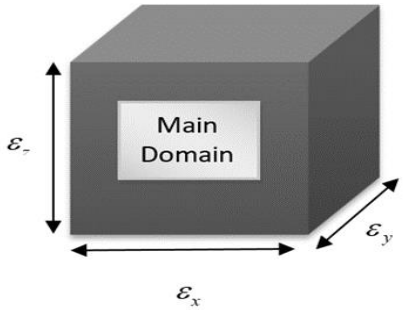
ب) در صورتی که فاصله بین هر دو حسگر بیسیم بزرگتر یا مساوی $d_{۰}$ باشد، از فرمول شماره ۴ استفاده می شود:

$$Efx_{۲} = ۲lElec + ۱۰^{-۴} l\varepsilon_{mp} d^{۴} \qquad (۴)$$

باید توجه کرد که ثوابت جدول بالا بر حسب نانوژول و میکرو ژول است. لذا ضرایب تبدیل ثوابت فوق به ژول در معادلات بالا آورده شده است. لذا با ضرب میزان انرژی در معالدات فوق در 10^{-9} میزان مصرف انرژی بر حسب ژول به دست می آید. از آنجا که این عدد بسیار کوچک است از واحد میکروژول استفاده خواهد شد. به عبارتی در عدد 10^{6} ضرب شده است. بنابراین تابع معیار نهایی مطابق فرمول شماره ۵ می باشد.

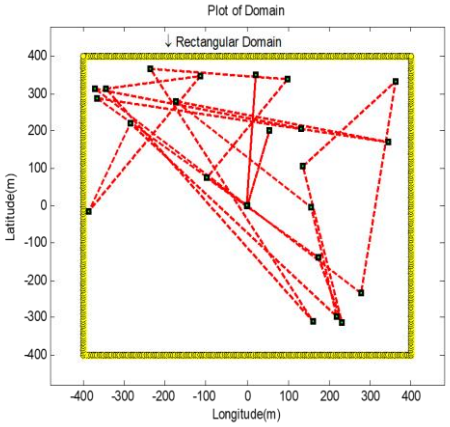
$$J=\{Efx_{۱} or Efx_{۲}\} \times ۱۰^{۶} \text{microjoule} \qquad (۵)$$

در شکل شماره ۳ فضای در نظر گرفته شده به صورت یک مکعب در فضا مد نظر گرفته شده است.

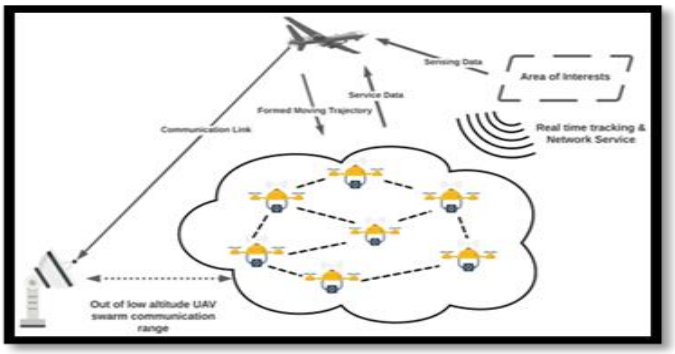


شکل شماره ۳. فضای مکعبی در نظر گرفته شده در فضا

در شکل شماره ۴ شبکه بی‌سیم بهینه شده بین کوادروتورها ترسیم شده است.



شکل شماره ٤. شبکه بی‌سیم بهینه شده بین کوادروتورها (ترسیم دو بعدی)



در شکل شماره ۵ شماتیک کلی بکارگیری کوادروتورها بر بستر شبکه بی سیم نمایش داده شده است.

نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی چگونگی کاهش انرژی مصرفی کوادروتورها بر بستر شبکه ارتباطی بی سیم در انجام ماموریت‌های کشاورزی پرداخته شده است. کوادروترها (آنالوژی با زنبورعسل) مانند یک شبکه حسگر بی سیم هستند که مصرف انرژی آنها اهمیت به سزایی دارد. لذا در این مقاله به کاهش مصرف انرژی شبکه تبادل اطلاعات کوادروترها پرداخته شده است. در الگوریتم زنبور عسل در چرخه اول برای زنبورهای عسل یک رفتار تصادفی در نظر گرفته می‌شود. ابتدا یک سری نقاط تصادفی در ناحیه مفروض انتخاب می‌گردد این نقاط تصادفی اولیه می‌شود نقاط ابتدایی جابجایی سیگنالها، سپس براساس سرعت در راستای x ,y که با v,u نمایش داده و مسئله ادامه داده می شود. لذا با مشخص شدن سرعت، که میزان آن براساس سرعت جابجایی است مکان ثانویه بدست می‌آید. فاصله سه بعدی مابین دو حسگر بیسیم نیز به دبال آن به دست می آید. در این تحقیق یک آنالوژی مابین هر کوادروتر و یک زنبور عسل در روش بهینه سازی زنبور عسل ایجاد شده است. از آنجا که هوش جمعی زنبورهای عسل بهینه است، لذا رفتار کوادروترها مانند زنبورهای عسل است و سبب بهینگی می‌شود. بنابر این بر اساس روش بهینه سازی زنبور عسل و آنالوژی ایجاد شده، میزان مصرف انرژی در شبکه ارتباطی کوادروترها کاهش یافته است.

