



## شبیه‌سازی عددی گسلها و محاسبه ماتریس اپراتورهای تابع گرین با استفاده از روش گره مشترک

سید رضا میراشرفی<sup>۱</sup>، ناصر خاجی<sup>۲</sup>

دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

nkhaji@modares.ac.ir

### خلاصه

در این مقاله، با استفاده از روش گره مشترک که بر مبنای روش المان محدود است، مدل‌های عددی از چند نوع گسل به منظور در نظر گرفتن ناپیوستگی موجود در آنها ارائه شده است. برای منظور کردن ناپیوستگی مزبور با این روش، فقط بردار بارگذاری اصلاح می‌شود و هیچ افزایشی در تعداد درجات آزادی نخواهیم داشت. بنابراین، ماتریس سختی کل سیستم بدون تغییر می‌ماند. این روش در سطح محلی المان محدود بکار می‌رود و هیچ نوع نیرو یا ممان اضافی به شبکه المان محدود اضافه نمی‌کند. یکی دیگر از ویژگیهای تحقیق حاضر، محاسبه ماتریس اپراتورهای تابع گرین به کمک روش گره مشترک می‌باشد. ماتریس اپراتور تابع گرین جهت پیدا کردن رژیم لغزش گسل با استفاده از حل معکوس است. در انتها با مقایسه نتایج تحلیلی و عددی حاصل از مدل‌سازی‌ها که جابجایی‌های سطح زمین در اثر لغزش گسل می‌باشد، همگرایی مناسبی مشاهده می‌شود.

کلمات کلیدی: روش گره مشترک، روش المان محدود، ناپیوستگی، تابع گرین.

### ۱. مقدمه

در مهندسی زلزله یکی از مهمترین پدیده‌ها، شبیه سازی تغییر شکل گسلها و پیدا کردن میدان لغزش آنها می‌باشد. برای همین منظور در این تحقیق، روشی ساده برای در نظر گرفتن تغییر شکلهای ناپیوستگیهای موجود در محیط پیوسته، بر مبنای روش المان محدود ارائه می‌شود. روش المان محدود از جمله روشهای استاندارد است که برای مدل‌سازی محیطهای پیوسته بکار می‌رود.

روش گره مشترک (Split Node) می‌تواند رابطه‌ای مستقیم را بین تغییر شکلهای ناپیوستگی (مانند لغزش گسل) و تغییر شکلهای حاصل از آن در کل قلمرو سیستم مورد نظر برقرار کند. در حالت‌های ساده شده ای که گسلها خطوطی مستقیم (در تحلیلهای دو بعدی) یا صفحاتی مسطح (در تحلیلهای سه بعدی) در یک نیم فضای همگن، ایزوتروپ و الاستیک هستند، جوابهای تحلیلی در دست است [۱-۲]. از سوی دیگر، گسلهای واقعی موجود در طبیعت از نظر هندسی بسیار پیچیده‌تر از حالت‌های ایدئال ساده شده هستند و برای چنین گسلهائی با این پیچیدگی هندسی حل تحلیلی موجود نیست بنابراین ضروری است که برای تحلیل آنها از ابزارهای عددی مثل روش المان محدود استفاده کرد.

تاکنون دیدگاههای مختلفی برای منظور کردن ناپیوستگیها در محیط پیوسته بر اساس روش المان محدود به عنوان ابزار عددی ارائه شده است که از جمله آنها می‌توان به المان درز و مسائل تماس اشاره کرد [۳-۵].

در تمامی دیدگاههای فوق، فرایندهای تکراری نقش کلیدی را ایفا می‌کنند. به بیان دیگر، برای در نظر گرفتن اثر ناپیوستگی در محیط پیوسته و محاسبه تغییر شکلهای ناشی از لغزش ناپیوستگی مزبور در کل محیط پیوسته، مسئله باید به روش تکرار حل شود. در تحقیق حاضر، تلاش بر این است که آثار ناشی از لغزش ناپیوستگی بر کل قلمرو، به روشی ساده تر تعیین شود. این روش مستقیم بدون هیچگونه نیاز به روند تکرار در قسمت بعدی ارائه می‌شود.

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد مهندسی زلزله

<sup>۲</sup> دانشیار گروه مهندسی زلزله دانشگاه تربیت مدرس