



تحلیل سه بعدی مخازن حاوی سیال تراکم ناپذیر غیر لزج دارای سطح آزاد با استفاده از تئوری فشار

سهیل بزاززاده^۱، بیژن برومند^۲، سیدمهدی زندی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- استادیار گروه عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه اصفهان

s.bazazzadeh@cv.iut.ac.ir

خلاصه

در این مقاله، یک روش بدون شبکه برای حل معادلات حرکت سیال تراکم ناپذیر غیر لزج دارای سطح آزاد، در فضای سه بعدی، ارائه می‌شود. معادلات ناویر استوکس برای این گونه سیالات به صورت معادله ی لاپلاس فشار تبدیل می‌شود که در این جا در هر گام زمانی با یک روش بدون شبکه با استفاده از توابع پایه، حل شده و سایر پارامترهای تحلیل مانند شتاب، سرعت و جابه‌جایی سیال از آن حاصل می‌شود. با توجه به نگرش لاگرانژی، هندسه ی سیال به هنگام می‌شود و حل در زمان پیش می‌رود. در این روش پاسخ معادله در هر گام زمانی به صورت یک سری از توابع پایه نمایی با ضرایب ثابت در نظر گرفته می‌شود. ضرایب ثابت نیز از ارضای شرایط مرزی بر روی مجموعه نقاطی از مرز به دست می‌آیند. در انتها چند مثال به منظور نشان دادن کارایی روش، ارائه شده و نتایج آنها با نتایج حاصل از روش حجم سیال مقایسه می‌شود.

کلمات کلیدی: مخازن، توابع پایه نمایی، روش بدون شبکه، معادلات ناویر استوکس، معادلات لاگرانژی حرکت سیال، تئوری فشار

۱. مقدمه

امروزه مسائل تحریک سیال دارای سطح آزاد کاربرد گسترده ای در شاخه های مختلف مهندسی، از جمله سازه های دریایی و هوافضا دارد. اما از آنجا که در این گونه مسائل سطوح مرزی دائماً در حال حرکت هستند، حل آن ها کمی پیچیده به نظر می رسد. این موضوع زمانی که مساله با تغییر شکل های بزرگ همراه است و رفتار سیال با پاسخ های تئوری های خطی موجود متفاوت است، اهمیت بیشتری پیدا می کند. واضح است که در این حالت تحلیل عددی اجتناب ناپذیر خواهد بود. با وجود پیشرفت های فراوان در روش های عددی، نتایج برخی از روش ها با نتایج آزمایشگاهی همخوانی مناسب نشان نمی دهد. از جمله مشکلات پیش رو، همگرایی پاسخ مسأله در طول زمان حل است. به عنوان مثال تغییر شکل نامناسب المان ها، در روش های مبتنی بر استفاده از المان، سبب عدم همگرایی حل می شود.

در مقوله حل تحلیلی برای مسائل سیال تراکم ناپذیر، Faltinsen دانشمند نروژی از پیشگامان است [۱]. منظور از حل تحلیلی، حل دقیقی است که با صرف نظر کردن از اثرات غیر خطی سیال به دست می آید. حل دو بعدی Faltinsen برای مخازن مکعب مستطیلی راهگشای بسیاری از محققین بود.

در قلمرو تحلیل عددی، از آنجا که روش های بدون شبکه نیاز به صرف هزینه برای ساختن شبکه ندارند، بسیاری از محققین بر آن شدند که در جهت توسعه ی این روش ها اقدام نمایند. از جمله روش های بدون شبکه در حرکت سیالات، روش های مبتنی بر حرکت ذره ای است که در آن ها رفتار هر ذره در یک تحلیل لاگرانژی دنبال می شود. اولین ایده در این زمینه توسط Gingold و Monaghan [۲] با عنوان روش هیدرودینامیک ذره ای هموار مطرح شد. یکی از این روش ها که نتایج درخور توجهی دارد، روش شبه ضمنی ذره متحرک نام دارد که در سال ۱۹۹۶ توسط Koshizuka و Oka [۳] ارائه شد. این روش از یک تابع کرنل برای درونمایی مجهولات و نیز از فرم ضعیف معادلات استفاده می کند.