

ششمین کنفرانس بین‌المللی
انجمن ایرانی تحقیق در عملیات
The 6th International Conference of
Iranian Operations Research Society

Tehran, IRAN, May 8-9, 2013

تهران، ایران، ۱۸ و ۱۹ اردیبهشت ۱۳۹۲

گواهی می‌شود آقای سعید حسینی آبادی

با همکاری آقای محمد بنجر

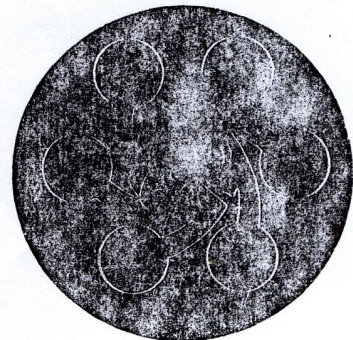
در ششمین کنفرانس بین‌المللی انجمن ایرانی تحقیق در عملیات
مقاله با عنوان:

یک الگوریتم ژنتیک برای زمانبندی باهواره‌های تصویربرداری زمین با قابلیت قطع کارها

را به صورت سخنرانی ارائه نمودند.

محمد رضا علمیرضایی

دبیر کنفرانس



انجمن ایرانی تحقیق در عملیات

پژوهشگاه تحقیق در عملیات

یک الگوریتم ژنتیک برای زمانبندی ماهواره‌های تصویربرداری زمین با قابلیت قطع کارها

سعید حسین آبادی^{*}، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، saeed.hosseiniabadi@stu.um.ac.ir

محمد رنجبر، عضو هیئت علمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، m_ranjbar@um.ac.ir

چکیده: در این مقاله به مطالعه زمانبندی ماهواره‌های تصویربرداری زمین جهت تصویربرداری از تصاویر مناطق مورد درخواست از سطح زمین می‌پردازیم. این زمانبندی شامل تعیین بازه‌های زمانی گرفتن تصویر و همچنین بازه‌های زمانی ارسال تصاویر به ایستگاه‌های زمینی می‌باشد. در این تحقیق، برای اولین بار قطع تصویربرداری به منظور جلوگیری از تکرار و همپوشانی تصاویر توسط ماهواره‌ها و متغیر بودن پهنای نوارهای تصویر برداری در نظر گرفته شده است. با توجه به ارزش هر تصویر، ما با ارائه یک الگوریتم ژنتیک در پی یافتن جواب‌هایی با بیشترین میزان سود هستیم.

کلمات کلیدی: زمانبندی، ماهواره‌های تصویربرداری، قطع تصویربرداری در حین کار، الگوریتم ژنتیک

۱. مقدمه

ماهواره‌های چابک ماهواره‌هایی هستند که می‌توانند در سه جهت حرکت داشته باشند. با استفاده از این ماهواره‌ها می‌توان تصاویر درخواستی مشتریان از نواحی مختلف را گرفت. با زمانبندی این ماهواره‌ها برای تعیین بازه‌های زمانی تصویر برداری و بازه‌های زمانی ارسال تصاویر به ایستگاه‌های زمینی، می‌توان سود حاصل را حداکثر نمود.

در تحقیقات پیشین تمرکز به روی یک ماهواره تصویربرداری که قابلیت چرخش در یک جهت را داشته، بوده است. بعدها با دست یافتن به تکنولوژی ساخت ماهواره‌های چابک که دارای قابلیت چرخش در چند جهت هستند، محققان به زمانبندی این نوع ماهواره‌ها پرداختند. M. Lemaitre و همکارانش [1] از اولین کسانی بودند که این موضوع را مورد بررسی قرار دادند اما تمام محدودیت‌های موجود در این رابطه را در مدل سازی خود در نظر نگرفتند و به محدودیت زمان مانور و انتقال از یک ناحیه به ناحیه دیگر جهت تصویر برداری اکتفا کردند. آنها برای حل مسأله‌ی خود از چهار روش مختلف الگوریتم جستجوی حریمانه، برنامه‌ریزی پویا، برنامه‌ریزی محدودیت و جستجوی محلی استفاده کردند. P. Wang و همکارانش [2] علاوه بر این که به زمانبندی تصویر برداری چندین ماهواره‌ی سریع به طور همزمان پرداخته‌اند، بازه‌های زمانی ارسال تصاویر را نیز در

مدل سازی خود در نظر گرفتند و جهت حل آن از یک الگوریتم ابتکاری استفاده نمودند.

