



روشی بدون شبکه برای تحلیل امواج غیر خطی در سیال دارای سطح آزاد با استفاده از توابع پایه نمایی

سید مهدی زندی^۱، بیژن برومند^۲

۱- گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه اصفهان

۲- دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

s.m.zandi@eng.ui.ac.ir

خلاصه

در این مقاله، روشی نیمه تحلیلی و بدون شبکه برای شبیه‌سازی امواج غیرخطی در سیال دارای سطح آزاد ارائه شده است. فرمول‌بندی روش ارائه شده بر اساس بیان لاگرانژی معادلات ناویر-استوکس برای سیال غیرلزج تراکم‌ناپذیر می‌باشد؛ بر این اساس، معادله لاپلاس فشار در هر گام زمانی با استفاده از روشی بدون شبکه، مشابه با روش توابع پایه، حل شده و سایر مشخصه‌های سیال مانند شتاب، سرعت و جابجایی از آن حاصل می‌شود. پس از آن، با توجه به فرمول‌بندی لاگرانژی حرکت، هندسه حل بهنگام می‌شود و حل در زمان پیش می‌رود. در این روش، پاسخ معادلات در هر گام زمانی، به صورت یک سری متشکل از توابع نمایی و ضرایب ثابت در نظر گرفته می‌شود؛ توابع فوق به گونه‌ای محاسبه می‌شوند که معادلات دیفرانسیل به صورت دقیق ارضاء شوند. ضرایب ثابت نیز از ارضای شرایط مرزی بر روی مجموعه نقاطی از مرز، با استفاده از یک تبدیل ویژه بدست می‌آیند. با استفاده از این روش، مسائل غیرخطی مختلفی حل شده و نتایج قابل توجهی در مقایسه با دیگر روش‌های لاگرانژی حاصل شده است. با توجه به تغییر هندسه حل در طول زمان، بدون شبکه بودن روش ارائه شده به علت عدم نیاز به تولید شبکه در هر گام زمانی، به لحاظ میزان صرف وقت و هزینه محاسبات بسیار درخور توجه می‌باشد.

کلمات کلیدی: امواج غیرخطی، کانال موج، معادلات لاگرانژی حرکت، توابع پایه نمایی، روش بدون شبکه.

۱. مقدمه

امروزه حل معادلات دیفرانسیل در اغلب مسایل مهندسی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. حل این معادلات همراه با ارضاء کامل شرایط مرزی آنها به صورت مستقیم (فرم بسته) بسیار پیچیده می‌باشد. معادلات دیفرانسیل حاکم بر حرکت سیالات نیز، که در این نوشتار بررسی شده است، از این قاعده مستثنی نخواهد بود. نوسانات دینامیکی سیال دارای سطح آزاد در زمینه‌های مختلف مهندسی مورد توجه است. با توجه به ماهیت غیرخطی مسأله و عدم وجود پاسخ‌های تحریک، در سال‌های اخیر تمایل زیادی برای توسعه روش‌های عددی در محاسبه‌ی حرکات بزرگ سطح آزاد سیال و تحلیل مسائل اندرکنش سیال تراکم‌ناپذیر و سازه‌ها، وجود داشته است. نمونه این مسائل را می‌توان در موشک‌ها و فضاپیماها، هیدرودینامیک کشتی‌ها، سازه‌های فراساحلی، سدها، مخازن سیال و ... مشاهده کرد.

در مکانیک سیالات دو رویکرد متفاوت به حرکت وجود دارد؛ در نگاه اولی^۳، به یک حجم خاص سیال در فضا توجه می‌شود که در محل خود ثابت بوده و سیال عبور کننده از آن که مرتب جایگزین می‌شود، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در نگاه لاگرانژی^۴ به حرکت سیال، ذرات سیال دنبال می‌شوند و بدین ترتیب شکل حجم سیال دائم تغییر کرده ولی جرم کل آن ثابت می‌ماند. در حل مسائل دینامیک سیالات در قالب لاگرانژی، مرزهای سیال دائماً در حال حرکت بوده و ناحیه حل در طول زمان مرتباً تغییر می‌کند. لذا در روش‌های نیازمند به شبکه^۵، لازم است در طول حل از الگوریتم‌های مناسب جهت تولید شبکه^۶ استفاده کرد و این امر مستلزم صرف زمان فراوان و برنامه‌نویسی‌های پیچیده است.

^۱ عضو هیات علمی، استادیار.

^۲ عضو هیات علمی، استاد.

^۳ Eulerian formulation

^۴ Lagrangian formulation

^۵ Mesh

^۶ Mesh generation