



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

# بهینه سازی پوشش هوایی در مدیریت کشاورزی دقیق: یک رویکرد با الهام از هارمونی

## موسیقی

### چکیده

مسئله برنامه ریزی مسیر پوشش (CPP) متعلق به یک حوزه فرعی از برنامه ریزی حرکت است که در آن هدف، محاسبه خط سیر پوشش کامل از موقعیت اولیه تا نهایی، درون فضای کاری ربات تحت مجموعه ای از محدودیت هاست. این مسئله دارای پیچیدگی - NP کامل است و هیچ راه حل کلی ندارد. علاوه بر این، مطالعات بسیار کمی در ارتباط با این مسئله برای وسایل نقلیه هوایی کاربرد دارند. مطالعات قبلی اشاره می کنند که متغیر مورد نظر تحت بهینه سازی، تعداد دورها است. بنابراین، با به حداقل رساندن تعداد دورها، می توان تضمین می کرد که زمان ماموریت به همین ترتیب به حداقل می رسد. در این مقاله، یک رویکرد برای بهینه سازی این متغیر هزینه پیشنهاد شده است. این رویکرد از یک الگوریتم کاملاً جدید به نام جستجوی هارمونی (HS) استفاده می کند. HS، یک الگوریتم الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر بداهه نوازی نوازنده جاز از طریق یک هارمونی دلپذیر است. در نهایت، نتایج به دست آمده با این روش با نتایج به دست آمده با رویکرد قبلی پیدا شده در نوشته ها مقایسه می شوند.

**کلمات کلیدی:** هواپیماهای بدون سرنشین کوچک، روتور چهارتایی، برنامه ریزی مسیر پوشش، کشاورزی دقیق،

جستجوی هارمونی

### 1. مقدمه

مسئله برنامه ریزی مسیر پوشش، محاسبه یک مسیر است که از طریق تمام نقاط مورد نیاز در فضای کاری از یک نقطه شروع تا نقطه نهایی می گذرد. این مسئله بیشتر به وسایل نقلیه زمینی بدون سرنشین زمین (UGVs) کاربردی در تمیز کردن، کشاورزی، معدن زدایی، و غیره می پردازد.

مسئله پوشش دادن یک منطقه معین با هواپیماهای بدون سرنشین (پهپادهاها UAVها) به طور مستقیم به مسئله فوق مرتبط است. با این حال، مسئله برنامه ریزی مسیر پوشش هوایی (CPP) تحت محدودیت های سخت تر قرار دارد. به طور معمول، در مقایسه با روبات های زمینی، پهپادها دارای چرخه کار محدود هستند (یعنی، زمان ماموریت باید به دقت بهینه سازی شود). علاوه بر این، آنها قادر به بلند شدن و یا فرود در مکان های تصادفی نیستند (موقعیت های اولیه و نهایی معمولاً از پیش تعریف می شوند).

بسته به نوع کاربرد، محدودیت ها مسئله را مختصراً می توان تغییر داد. در اینجا، مسئله پوشش یک منطقه گسترده با شکل نامنظم، برای سر هم بندی هدف در نظر گرفته می شوند. سر هم بندی، روش نقشه برداری یک منطقه کلی توسط دوختن مجموعه ای از تصاویر جغرافیایی به دست آمده است. به منظور دستیابی به این هدف با یک پهپاد، فضای کاری با استفاده از یک شبکه منظم (نوع شبکه Sukarev) نمونه برداری می شود که در آن هر سلول متناظر با یک نمونه تصویر است. بنابراین، یک خط سیر پوشش کامل باید تولید شود تا اطمینان حاصل شود که با حداقل تعداد مورد نیاز دورها، هیچ نقطه ای با توجه به موقعیت های بلند شدن و فرود از پیش تعریف شده بازبینی نمی شود. در این روش، زمان پوشش به حداقل می رسد.

مورد مطالعه ارائه شده بر اساس یک بسته انگور است (شکل 1 را ببینید)، زیرا حوزه های نامنظم شکل برای پرداختن به مسئله مرتبط، بیشتر چالش برانگیز هستند. رویه های سر هم بندی را می توان در بسته های انگور برای وجین، نظارت بر سرما، رسیدگی میوه، و همچنین برای اندازه گیری دیگر پارامترهای بیوفیزیکی مورد نظر اعمال نمود.



شکل 1. بسته تاکستان

سازماندهی این مقاله به شرح زیر است: پس از این مقدمه کوتاه، بخش 2 به بازنگری برخی از آثار مرتبط می پردازد. بخش 3 الگوریتم HS را معرفی می کند و نشان می دهد که چگونه این مسئله CPP با به کارگیری این روش بهینه سازی بررسی می شود. بخش 4 نتایج به دست آمده را ارائه می دهد و یک مقایسه با روش های دیگر را صورت می دهد. در نهایت، بخش 5 نتایج این کار را فراهم می کند.

## 2. کار قبلی

برنامه ریزی مسیر پوشش، یک حوزه گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است، و بسیاری از تکنیک ها و کارها در کتابشناسی ارائه شده اند. دو رویکرد اصلی را می توان با توجه به اجرای الگوریتم در نظر گرفت: برنامه ریزان آنلاین و آفلاین.