ما در این مقاله با در نظر گرفتن محدودیت‌های موجود برای این نوع ماهواره‌ها از قبیل سطح حافظه، انرژی و غیره و همچنین سعی در عدم همپوشانی تصاویری که قرار است گرفته شوند، لحاظ کردن پهنای متغیر نوارها به دلیل زوایای مختلف تصویر برداری و در نظر گرفتن بازه‌های زمانی ارسال تصاویر به مدل سازی مسأله و حل آن با آن الگوریتم ژنتیک پرداخته‌ایم.

۲. تعریف مسأله

چند ماهواره‌ی چابک را در نظر بگیرید که هر یک دارای تعداد مدار زمینی معین با توجه به طول افق برنامه‌ریزی و مدار فضایی آن ماهواره هستند. هر یک از این مدارات تمام یا بخشی از نواحی خاصی را جهت تصویر برداری پوشش می‌دهند. نواحی جهت تصویر برداری به دو دسته تقسیم می‌شوند: نواحی بزرگ که در یک بار عبور ماهواره قابل تصویر برداری نیستند و نواحی کوچک که در یک بار عبور می‌توانند تصویر برداری شوند. هر ناحیه‌ی بزرگ تحت پوشش هر مدار با توجه به عرض محدود قابل مشاهده توسط دوربین ماهواره، بزرگی آن ناحیه و زاویه مجاز حرکت جانبی ماهواره به چندین نوار جهت تصویر برداری از آن تقسیم می‌شود. نواحی کوچک نیز در یک نوار و در وسط آن قرار می‌گیرند. یک ماهواره برای گرفتن تصویر از یک نوار ناحیه باید آن را در زاویه دید خود داشته باشد. بنابراین یک حداقل و یک حداکثر زمان برای شروع و خاتمه تصویر برداری

*ارائه دهنده

هر مدار زمینی اش یک حداکثر زمان مجاز برای تصویر برداری با توجه به محدودیت چرخه کار و یک حداکثر دفعات تغییر وضعیت زاویه‌ای وجود دارد. همچنین سطح حافظه برای هر ماهواره محدود است. به دلیل حجم بالای معادلات، مدل در اینجا ارائه نشده است.

۴. روش حل

برای حل دقیق این مساله از نرم افزار CPLEX استفاده می‌شود اما به دلیل پیچیدگی محاسباتی بالا، رسیدن به جواب بهینه بسیار زمانبر است. بنابراین با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک برای رسیدن به یک جواب مطلوب در زمان مناسب به حل مدل می‌پردازیم. برای ساختن یک جمعیت اولیه برای این الگوریتم نیاز به ایجاد جواب های شدنی می‌باشد که در آن تعداد ماهواره‌ها، مدارهای زمینی ماهواره‌ها، نواحی مورد درخواست، نوارهای نواحی تحت پوشش مدارها مشخص است. همچنین زاویه ورود به یک نوار جهت تصویربرداری و حالت قطع تصویربرداری در صورت تداخل با یک نوار دیگر، تعیین می‌گردد. جدول ۱ یک جواب اولیه را نشان می‌دهد.

حالت قطع	زاویه ورود	نوار ناحیه	ناحیه	مدار	ماهواره
۲	$-\theta$	۳	۱	۱	۱
۱	θ	۲	۳	۲	۱
۳	۰	۱	۵	۳	۲
۲	θ	۲	۳	۴	۲
۳	۰	۱	۴	۴	۲
۳	$-\theta$	۲	۲	۵	۲
۱	$-\theta$	۳	۱	۵	۲

جدول ۱- یک جواب اولیه شدنی

پس از ساختن جمعیت اولیه با ترکیب کردن جواب های شدنی آن جمعیت ثانویه را می‌سازیم و برای شدنی ماندن جواب ها عملیات بازسازی را روی آن انجام می‌دهیم. الگوریتم این کار تا رسیدن به شرط توقف که می‌تواند تعداد تکرار یا زمان مد نظر باشد، انجام می‌دهد.

