تفاوت بین دو بیان مختلف روش ویلسون تتا از دیدگاه پایداری عددی

آرام سروشیان[۱]، علی یحیی‌پور رضیاکلائی[۲]، احمد سبزه‌ئی[۳]
۱- استادیار پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله
۲ و ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

a.soroushian@iiees.ac.ir
a.yahyapour@iiees.ac.ir
a.sabzeyee@iiees.ac.ir

خلاصه

آنچه به عنوان روش ویلسون تتا در مراجع مختلف معرفی شده است، منحصر به فرد نیست. این امر در سال ۲۰۱۰ طی حل مثالی ساده و هم چنین به صورت نظری نشان داده شده، و در سال ۲۰۱۱ مورد بررسی تکمیلی قرار گرفته است. در این مقاله، هدف نمایش این واقعیت است که دو بیان مختلف روش ویلسون تتا، از نظر پایداری عددی نیز متفاوت هستند. در حالی که بیان اصلی منجر به پاسخ‌های همواره پایدار است، بیانی که اخیراً به عنوان روش شبه ویلسون تتا معرفی شده است، می‌تواند منجر به پاسخ‌های ناپایدار شود.

کلمات کلیدی: انتگرال گیری، روش ویلسون تتا، روش شبه ویلسون تتا، پایداری عددی، شعاع طیفی

۱. مقدمه

رفتار دینامیکی، رفتار واقعی سیستم های سازه ای، به خصوص، در نواحی لرزه‌خیز است. توانمندترین روش شناسایی رفتار دینامیکی، تحلیل تاریخچه زمانی است [۱-۳]. در طی تحلیل تاریخچه زمانی، سازه در برابر چندین رکورد زلزله تحلیل می شود و نتایج حاصله به نحوی ترکیب می گردد [۲، ۴]؛ برای هر یک از تحلیل ها، در مواردی که سازه دارای رفتار غیر خطی، مدهای نوسانی نزدیک به هم، و یا میرایی غیرکلاسیک باشد، استفاده از یکی از روش های انتگرال گیری گام به گام، برای تحلیل، ضروری است [۳، ۵].

در انتگرال گیری گام به گام، منظور حل معادله زیر:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}}(t) + \mathbf{f}_{int}(t) = \mathbf{f}(t),$$

شرایط اولیه:
$$\begin{cases} \mathbf{u}(t=0) = \mathbf{u}_0 \\ \dot{\mathbf{u}}(t=0) = \dot{\mathbf{u}}_0 \\ \mathbf{f}_{int}(t=0) = \mathbf{f}_{int_0} \end{cases} \qquad (۱)$$

قیود: $\mathbf{Q}$

است [۳، ۵، ۶]، که در آن، با توجه به درجات آزاد تعریف شده در مدل ریاضی، $\mathbf{M}$ مؤید ماتریس جرم؛ $\mathbf{u}$، $\dot{\mathbf{u}}$، $\ddot{\mathbf{u}}$، $\mathbf{f}_{int}$، و $\mathbf{f}$ به ترتیب بیانگر بردارهای جابجایی، سرعت، شتاب، نیروهای داخلی، و تحریک خارجی؛ $\mathbf{Q}$ معرف قیود اضافی در مسائل غیرخطی، نظیر موارد درگیر با رفتار الاستیک- پلاستیک یا برخورد؛ t به معنای زمان، و به عبارتی متغیر مستقل مسأله؛ و بالاخره، زیرنویس 0 در سمت راستِ یک متغیر نشان دهنده مقدار آن متغیر، در لحظه آغاز تحلیل، یعنی در t_0 است [۷]. پاسخ ها، برای ایستگاه های زمانی مجزا و متوالی، در امتداد محور زمان (شکل ۱)، طی حل تقریبیِ پی در پیِ حداقل سه دسته معادله جبری، و استفاده از تکرارهای غیر خطی، در صورت تشخیص غیر خطی بودن رفتار، بدست می آیند [۶، ۸].