طرح های برنامه ریزی آنلاین عمدتاً واکنشی هستند و انعطاف پذیری و استحکام را به سیستم ارائه می دهند. علاوه بر این، آنها به اطلاعات سنسور و نیز یک CPU قوی تر نیاز دارند. این الزامات دارای تاثیر مستقیم در مصرف برق و

همچنین در زمان پرواز مجاز هستند که یک محدودیت حیاتی در علم رباتیک هوایی است. از سوی دیگر، سیستم های آفلاین، غیرواکنشی به تغییرات محیطی هستند، اما کارآمدترین و مناسبترین برنامه ریزی ها را ارائه می دهند. به علاوه، آنها به مصرف توان کمتر روی-برد و استفاده از پردازنده نیاز دارند، در حالی که - در بسیاری از موارد - آنها مسیر / فاصله سرعت پوشش داده شده را بهینه سازی می نمایند. اثر این عامل در مدت زمان ماموریت اذعان شده است که به طور قابل توجهی کاهش می یابد (Moon and Shim, 2009).

زمانی که روبات های متعدد استفاده می شوند، یک تجزیه قبلی در این حوزه برای پوشش مورد نیاز است. دو روش معمولاً استفاده می شوند: تجزیه های دقیق سلول (Li و همکاران، 2011؛ Maza و Ollero، 2007) و تجزیه سلول تقریبی (Valente و همکاران، 2011). بعد از این وظیفه، مسیر برای هر وسیله نقلیه برای پوشش منطقه اختصاص داده شده محاسبه می شود.

مراجع معدودی در مورد این برنامه ریزی وجود دارند. یکی از آنها، کار ارائه شده توسط Maza و Ollero (2007) است که در آن یک تیم از روبات های هوایی برای بازرسی استفاده شده اند. پس از انجام واگذاری منطقه، الگوریتم CPP پایه مبتنی بر الگوی جلو و عقب با حداقل تعداد دورها برای هر یک از ربات ها اجرا می شود. راه حل پیشنهادی تنها مناطق محدب را بدون موانع نظر می گیرد. علاوه بر این، چنین رویکردی، به جای مسئله برنامه ریزی مسیر پوشش، که در مقایسه با روش پیشنهادی، با استفاده از الگوریتم های پایه حل می شود، عمدتاً بر مسئله انتساب ربات متمرکز می شود.

رویکرد دیگر که یک راه حل را برای مسئله پوشش منطقه با استفاده از چند هواپیمای بدون سرنشین اعمال شده برای سمپاشی گزارش می کند، توسط Moon and Shim (2009) ارائه شده است. مستقل از این دو الگوریتم ارائه شده به منظور انجام تجزیه منطقه، یک رویه که نقاط در داخل مجموعه نمونه برداری شده را انتخاب می کند، برای به دست آوردن یک خط سیر پوشش استفاده شده است. در مورد اول، در مسیر پوشش منطقه حاصل با استفاده از یک مارپیچ از خارج به داخل، بدون محدودیت تولید می شود که می تواند یک مسئله در مناطق بزرگ

باشد اگر پهنایها سوخت تمام کنند. مورد دوم مبتنی بر روش ترکیب سلول دقیق شناخته شده است که از حرکات جلو و عقب ساده برای پوشش مناطق استفاده می کند. در هر صورت، نتایج ارائه شده تنها برای شبیه سازی ارجاع می شوند.

Li و همکاران (2011) نیز راه حل های هوایی CPP را گزارش دادند، اما تاکید کار بر روی یک الگوریتم حریمانه بازگشتی مورد استفاده در انجام یک روش تجزیه سلول دقیق متمرکز شده است، نه بر روی این مسئله برنامه ریزی-مسیر پوشش که با استفاده از حرکات عقب و جلو حل می شود. علاوه بر این، کوتاه ترین مسیر پوشش از طریق یک گراف بدون جهت، به منظور کاهش تعداد دورها تعیین می شود. این کار، موانع را در نظر نمی گیرند، و فرض بر این است که وسیله نقلیه هوایی فقط در مناطق چند ضلعی محدب پرواز می کند. روش پیشنهادی تنها در شبیه سازی ها مورد آزمایش قرار گرفت. در کار قبلی (Barrientos و همکاران، 2011)، یک رویکرد بر اساس یک برنامه ریز جبهه موج با رویه عقب نشینی ارائه شد. هر دو روش اکتشافی و غیر اکتشافی استفاده شدند. مقایسه نتیجه به دست آمده با روش جدید ارائه شده در این اثر، که از یک الگوریتم فرا ابتکاری استفاده می کند، در پایان کار ارائه شده است.

