



## روش بدون شبکه حداقل مربعات گسسته مختلط با توابع شکل کریجینگ متحرک (MK) در تحلیل مسائل کشسانی صفحه ای

محمد هادی افشار<sup>۱</sup>، صائب فرجی<sup>۲</sup>

۱- دانشیار دانشگاه علم و صنعت ایران، آدرس: دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران دانشگاه علم و صنعت آدرس: دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران

saebfaraji@civileng.iust.ac.ir

### خلاصه

در این مقاله از روش کریجینگ متحرک (MK) برای تولید توابع شکل در روش بدون شبکه حداقل مربعات گسسته مختلط استفاده شده است. و این روش برای تحلیل مسائل کشسانی صفحه ای به کار گرفته شده است. با ارائه و حل مثال عددی، جواب های بدست آمده از این روش با جواب دقیق مسئله مقایسه شده و کارایی روش نشان داده شده است.

کلمات کلیدی: روش بدون شبکه، حداقل مربعات گسسته مختلط، تابع شکل کریجینگ متحرک (MK).

### ۱. مقدمه

در سال های اخیر روش های بدون شبکه به علت دقت بیشتر و همچنین عدم نیاز به شبکه بندی که باعث حذف هزینه های محاسباتی مربوط به گسسته سازی مورد اقبال بوده اند. همچنین این روش ها برای ناپیوستگی ها و مرز های متحرک کارایی مناسبی از خود ارائه می دهند. در روش های بدون شبکه حوزه مسئله با استفاده از گره هایی گسسته سازی شده و با در نظر گرفتن یک شعاع تاثیر برای هر گره ناحیه تاثیر آن گره معلوم شده و توابع شکل در هر ناحیه حساب می شوند. معادله مورد نظر با حداقل کردن مجموع تخلف معادله تخمینی در هر ناحیه از قید های معادله و تخلف از شرایط مرزی مسئله حل می شود و کمیت مطلوب در هر گره بدست می آید. بسیاری از توابع شکل مورد استفاده در روش های بدون شبکه علاوه بر برخورداری از پیوستگی بالا شرط دلتای کروئکر را ارضا نمی کنند. شرط دلتای کروئکر به این معنی است که مقدار تابع شکل یک گره در خود آن گره یک و در سایر گره ها صفر باشد ( $N_{ij}=1 \quad i=j$ ,  $N_{ij}=0 \quad i \neq j$ ). عدم ارضای این شرط اعمال شرایط مرزی را در روش های بدون شبکه با مشکل روبه رو می سازد. تابع شکل کریجینگ متحرک (MK) به علت برخورداری از خاصیت دلتای کروئکر امکان اعمال شرایط مرزی به گونه ای ساده تر را فراهم می سازد در واقع با استفاده از تابع شکل MK مشکلات مربوط به اعمال شرایط مرزی در سایر توابع شکل مرتفع می گردد.

### ۲. معرفی روش بدون شبکه حداقل مربعات گسسته مختلط

در سال های اخیر روش های بدون شبکه زیادی ارائه شده اند که از آن جمله می توان به روش های هیدرودینامیک ذره هموار (SPH) [1]، روش گالر کین بدون شبکه (EFGM) [2]، روش پتروف-گالر کین (MLPG) [3,4,5,6] و روش حداقل مربعات گسسته (DLSM) [7,8,9] که توسط افشار و همکاران ارائه شده است اشاره کرد. روش های حداقل مربعات گسسته به دلیل عدم نیاز به انتگرال گیری از طرفی روش هایی کاملاً بدون شبکه محسوب می شوند و از طرف دیگر به دلیل حذف هزینه محاسباتی انتگرال گیری از لحاظ محاسباتی به صرفه تر هستند. در روش حداقل مربعات گسسته مختلط مرتبه مشتقات مورد نیاز برای حل معادلات یک مرتبه کاهش می یابد.

<sup>1</sup> دانشیار

<sup>2</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد