



بکارگیری روش‌های عددی در تعیین سرعت کینماتیکی ماهواره‌های مدار پایین

عبدالرضا صفری^۱، سعید فرزانه^۲

۱- دانشیار گروه مهندسی نقشه‌برداری دانشکده فنی، دانشگاه تهران

۲- دانشجوی دکتری گروه مهندسی نقشه‌برداری دانشکده فنی، دانشگاه تهران

Farzaneh@ut.ac.ir

چکیده

یکی از کاربردهای مهم و ارزشمند علم ژئودزی فضایی بررسی میدان گرانی زمین و تغییرات آن از راه تجزیه و تحلیل مدار ماهواره‌ها به صورت عام و ماهواره‌های گرانی‌سنجی به صورت خاص است. ماهواره‌های گرانی‌سنجی اغلب در مدارهای پایین قرار می‌گیرند تا تأثیرات میدان گرانی را بیشتر درک کنند. گیرنده‌های سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) موجود در ماهواره‌های ثقل‌سنجی، اطلاعات ارزشمند موقعیت سه بعدی ماهواره‌ها را بصورت تقریباً پیوسته‌ای اندازه‌گیری می‌نمایند. برای بازیابی میدان ثقل زمین به روش ماهواره‌ای لازم است از این اطلاعات، سرعت و یا شتاب ماهواره تعیین، سپس با بکارگیری روش انتگرال انرژی یا روش‌های مبتنی بر معادله حرکت، میدان ثقل زمین بدست آید. در این مقاله روش‌های مختلف عددی جهت محاسبه بردار سرعت با استفاده از سری زمانی بردار موقعیت ماهواره معرفی و مورد بررسی قرار می‌گیرند. نتایج عددی این مقاله نشان می‌دهد روش نیوتن در مقایسه با سایر روش‌ها دقت قابل قبول‌تری را نتیجه می‌دهد.

کلمات کلیدی: ماهواره‌های مدار پایین، انتگرال انرژی، مشتق‌گیری عددی، چندجمله‌ای درون‌یاب، تبدیل فوریه گسسته، تبدیل ویولت

مقدمه

سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) باعث تحولات شگرفی در علوم مختلف از جمله علوم مهندسی شده است. مهندسی نقشه‌برداری بطور عام و ژئودزی بطور خاص بیشترین بهره‌برداری را از این سیستم تعیین موقعیت نموده است. بطوریکه در زمینه تعیین موقعیت و یا عبارتی ژئودزی هندسی، این تحولات باعث جایگزینی کامل سیستم‌های تعیین موقعیت سنتی با سیستم ماهواره‌ای شده است. ژئودزی فیزیکی نیز از وجود این سیستم بی‌بهره نبوده و تغییرات عظیمی را نسبت به خود شاهد بوده است. علاوه بر نقش موقعیت در شبکه‌های ثقل‌سنجی زمینی، نقش سیستم تعیین موقعیت GPS در شناخت بهتر میدان ثقل زمین با پرتاب ماهواره‌های ثقل‌سنجی به وضوح هویدا گردید؛ بطوریکه دقت مدل‌های جهانی میدان ثقل و قدرت تفکیک آنها به مراتب بهتر از قبل از پرتاب این ماهواره‌ها می‌باشد. اهمیت سیستم تعیین موقعیت GPS در مبحث ثقل‌سنجی ماهواره‌ای، در امکان‌پذیر شدن تعیین موقعیت ماهواره ثقل‌سنجی بعنوان یک ماهواره مدار پایین (LEO) در کل مسیر حرکت آن می‌باشد؛ عبارتی موقعیت ماهواره ثقل‌سنجی بصورت یک سری زمانی تقریباً پیوسته قابل حصول می‌باشد. این در حالی است که روش‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ها غیر از GPS از قبیل فاصله‌یابی لیزری (SLR) بیشتر ماهیت محلی دارد لذا امکان ردیابی ماهواره بصورت مستمر و دستیابی به اطلاعات در کل مدار میسر نمی‌باشد. معلوم بودن موقعیت ماهواره در کل مدار ماهواره اطلاعات ارزشمندی است که در هر لحظه موقعیت سنجنده‌های موجود در آن را برای ما معلوم می‌سازد. ولی باید توجه داشت که در بحث ثقل‌سنجی ماهواره‌ای، خود ماهواره بعنوان یک سنجنده در میدان ثقل عمل می‌کند بطوریکه از آنالیز تغییرات مدار آن می‌توان به جزئیات میدان ثقل پی برد. لذا باید بنحوی بتوان اطلاعات موقعیت حاصل از GPS را با خصوصیات فیزیکی میدان حاکم بر حرکت ماهواره مرتبط نمود. در صورتیکه فرض کنیم اثر تمام نیروهای غیر جاذبی و جاذبی با منشأ غیر از میدان جاذبه زمین با مدل‌های ریاضی از موقعیت مشاهداتی ماهواره ثقل‌سنجی حذف شده‌اند و یا عبارتی مسئله از حالت چند جسمی (n-body) به حالت دو جسمی (2-body) تبدیل شده باشد می‌توان با استفاده از یکی از دو روند زیر به کمک ماهواره‌های ارتفاع پایین ثقل‌سنجی نمود.

✓ استفاده از اصل بقاء انرژی جنبشی و یا عبارتی روش انتگرال انرژی، که اساس آن بر بکارگیری سرعت لحظه‌ای ماهواره بعنوان کمیت مشاهداتی برای تعیین میدان ثقل است [۱].

✓ استفاده از قانون دوم نیوتن که در واقع کمیت مشاهداتی در این روش شتاب ماهواره خواهد بود [۲] و [۳].