### 3. بهینه سازی برنامه ریزی مسیر پوشش

#### 3.1. شرح مسئله

مسئله پوشش منطقه با محوریت ماموریت های سر هم بندی را می توان به صورت انتزاعی به شرح زیر توصیف نمود:  
با توجه به:

1. مساحت شکل یافته محدب یا غیر محدب  $A \subset \mathbb{R}^2$  تقریباً تجزیه شده توسط یک مجموعه متناهی از سلول های منظم  $C = \{c_1, \dots, c_n\}$  به طوری که  $A \approx \bigcup_{c \in C} c$ ؛

2. یک خط سیر پوشش  $P$  با یک مجموعه متناهی از نقاط پیوسته مسیر  $P$ ، که می توانند به صورت  $P = \bigcup_{p \in P} P$  نوشته شوند. جایی که در آن نقطه مسیر متناظر با مرکز یک سلول مربوطه است و در نتیجه یک سلول متناظر با یک نمونه تصویر است، در نتیجه  $\dim(P) = \dim(C)$ ؛

3. یک ناوگان از چهار روتور با نگرش و کنترل موقعیت، و قادر به هدایت نقطه-مسیر. هر چهار روتور توسط یک موقعیت در  $[X, Y, Z]$  و جهت گیری در  $[\Theta, \Phi, \Psi]$  مشخص می شود.

با توجه به اینکه راه حل های معتبر  $P$  نباید یک ایستگاه (نقطه-مسیر) را دو بار ببیند، متغیر مورد نظر برای به حداقل رساندن، تعداد تغییرات در جهات، (یعنی، دورهای ساخته شده توسط چهار روتور در اطراف محور  $Z$  و یا تغییرات انحراف) است که در Valente و همکاران (2011) بیان شده است که در آن تاکید شده بود که هر دو فاصله طی شده و در نتیجه مصرف انرژی برای یک سناریوی خاص، ثابت می ماند. تابع هدف را می توان به شرح زیر ارائه داد،

$$J = K_1 \times \sum_{i=1}^m \psi_k^{\{i\}} + K_2, k \in \{\pm 135^\circ, \pm 90^\circ, \pm 45^\circ, \pm 0^\circ\} \quad (1)$$

با توجه به اینکه،

$$\psi_{\pm 135^\circ} > \psi_{\pm 90^\circ} > \psi_{\pm 45^\circ} > \psi_{0^\circ}, \quad (2)$$

که در آن  $K_i$ ، وزن های استفاده شده به منظور ارزیابی عملکرد راه حل هستند. بنابراین،  $K_1$ ، دامنه دور را متعادل می کند و  $K_2$  جابجایی است. مقادیر مطلق، بحرانی نیستند، با این حال آنها باید نماینده هزینه در زمان مورد نیاز برای انجام دورهای دامنه متفاوت باشند. در هر صورت،

$$K_2 > K_1, K_{1,2} \in \mathcal{R} \quad (3)$$

در نهایت، برای هر چهار روتور از ناوگان، یک مسیر بهینه را می توان با  $\min J(\mathbf{x})$ , where  $\mathbf{x} = [\psi]^T$  محاسبه نمود.

### 3.2. الگوریتم جستجوی هارمونی

مسئله برنامه ریزی مسیر پوشش دارای پیچیدگی NP-کامل است. همانطور که نوشته ها نشان می دهد (Back, 1996)، هیچ الگوریتم چندجمله ای هنوز برای مسائل کامل-NP کشف نشده است. در بسیاری از موقعیت های زندگی واقعی، راه حل ها با کیفیت بالا برای این مسائل مانند مسیریابی انتشاری - همزمان یا مسیریابی وسایل نقلیه در مقدار بسیار کوتاه از زمان، و بسیاری از الگوریتم های مورد نیاز برای مقابله با آنها ارائه شده است. در برخی موارد، به ویژه هنگامی که مسائل در مقیاس بزرگ در نظر گرفته می شوند، الگوریتمهای فراابتکاری یکی از بهترین جایگزین ها هستند، زیرا الگوریتم های دقیق زمان نمایی را برای پیدا کردن یک راه حل مطلوب اتخاذ می کنند. روش پیشنهادی در این کار: جستجوی هارمونیک (HS)، در داخل این دسته از الگوریتم های فراابتکاری قرار می گیرد.

جستجوی هارمونی، یک الگوریتم مبتنی بر جمعیت با الهام از فرآیند بداهه نوازی موسیقیدان برای یک هارمونی کامل موسیقی است. این مورد که اغلب به عنوان جنبه «عمودی» موسیقی نامیده می شود (مخالف با خط ملودیک یا جنبه «افقی»)، به عنوان انطباق آکوردهای فردی درک می شود که تعادل کلی بین صداهای همخوان و ناهنجار قابل درک را بهینه سازی می کند.

این الگوریتم توسط Geem و همکاران. (Kim و Geem (2001)) در سال 2001 معرفی شد و در حال حاضر در زمینه های مختلف مهندسی مختلف کاربرد پیدا کرده است. برخی از نمونه های استفاده از الگوریتم برای بهینه سازی را می توان در Tangpattanakul و Artrit (2009)، Xu و همکاران (2009) و Yazdi and Haghghat (2010)) یافت. علاوه بر این، آمده است که این الگوریتم مزایایی را در مقایسه با سایر الگوریتم های فرا ابتکاری (Geem, 2009) ارائه می کند.