مراجع

George IPATE,& Gheorghe VOICU.(۲۰۱۵). USE OF DRONES IN PRECISION AGRICULTURE. P.B. Sci. Bull. Series D, Vol. ۷۷, Iss. ٤.Pages:۱-۱۲

Uferah Shafi , &Rafia Mumtaz ,& José García-Nieto.(۲۰۱۹).Precision Agriculture Techniques and Practices: From Considerations to Applications. Sensors ۲۰۱۹, ۱۹, ۳۷۹۶; doi:۱۰,۳۳۹۰/s۱۹۱۷۳۷۹۶

N Delavarpour,& C Koparan, J Nowatzki,& S Bajwa.(۲۰۲۱).A technical study on UAV characteristics for precision agriculture applications and associated practical challenge. mdpi.com.

Luo Q, Yang X, Zhou Y (۲۰۱۹) Nature-inspired approach: an enhanced moth swarm algorithm for global optimization. Math Comput Simul ۱۵۹:۵۷–۹۲

Ma L, Stepanyan V, Cao C et al (۲۰۰۶) Flight test bed for visual tracking of small UAVs. In: AIAA guidance, navigation, and control conference and exhibit, p ٦٦٠٩

Mavrovouniotis M, Li C, Yang S (۲۰۱۷) A survey of swarm intelligence for dynamic optimization: algorithms and applications. Swarm Evol Comput ۳۳:۱–۱۷

Mettler B, Dadkhah N, Kong Z (۲۰۱۰) Agile autonomous guidance using spatial value functions. Control Eng Pract ۱۸:۷۷۳–۷۸۸.

Moayedi H, Hayati S (۲۰۱۸) Modelling and optimization of ultimate bearing capacity of strip footing near a slope by soft computing methods. Appl Soft Comput ٦٦:۲۰۸–۲۱۹

Moayedi H, Hayati S (۲۰۱۸b) Applicability of a CPT-based neural network solution in predicting load-settlement responses of bored pile. Int J Geomech ۱۸:٦۰۱۸۰۰۹

Moayedi H, Rezaei A (۲۰۱۹) An artifcial neural network approach for under-reamed piles subjected to uplift forces in dry sand. Neural Comput Appl ۳۱:۳۲۷–۳۳٦

Moayedi H, Tien Bui D,Gör M et al (۲۰۱۹) The feasibility of three prediction techniques of the artifcial neural network, adaptive neurofuzzy inference system, and hybrid particle swarm optimization for assessing the safety factor of cohesive slopes. ISPRS Int J Geo Inf ۸:۳۹۱

N.Donald, Build Your Own Quadcopter: Power Up Designs with the Parallax Elev-۸, Edition ۱, pp. ۱-٤, United States: McGraw-Hill Education, ۲۰۱٤.

E. Altug, J. P. Ostrow ski, R. Mahony, Control of a Quadrotor Helicopter using Visual Feedback, International Conference on Robotics and Automation IEEE, USA, Washington DC, Vol. ۱, pp. ۷۲–۷۷, May ۱۱-۱۵, ۲۰۰۲.

D. Mellinger, N. Michael, V. Kumar, Trajectory generation and control for precise aggressive maneuvers with quadrotors, The International Journal of Robotics Research, Vol. ۳۱, No. ۵, pp. ۱-۱۱, ۲۰۱۲.

Journal of Modern Aviation and Techniques
Year ۲, Number ۱, summer 2024

Reducing energy consumption in the method of controlling and guiding quadrotors in the wireless communication network

۱st iman shafieenejad ۲nd jamshid sardari

Abstract

In this article, it will be investigated how to reduce the energy consumption of quadrotors on the basis of wireless communication network in carrying out agricultural missions. Quadrators are like a wireless sensor network, whose energy consumption and capabilities due to their high maneuverability, reduced production and maintenance costs, reduced probability of detection by radar, longer flight duration, and reduced risk for flight crews, especially in military missions in They have a higher advantage against birds. Therefore, in this article, reducing the energy consumption of the quadrature information exchange network has been discussed. The advantage of using such devices in uneven and crowded environments for various purposes and the lack of a definite solution, clarifies the importance of research in this field, therefore, in this article, reducing the energy consumption of the quadrature information exchange network has been discussed. In this research, an analogy between each quadrature and a bee has been created in the bee optimization method. Based on the honey bee optimization method and the bee colony algorithm, which is one of the swarm intelligence algorithms, the created analogy helps to reduce the amount of energy consumption in the quadrature communication network

Key words: reducing fuel consumption, steering quad rotors, wireless communication network, agricultural missions