



روش بدون شبکه حداقل مربعات گسسته با فرمول بندی مختلط در تحلیل مسائل کشسانی صفحه ای

محمد هادی افشار^۱، جعفر امانی^۲، محمد نیسی پور^۳

۱- دانشیار، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

۲- دانشجویان کارشناسی ارشد عمران، سازه هیدرولیکی، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

Jafar_amani@civileng.iust.ac.ir

خلاصه

در این مقاله روش بدون شبکه حداقل مربعات گسسته مختلط فرمول بندی شده است که به صورت همزمان جابجایی ها و تنش ها برای تحلیل مسائل کشسانی صفحه ای فرمول بندی اعمال می شود. قابلیت روش ارائه شده با استفاده از مثال های نمونه ای بررسی شده است. همچنین به بررسی منظمی و نامنظمی پخش نقاط در روش بدون شبکه پرداخته شده است. نتایج نشان دهنده دقت روش ارائه شده در حالت مختلط (mixed) نسبت به حالت غیر مختلط یا غیر قابل کاهش (Irreducible) است.

کلمات کلیدی: روش بدون شبکه، روش حداقل مربعات گسسته، فرمول بندی mixed، مسائل کشسانی صفحه ای

۱. مقدمه

از زمان معرفی روش بدون شبکه توسط Nayroles و همکاران [۱]، Bleytschko و همکاران [۲] و Liu و همکاران [۳] آرزوی حل مشکلات روش اجزای محدود به حقیقت نزدیک تر شد. از مزایای روش های بدون شبکه می توان به کاهش خطای انترپوله کردن توابع شکل اشاره کرد که این کار با استفاده از پیوستگی مرتبه بالاتر توابع آزمونی انجام می شود. علاوه بر این روش های بدون شبکه را می توان در موارد تغییر شکل های زیاد، ناپیوستگی ها و مرزهای متحرک به کار گرفت. همچنین به علت عدم وجود مش بندی، نظریه (refinement) در روش های بدون شبکه به راحتی امکان پذیر است. هدف اصلی این روش ها تقریب حوزه مجهول مساله با استفاده از ترکیب خطی توابع شکل بدون استفاده از شبکه بندی دانست. به جای آن نقاط بر روی حوزه مساله پراکنده می شوند و توابع وزنی و شعاع تأثیری برای هر نقطه در نظر گرفته می شود. سپس توابع شکل مربوط به نقطه با توجه به توابع وزنی ساخته می شود.

در سال های اخیر روش های بدون شبکه زیادی ابداع شده است که می توان به روش هیدرودینامیک ذره هموار (SPH) [۴]، روش گالرکین بدون جزء (EFGM) [۵]، روش نقطه محدود (FP) [۶]، روش ابرهای hp [۷]، روش Petrov-Galerkin موضعی بدون شبکه (MLPG) [۸، ۹]، و ۱۰ و ۱۱، روش معادله انتگرالی مرزی محلی (LBIE) [۱۲، ۱۳ و ۱۴]، روش ابرهای محدود [۱۵] اشاره کرد. روش بدون شبکه حداقل مربعات گسسته نیز روشی جدید بر مبنای روش حداقل مربعات متحرک (MLS) است که توسط افشار و همکاران [۱۶، ۱۷ و ۱۸] ارائه شده است. یکی از روش های اعمال شرایط مرزی در روش اجزای محدود، فرمول بندی مختلط است که در این روش جابجایی ها و تنش ها به صورت همزمان بدست می آیند. سازگاری بین جابجایی ها و تنش ها (مشتق جابجایی ها) در نقاط گرهی اعمال می شود. از فرمول بندی مختلط به وفور در روش اجزای محدود برای تحلیل مسائل کشسانی صفحه ای استفاده شده است [۱۹، ۲۰ و ۲۱]. Atluri و همکاران [۲۲] برای اولین بار پیشنهاد استفاده از فرمول بندی مختلط را در روش بدون شبکه Petrov-Galerkin ارائه دادند.

در این مقاله ابتدا به معرفی روش تقریب حداقل مربعات متحرک پرداخته می شود که تقریب توابع آزمونی را با استفاده از نقاط پراکنده انجام می دهد. سپس روش حداقل مربعات گسسته مختلط معرفی شده و در چند مثال عددی آورده شده که صفحه بی نهایت تحت کشش در یک سو با تعداد نقاط مختلف در شبکه و با پراکندگی نقاط منظم و نامنظم بررسی شده است. در نهایت نتیجه گیری از کارهای انجام شده آورده شده است.