این الگوریتم را می توان به صورت انتزاعی به صورت زیر تشریح کرد: داشتن یک گروه از نوازندگان جاز حامل سازهای مختلف را تصور کنید. آنها کوک کردن برخی از نت ها را به منظور نوشتن آهنگ جدید شروع نمودند. زمانی که آنها در جستجوی یک دنباله از نت های موسیقی هستند که یک هارمونی خوب موسیقی را ارائه می دهد، هارمونی های به دست آمده تا آن لحظه در ذهن نگه داشته می شوند. اگر یک هارمونی جدید بهتر از یک هارمونی قبلی نواخته شده به گوش آید، بنابراین توسط یک هارمونی جدید جایگزین می شود. از نقطه نظر بهینه سازی این دیدگاه، هر نوازنده، یک متغیر را نشان می دهد و هر گام، مقدار نماینده که به صورت جداگانه به عنوان یک جزء از " ملودی " کلی به دست می آید.

بدنه اصلی الگوریتم، یک ماتریس حافظه هارمونی (HM) (تعریف شده در 4) است، که در آن ردیف ها، بردارهای راه حل های نماینده هستند و ستون ها، متغیرهای تصمیم گیری هستند. ستون آخر ماتریس HM، مقدار تابع هزینه است. ماتریس HM توسط تولید بردارهای راه حل های نماینده تصادفی مقداردهی می شود.

پارامترهای معمولی از الگوریتم HS عبارتند از: اندازه حافظه هارمونی (HMS)، نرخ در نظر گرفتن حافظه هارمونی (HMCR)، و PAR (نرخ تنظیم گام). HMS، تعداد ردیف ها و یا تعداد راه حل های نماینده در نظر گرفته شده است. HMCR، احتمال این که هر عنصر از ماتریس HM باید انتخاب شود. در نهایت، یک مقدار متغیر (تغییر با یک مقدار همسایه) با PAR احتمال تنظیم می شود. توزیع یکنواخت  $U(0, 1)$  معمولاً به کار گرفته می شود (Geem, 2009).

$$HM = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1^{\{1\}} & \dots & \mathbf{x}_{\{N\}}^1 & \mathbf{J}(\mathbf{x}^{\{1\}}) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{x}_{\{1\}}^{HMS} & \dots & \mathbf{x}_{\{N\}}^{HMS} & \mathbf{J}(\mathbf{x}^{\{HMS\}}) \end{bmatrix} \quad (4)$$

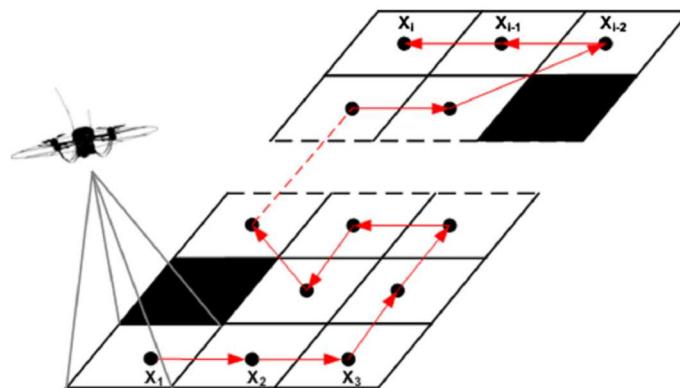
الگوریتم را می توان در پنج مرحله سنتز نمود: مرحله 1، مقداردهی اولیه HM. مرحله 2، بداهه نوازی یک بردار هارمونی جدید  $\mathbf{x}' = \{\mathbf{x}'_1, \dots, \mathbf{x}'_N\}$  از HM (با یا بدون PAR) و یا با اتفاقی بودن. بداهه نوازی به معنای

تولید یک بردار راه حل نماینده جدید است. در سایر الگوریتم های تکاملی (به عنوان مثال، الگوریتم های ژنتیک (GA))، این مرحله توسط عملیات متقاطع بررسی می شود؛ مرحله 3، هارمونی جدید را با بدترین در HM در صورت بهتر بودن جایگزین نمایید؛ مرحله 4، بررسی کنید که آیا معیار توقف برآورده شده است یا خیر (به عنوان مثال تکرارها، هزینه)؛ اگر خیر، به مرحله 2 بروید، و یا در غیراینصورت به بهترین راه حل بازگردید.

### 3.3. حل مسئله با الگوریتم HS

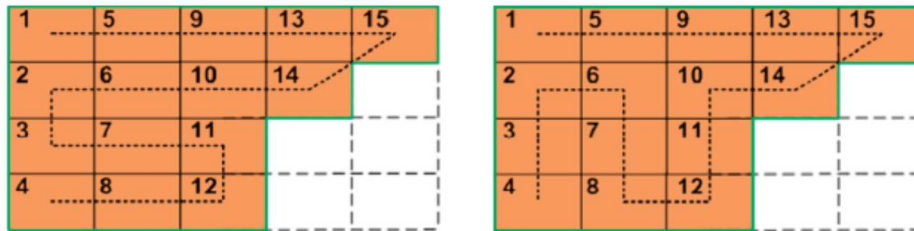
به منظور پرداختن به مسئله CPP هوایی با الگوریتم HS، بدنه اصلی الگوریتم بهینه سازی باید با توجه به مسئله فرموله شده در بخش قبلی اقتباس شود. در خطوط زیر، روش گام به گام الگوریتم توضیح داده شده است.

همانطور که قبلاً توضیح داده شد، HM، بدنه اصلی الگوریتم HS است. راه حل های نماینده در اینجا ذخیره می شوند، که توسط بردار  $N$  بعدی ارائه می شوند، که از متغیرهای تصمیم گیری از مسئله بهینه سازی ساخته شده است. هر متغیر تصمیم، یک عدد حقیقی است که سلول بازدید شده توسط ربات هوایی را شناسایی می کند. بنابراین، یک نمایش ساده با استفاده از یک عدد حقیقی برای تعریف مختصات UTM مرکز یک سلول استفاده می شود، که در نهایت مخفف یک نقطه مسیر در خط سیر ربات هوایی است که در آن یک تصویر گرفته می شود، به طوری که  $X_i \in P$  با  $i = 1, \dots, n$  که در آن  $n = \dim(P)$  (در شکل 2 نشان داده شده است).



شکل 2. متغیرهای تصمیم گیری نگاشته شده بر روی میدان.

شکل 3 نشان می دهد که چگونه متغیرها در مسئله با در نظر گرفتن  $HM = 2$  با  $HMS = 2$  مدیریت می شوند. برای مثال خط سیرهای پوشش به تصویر کشیده، دو مورد اول بردارهای هارمونی تصادفی در  $HM$  هستند. خطوط نقطه نقطه، مسیر پیموده شده توسط چهار روتور هستند که در هر دو مورد، از سلول با شاخص 1 به سلول با شاخص 4 شروع می شود.



$$\mathbf{x}^{\{1\}} = [1, 5, 9, 13, 15, 14, 10, 6, 2, 3, 7, 11, 12, 8, 4]$$

$$\mathbf{x}^{\{2\}} = [1, 5, 9, 13, 15, 14, 10, 11, 12, 8, 7, 6, 2, 3, 4]$$

شکل 3. مثال عددی نشاندهنده نحوه مدیریت متغیرهای تصمیم گیری برای اقتباس الگوریتم  $HS$  با این مسئله

به طور خلاصه، برای هر هواپیمای بدون سرنشین، یک ماتریس  $HS$  که شامل مجموعه ای از راه حل های نماینده می شود (به عنوان مثال، خط سیرها برای یک  $UAV$ ) ایجاد می شود و با توجه به روش توضیح داده شده در بخش 3.3.1 آغاز می شود. پس از آن، تابع هزینه به نام "هزینه بردار هارمونی" با استفاده از روش "بداهه نوازی" توصیف شده در بخش 3.3.2 بهینه سازی می شود که هسته اصلی الگوریتم  $HS$  تا زمانی که راه حل بهینه یافت شود. بخش های بعدی، با جزئیات این روش را توضیح می دهند.

### 3.3.1 مقدار دهی اولیه $HM$

اولین مرحله الگوریتم  $HS$ ، مقدار دهی اولیه  $HM$  است. در تکرار اول، بردارهای هارمونی (به عنوان مثال راه حل ها) معمولاً از طریق یک فرایند تصادفی تولید می شوند. همانطور که از مسئله  $CPP$  هوایی مشاهده می شود، زمان محدودیت اصلی مسئله ما را نشان می دهد که باعث به وجود آمدن محدودیت های دیگر می شود، مانند تعداد مکان

های بازبینی شده در محیط. واضح است که با کاهش تعداد سلول های بازبینی شده در محیط، مسیر تولید شده نیز کوتاه تر می شود و در نتیجه، زمان پوشش آن کمتر می شود. به منظور حل این مسئله به طور چالش برانگیزتر و بهینه سازی زمان به همان اندازه ممکن، تعداد نقاط بازبینی شده در محیط باید کاهش می یابد. به عنوان یک نتیجه، HM با بردارهای جایگشت HMS با N عنصر در ابتدا باید به طور تصادفی تولید شود.

یک الگوریتم نشان داده به نام پوشش نفس تصادفی (RBC) برای تولید بردارهای هارمونی تصادفی با جایگشت استفاده شده است. الگوریتم RBC, یک الگوریتم ترکیبی که از دو الگوریتم است: جستجوی تصادفی (RS) و جستجوی نفس-اول (BFS). این الگوریتم, یک راه ساده برای مقدار دهی اولیه HM (مرحله 1) را فراهم می کند. شبه کد الگوریتم در الگوریتم 1 به تصویر کشیده شده است.

