

روش انتگرالگیری مستقیم زمانی برای مسائل غیرخطی سازه‌ها

علی اکبر غلامپور^{۱*}، مهدی قاسمیه^۲، حسین فلاح‌نژاد^۳

۱- کارشناس ارشد سازه، دانشگاه تهران

۲- عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

* aagholampour@ut.ac.ir

خلاصه

در این مقاله، یک روش باقیمانده وزندار با استفاده از چند تابع وزنی برای مسائل دینامیکی غیرخطی سازه‌ها ارائه می‌گردد. مرتبه تغییرات شتاب در هر گام زمانی بصورت سهموی فرض شده که در نتیجه چندجمله‌ای مرتبه چهار تابع جابجایی، دارای پنج ضریب مجهول خواهد بود. برای یافتن این پنج مجهول، به پنج معادله نیاز داریم که این معادلات از شرایط اولیه، ارضای معادله حرکت در دو انتهای گام، و انتگرال باقیمانده وزنی بدست می‌آیند. در این مقاله روش پیشنهادی با چهار تابع وزنی؛ واحد، پترو گالرکین، حداقل مربعات، و کالوکیشن ارائه می‌شود. به دلیل مرتبه شتاب بالاتر در روش پیشنهادی، پاسخهای بهتر و دقیقتری را نسبت به روشهای موجود بدست می‌آوریم که این نکته در یک مثال ارائه خواهد شد.

کلمات کلیدی: دینامیک سازه غیرخطی، تابع وزنی، انتگرال باقیمانده وزندار، انتگرالگیری مستقیم زمانی.

۱. مقدمه

در حالت کلی، رفتار دینامیکی سازه‌ها به دو صورت خطی و غیرخطی در نظر گرفته می‌شود که معادله دیفرانسیل حاکم بر این سیستم‌ها یک معادله دیفرانسیل مرتبه دوم خواهد بود بطوریکه روشهای حل آن به دو دسته کلی روش جمع آثار مدی و روش انتگرالگیری مستقیم زمانی طبقه‌بندی می‌شود. بعضی مواقع شرایطی وجود دارد که باید سازه را برای یک بارگذاری بزرگ مانند زلزله قوی یا یک بارگذاری پیچیده طراحی نمود که در این موارد باید رفتار غیرخطی سازه را در نظر گرفت که معمولاً برای این سیستمها حل تحلیلی معادله حرکت غیرممکن است. در نتیجه برای حل معادله دیفرانسیل حاکم، می‌توان از روشهای عددی استفاده کرد. برای این سیستمها، مناسب‌ترین روش، روش انتگرالگیری مستقیم زمانی است که مستقل از جمع آثار قوا است [۱]. در سیستمهای غیرخطی، اگر پاسخ سازه در لحظه t موردنظر باشد، طبق روش انتگرالگیری مستقیم زمانی، ابتدا بازه $[0, t]$ به n زیربازه تقسیم شده که معمولاً طول این زیربازه‌ها (Δt) را با هم مساوی در نظر می‌گیرند $(\Delta t = t/n)$ و در هر یک از این زیربازه‌ها خواص سازه (مانند سختی) ثابت فرض شده و پاسخ در انتهای هر گام محاسبه می‌شود و سپس از این پاسخ به عنوان شرایط اولیه برای گام بعدی استفاده می‌شود. غیرخطی بودن، با محاسبه مجدد این خواص در ابتدای گام زمانی بعدی در نظر گرفته می‌شود. این عمل در تمامی فاصله‌های زمانی انجام می‌شود تا در نهایت پاسخ در لحظه t بدست آید. بدین ترتیب رفتار غیرخطی سیستم بصورت تقریبی با یک سری خصوصیات خطی متوالی جایگزین خواهد شد. از بین روشهای انتگرالگیری زمانی مشروط پایدار، روشهای شتاب خطی نیومارک و تفاضل مرکزی به علت دقت خوب، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند که در این دو روش کلاسیک، مرتبه تغییرات شتاب، حداکثر بصورت خطی تغییر می‌کند [۱-۳]. با توجه به اینکه با افزایش مرتبه شتاب، تعداد جملات بیشتری در بسط سری تیلور نسبت به روشهای کلاسیک موجود در نظر گرفته می‌شود، بنابراین انتظار می‌رود که در روش پیشنهادی با مرتبه شتاب دوم، دقت آن نسبت به روشهای کلاسیک، بالاتر باشد [۴]. در این روش در انتگرال باقیمانده وزندار، از چهار تابع وزنی؛ واحد، پترو گالرکین، حداقل مربعات، و کالوکیشن استفاده می‌کنیم.