۵. مراجع

- [1] M. Lemaitre, G. Verfaillie, F. Jouhaud, J. Lachiver, N. Bataille, "Selecting and scheduling observations of agile satellites," *Aerospace Science and Technology*, vol.6, pp.367-381, 2002.
- [2] P. Wang, G. Reinelt, "A Heuristic for an Earth Observing Satellite Constellation Scheduling Problem with Download Considerations," *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, vol. 36, pp.711-718, 2010.

از یک ناحیه وجود دارد که همان بازه‌ی زمانی تصویر برداری است. زمان شروع دقیق تصویر برداری از هر نوار ناحیه با توجه به زاویه افقی ماهواره بدست می‌آید. برای ارسال تصاویر گرفته شده به ایستگاه های زمینی نیز بازه‌های زمانی معینی وجود دارد به طوری که آن ایستگاه باید در محدوده پوششی آن ماهواره باشد. هر ماهواره دارای محدودیت‌های انرژی، ظرفیت حافظه، چرخه کار، تعداد حرکت های افقی و جانبی جهت تغییر زاویه و زاویه محدود دید نیز می‌باشد. هدف از حل مساله، تعیین نوارها، زمان شروع تصویر برداری از آنها، بازه‌های زمانی ارسال و زمان دقیق ارسال با توجه به این محدودیت‌ها است به گونه‌ای که سود حاصل از تصویربرداری حداکثر و همپوشانی تصاویر گرفته شده حداقل شود.

۳. مدل سازی مساله

در این مساله فرض می‌شود که بازه‌های زمانی تصویر برداری و ارسال تصاویر همپوشانی ندارند. فرض دیگر این است که برای ساده سازی مدل زمان دقیق شروع تصویربرداری از یک نوار ناحیه فقط بر اساس سه زاویه مختلف از بین بی نهایت حالت تعیین می‌شود. به عبارتی برای زمان شروع دقیق تصویربرداری از یک نوار سه حالت در نظر گرفته شده است. همچنین مدت زمانی که طول می‌کشد تا ماهواره از یک نوار به نوار بعد جهت تصویر برداری منتقل شود بر اساس تابعی از تغییر زاویه افقی و جانبی ماهواره برای رفتن به آن موقعیت در نظر گرفته شده است.

در مدل سازی مساله دو بخش کلی وجود دارد: دو تابع هدف و محدودیت‌ها. در تابع هدف اول با استفاده از یک تابع خطی شکسته میزان ارزش کل حاصل از تصویر برداری نواحی و در تابع هدف دوم میزان همپوشانی کل در فرایند تصویربرداری بیان می‌گردد. محدودیت های مدل نیز بدین شرح است: هر ناحیه کوچک حداکثر یک بار می‌تواند تصویربرداری شود. هر مداری که یک ناحیه بزرگ را تحت پوشش دارد حداکثر یکی از نوارهای تحت پوشش خود در این ناحیه را می‌تواند در طول افق زمانبندی تصویربرداری کند. از دو نوار تحت پوشش توسط یک مدار و از دو ناحیه مختلف جهت تصویر برداری، در صورت نبود زمان لازم جهت تغییر وضعیت به نوار دیگر، تنها یک نوار می‌تواند تصویربرداری شود. از دو بازه زمانی ارسال برای یک ایستگاه توسط دو ماهواره، در صورت نبود زمان لازم جهت تنظیم و تغییر وضعیت آنتن ایستگاه، فقط عملیات ارسال یک ماهواره می‌تواند پذیرفته می‌شود. زمان شروع دقیق فعالیت ارسال باید با توجه به شروع و پایان بازه زمانی ارسال برای آن ماهواره و ایستگاه زمینی صورت گیرد. برای هر ماهواره در طول