#### الگوریتم 1. الگوریتم پوشش نفس تصادفی

---

```

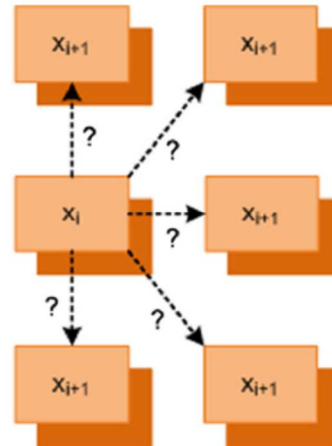
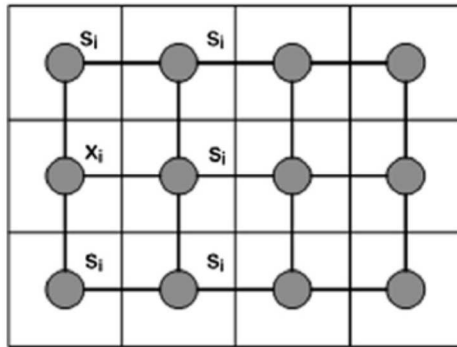
1: Initialize  $FiFo = Start$ 
2: while  $S \neq \emptyset$  do
3:    $S \leftarrow BFS(FiFo)$ 
4:    $s \leftarrow random(S)$ 
5:    $FiFo \leftarrow FiFo + s$ 
6: end while
7: if  $dim(FiFo) = dim(C)$  then
8:    $P \leftarrow FiFo$ 
9: else
10:   $P \leftarrow \emptyset$ 
11: end if
12: Return  $P$ 

```

---

الگوریتم RBC, تمام گره ها از گراف واحد را در حالت تصادفی از موقعیت آغازین گسترش می دهد که معادل با عرشه برخاست (بلند شدن) در فضای کاری ربات هوایی است. هر گره می تواند یا نمی تواند گره های همسایه داشته باشد، 2 مجموعه ای که شامل تمام خواهر و برادر (هم نژادها) می شود، توسط S نشان داده می شود، به طوری که  $S = U_{ses}S$  (شکل 4). الگوریتم RBC زمانی به اتمام می رسد که  $S = 0$ . اگر اندازه بردار نماینده کمتر از

تعداد متغیرهای تصمیم گیری باشد، به این معنی است که گسترش گره بدون عبور از تمام گره ها متوقف شده است. در نتیجه، آن بردار نماینده ناقص دور ریخته می شود.



شکل 4. مجموعه هم نژاد روی گراف واحد. هر هم نژاد، نزدیکترین سلول همسایه است.

### 3.3.2. بداهه نوازی بردار هارمونی جدید

یک فرآیند تکرار شونده به نام بداهه نوازی پس از تولید HM از طریق روش قبلاً توضیح داده شده شروع می شود. به منظور اطمینان از جایگشت بردار هارمونی، بردار جدید باید به دقت با تغییر اندکی در مکانیسم الگوریتم HS استفاده شود.

همانند مرحله 2، هر عنصر از بردار جدید  $x'$ ، یا از HM یا از گستره کلی ممکن مقادیر، به ترتیب با توجه به احتمالات ذکر شده قبلی HMCR یا HMCR 1 (بخش 3.2 را ببینید) انتخاب می شود. در پاراگراف های زیر، مکانیزم برای هر احتمال به طور مفصل توضیح داده خواهد شد.

در الگوریتم HS متداول، یک مقدار  $x'$  جدید به طور تصادفی با احتمال HMCR-1 از محدوده ممکن مقادیر انتخاب می شود. از سوی دیگر، یک مقدار  $x'$  معمولاً از ستون ام HM با احتمال HMCR انتخاب می شود. در

رویکرد حاضر، همان استدلال استفاده شده است اما با توجه به اینکه تداوم مسیر باید با توجه به این مورد تضمین شود که به عنوان یک نیاز تنظیم شده باشد (به عنوان مثال، جهش ها بر روی سلول ها مجاز نیستند).

این مسئله را می توان به شرح زیر حل نمود: یک مقدار  $x'_i$  جدید به طور تصادفی با احتمال HC MR-1 از مجموعه همسایه های آن متغیر تصمیم انتخاب می شود (یعنی همه سلول های آزاد مجاور با سلول تحت خطاب توسط متغیر تصمیم گیری)، در نتیجه پیوستگی خط سیر به دلیل اینکه جهش ها به دورترین سلول در نظر گرفته نمی شوند، تضمین می شود. علاوه بر این، یک مقدار تصادفی از ستون  $A_m$  با توجه به سلول های همسایه بازدید نشده با احتمال HC MR انتخاب می شود. اگر هیچ سلول همسایه بازدید نشده در آن ستون وجود نداشته باشد، یک همسایه به صورت تصادفی در HM انتخاب می شود (نگاه کنید به معادله (5)).

$$x'_i \leftarrow \begin{cases} x'_i \in \begin{cases} S_i \in X_i & \exists \in X_i \\ S_i \in X & \nexists \in X_i \end{cases} & w.p \text{ HC MR} \\ x'_i \in S_i & w.p \text{ 1-HC MR} \end{cases} \quad (5)$$

علاوه بر وقوع موارد فوق، اگر این احتمال در HC MR قرار گیرد، باید دوباره بررسی شود تا یک گام جدید تنظیم شده (PAR) مورد نیاز است و یا یک مقدار جدید از متغیر تصمیم گیری، بدون تغییر (PAR-1) باقی مانده است.

در موردی که گام تنظیم نشده باشد، مقدار جدید بردار هارمونی، بدون تغییر باقی می ماند. در غیر این صورت، برخی کوک ها باید در این متغیر تصمیم گیری انجام شوند. معمولاً، تنظیم بر جابجایی مقادیر همسایه K در مجموعه مقادیر نماینده متکی است. در این صورت، تنظیم گام، جابجایی یک همسایه در همسایگی، با اضافه کردن یا کم کردن یک واحد در مجمو همسایه های قابل قبول است (نگاه کنید به معادله (6)).

$$x''_i \leftarrow \begin{cases} x'_i \pm 1 & w.p \text{ PAR} \\ x'_i & w.p \text{ 1-PAR} \end{cases} \quad (6)$$

### 3.3.3. به روزسازی HM

هر بار که یک بردار  $x_i'$  جدید ایجاد می شود، هزینه بردار هارمونی با استفاده از تابع هزینه تعریف شده در معادله (1) محاسبه می شود. اگر هزینه محاسبه شده بهتر از بدترین هزینه بردار هارمونی در HM باشد، آنگاه بردار جدید به HM اضافه می شود، و در نتیجه بردار هارمونی با بدترین هزینه از ماتریس HM دور انداخته می شود. اگر اینگونه نباشد، HM بدون تغییر (مرحله 3) باقی می ماند.

### 3.3.4. معیار توقف

شبهه به دیگر الگوریتم های بهینه سازی، نقش معیار توقف، جلوگیری از فرآیند بهینه سازی در زمانی است که یک معیار معین بدست آمده باشد. بعد از چند بار تکرار، معیار توقف را می توان برای دستیابی به تعداد مناسب از دورها، و یا حتی یک تعداد معین از تکرارها تنظیم نمود. از آنجا که هدف، بهبود نتایج به دست آمده با برنامه ریز جبهه موج با روش عقب نشینی است. پس از کسب موفق در کمتر از یک دور نسبت به روش قبلی، معیار توقف برای توقف در 100 تکرار تنظیم شد. از لحاظ تجربی ثابت شد بهترین راه حل، قبل از آن مقدار به دست می آید. معیار توقف در ابتدا برای توقف در زمانی تنظیم شد که تعداد دورها با توجه به رویکرد قبلی ارائه شده در Barrientos و همکاران (2011)، یک دور کاهش می یابد. این تکرار حد بالا، توسط آزمون به دست آمد و برای بهینه سازی تمام خط سیرهای هوایی ارائه شده در بخش (مرحله 4) کافی بود. این را می توان در بخش 4 از طریق شکل 8، بهتر درک نمود.

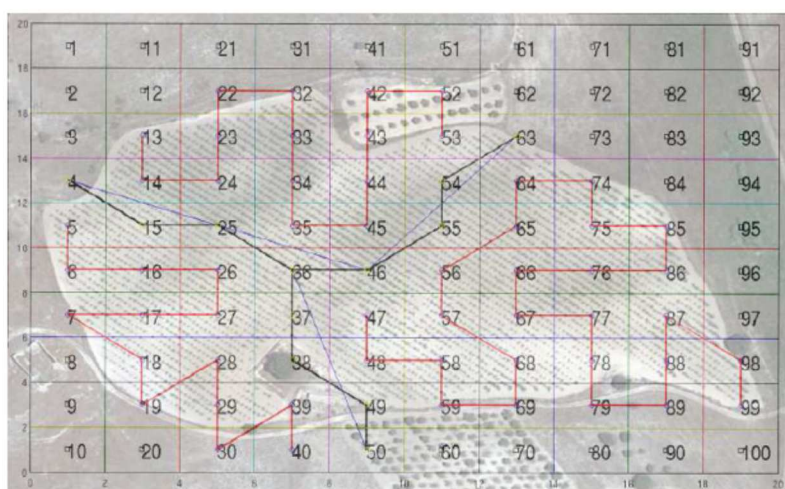
### 4. نتایج

همانطور که قبلاً ذکر شد، این مطالعه موردی، یک بسته تاکستان واقع در جنوب غربی مادرید، اسپانیا (عکس عمودی در شکل 5 نشان داده شده است) را ارائه می دهد. علاوه بر این، نتایج به دست آمده در یک رویکرد قبلی با نتایج الگوریتم HS مقایسه شده است.



شکل 5. عکس عمودی از بسته تاکستان و منظره

در چنین شیوه ای، نتایج به دست آمده با استفاده از رویکرد اول در شکل 6 نشان داده شده است. همانطور که مشاهده شد، این یک منطقه با شکل نامنظم است که به سه چهار-روتور از طریق یک رویکرد مبتنی بر مذاکره تقسیم می شود. نتایج به دست آمده از این فرایند مشخص می کند که اولین منطقه اختصاص داده شده به چهار-روتور 1 را می توان در 14 عکس (5-40)؛ منطقه دوم، اختصاص یافته به چهار روتور 2 را می توان در 15 عکس (13-53)؛ و در نهایت، منطقه سوم اختصاص داده شده به چهار روتور 3 را می توان در 25 عکس (47-99) نمونه برداری نمود.



شکل 6. خط سیرهای پوشش به دست آمده قبلی برای چهار روتور.



فضای کاری قبلی استفاده شده در **Barrientos** و همکاران (2011)) به منظور ایجاد یک مقایسه میان روش های فوق الذکر استفاده شد. بنابراین، فرض شد که مذاکرات و تخصیص منطقه همانند رویکرد قبلی هستند. خط سیرهای به دست آمده با الگوریتم HS در شکل 7 نشان داده شده اند. مشاهده می شود که تعداد تصاویر برنامه ریزی شده که باید در هر دو فضای کاری به دست آید، برابر است، و اینکه موقعیت های برخاست و فرود حفظ می شوند. پارامترهای الگوریتم HS به کار گرفته شده در هر منطقه  $HMS = 10$ ،  $HMCR = 0.9$ ،  $PAR = 0.3$  بودند. نتایج ارائه شده با شماره زیر از تکرار در هر منطقه، به دست آمدند: منطقه 1، 28 تکرار، منطقه 2، 85 تکرار، منطقه 3، 40 تکرار. شکل 8 نیز بهینه سازی تکرار خط سیرها توسط تکرار را به تصویر می کشد. باید توجه داشت که هزینه، به معنای متوسط هزینه (یعنی دورها) در ماتریس HM است.

یک مقایسه با نتایج به دست آمده در هر دو رویکرد در جدول 1 نشان داده شده است. مشاهده می شود که تعداد دوره های به دست آمده در هر مسیر با استفاده از الگوریتم HS پایین تر از رویکرد سابق هستند که از رویه برنامه ریز جبهه-موج و عقب نشینی استفاده می کند. در اینجا، نتایج با توجه به تعداد دورها و زمان محاسبه مسیرهای تحت پوشش بررسی می شوند. تعداد دورها در واحد سطح بهبود یافته است که می توان در منطقه سوم مشاهده نمود که در آن تعداد دورها به طور قابل توجهی بهبود یافت. به عنوان مثال، در منطقه دوم، تعداد دورها حفظ شد. با این حال، می توان به راحتی متوجه شد که خط سیر قبلاً به طور کامل بهینه سازی شده است و هیچ تغییری وجود ندارد که یک مسیر را بتوان با دورهای کمتر محاسبه نمود. می توان مشاهده کرد که زمان محاسبه کمی افزایش یافته است. با این حال، در یک طرف، این برنامه ریزی، آفلاین است، و در سوی دیگر، بدترین حالت مورد نیاز، 13 ثانیه است که یک زمان محاسبه قابل قبول با توجه به پیچیدگی مسئله است همانطور که در Valente و همکاران (2011) ارتقا یافته است. بنابراین در نظر گرفتن به عنوان یک نقطه ضعف در این رویکرد زمان محاسبه بی فایده است.

جدول 1: مقایسه ای بین رویکرد CPP قبلی، و رویکرد بهبود یافته با الگوریتم HS

	Turns			Computation time (s)		
	Area 1	Area 2	Area 3	Area 1	Area 2	Area 3
Approach in (Barrientos et al. (2011))	9	8	20	0.15	0.02	0.02
HS algorithm approach	8	8	14	0.19	0.5	13

## 5. نتیجه گیری ها

در این مقاله، یک رویکرد جدید برای بهبود خط سیرهای پوشش با موفقیت به کار گرفته شد. یک الگوریتم جدید مشخص شده توسط جستجوی هارمونی برای بهینه سازی وظایف مدیریت کشاورزی مورد مطالعه قرار گرفت.

نتایج به دست آمده با الگوریتم HS با یک رویکرد سابق با استفاده از یک برنامه ریز جبهه-موج با یک رویه عقبگرد ارائه شده در Barrientos و همکاران. (2011) مقایسه شد. رویکرد حاضر، نتایج بهتری را در بهینه سازی مسیر در مقایسه با روش سابق نشان داد. قابلیت کلیدی این رویکرد اینست قادر به کاهش تعداد دورهای خط سیرهای پوشش به طور قابل توجه با نگر داشتن مواضع شروع و هدف تنظیم شده سابق است. اگر چه، زمان محاسبه بزرگتر از زمان محاسبه در رویکرد قبلی است، هزینه مقرون به صرفه است، چرا که هدف برنامه ریز ماموریت، کار کردن آنلاین نیست.

علاوه بر این، رویکرد ارائه شده را می توان برای برنامه ریزی ماموریت های پوشش هوایی با استفاده از هر نوع پهپاده و همچنین در هر زمینه کشاورزی با شکل منظم یا نامنظم به کار گرفت. علاوه بر این، زمان اتمام ماموریت با به حداقل رساندن تعداد دورها کاهش می یابد که موجب بهبود ایمنی برای اپراتور و پهپادها می شود. علاوه بر این، استفاده از منابع و هزینه مقرون به صرفه در این ماموریت را بهینه سازی می نماید.

این الگوریتم فرا ابتکاری به صورت بالقوه یک روش با ارزش است، اگر در بهینه سازی با پیچیدگی بالا استفاده شود. در چنین شیوه ای، رویکرد حال حاضر را می توان به مسائل دیگر از شیوه های PA گسترش داد که در آن سیستم های رباتیک خودمختار را می توان به کار برد.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی