



رساله دکترا

مهندسی عمران - سازه

دانشگاه صنعتی اصفهان | دانشکده مهندسی عمران

تحلیلی نوین از امواج سطحی غیرخطی آب با استفاده از روشی از نوع شبکه ثابت

علی ابراهیمی

(ورودی سال ۹۴)

مکان: سمینار ۳ دانشکده مهندسی عمران

دوشنبه، ۳۰ مرداد ۱۴۰۲ - ساعت ۸:۳۰ الی ۱۱

کمیته دفاع:

دکتر محمد مهدی سعادت پور

دکتر مجتبی ازهری

دکتر مهدی زندی (دانشگاه اصفهان)

دکتر نسرین جعفری (نماینده تحصیلات تکمیلی)

استاد راهنما:

دکتر بیژن برومند

استاد مشاور:

دکتر بشیر موحدیان عطار

چکیده:

در این پژوهش مسائل مختلف مرتبط با امواج سطحی غیرخطی آب با استفاده از روش توابع پایه نمایی بر پایه یک شبکه زمینه ثابت مورد تحلیل قرار گرفته است. در این راستا معادلات پیوستگی و تعادل دینامیکی برای آب به عنوان یک سیال غیر لزج تراکم ناپذیر و با فرض غیر چرخشی بودن جریان در فرم پتانسیل سرعت حل و شرط مرزی مسئله روی سطح آزاد با در نظر گرفتن فرم غیرخطی معادله ی برنولی محاسبه می شود. لذا با توجه به حضور مرزهای متحرک و ماهیت وابسته به زمان مسئله، حل معادلات مزبور نیازمند گسسته سازی زمانی بوده که بدین منظور از یک الگوریتم زمانی مرتبه دوم تکرارشونده جهت تعقیب نقاط تشکیل دهنده ی مرزها و به روزرسانی شرایط مرزی استفاده می شود. شایان ذکر است به جهت ماهیت تکرارشوندگی الگوریتم مذکور، امکان تعیین دقت و سرعت مورد نیاز و نیز ایجاد یک تعادل نسبی بین این دو پارامتر در طول حل مسائل وجود دارد. چنانچه در طی مراحل حل و پیشروی در زمان، با کنترل معیارهایی از جمله نرخ همگرایی تکرارها و نیز عدد کورانت، در مواقع بحرانی طول گام های زمانی کاهش یافته و پس از عبور از منطقه زمانی بحرانی، به جهت افزایش سرعت حل، طول گام های زمانی افزایش می یابد.

چنانچه ذکر شد گسسته سازی مکانی معادلات نیز با استمداد از یک شبکه ثابت از نقاط گره ای (محل تعریف درجات آزادی) انجام و مرزهای محیط با استفاده از مجموعه دیگری از نقاط مشخص می شوند که جهت ارضای شرایط مرزی مسئله به کار می روند. لذا با توجه به ثابت بودن موقعیت درجات آزادی، امکان تعریف توابع شکل به صورت کتابخانه ای، در

جهت جلوگیری از تکرار بخش قابل توجهی از محاسبات در گام‌های زمانی مختلف، وجود دارد. شایان ذکر است توابع شکل قابل قبول نیز با استفاده از ابرهای منظم و به صورت منطقی ساخته می‌شوند که این ویژگی نیز سهم بسزایی در پایداری روش ایفا می‌کند. علاوه بر این، مجزا بودن نقاط تشکیل دهنده مرزها از محل درجات آزادی و نحوه ارضای شرایط مرزی باعث کاهش قابل قبولی در حساسیت روش به مرزهای محیط دارد. لذا مجموعه ویژگی‌های فرم مذکور به همراه تمهیدات انجام گرفته در جهت انطباق بهتر با مسائل مرتبط با سیالات و نیز الگوریتم زمانی مورد استفاده منجر به حصول یک روش عددی نسبتاً پایدار با دقت و سرعت مناسب می‌شود. از جمله ویژگی‌های بارز روش حاضر می‌توان به تعداد درجات آزادی مورد نیاز بسیار کمتر در قیاس با روش‌های بدون شبکه‌ی قدرتمندی همچون هیدرودینامیک ذرات هموار، ارضای دقیق معادله دیفرانسیل در مقابل روش‌های مبتنی بر ارضای ضعیف معادلات و به دنبال آن خطای بسیار کمتر و نیز پایداری قابل توجه در برابر روش‌های قدرتمندی همچون اجزا محدود در مواقعی که چنین روش‌هایی دچار مشکلاتی نظیر اعوجاج شبکه می‌شوند اشاره کرد. چنانچه نشان داده می‌شود در برخی از مسائل حل شده، نرم‌افزارهای تجاری‌ای همچون آباکوس به جهت بروز مشکلاتی در طول حل قادر به اتمام مراحل حل نیستند و یا در صورت حل، دارای خطای به مراتب بالاتری نسبت به روش حاضر خواهند بود.

در نهایت، روش حاضر در حل مسائل مختلف در رابطه با سیال دارای سطح آزاد چون تحلیل تلاطم سطحی سیال تحت تحریک هارمونیک پایه، تحلیل امواج با دامنه‌ی بلند و انتشار موج تنها در محیط‌های با توپوگرافی‌های کف متفاوت استفاده، نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از مدل‌سازی رایانه‌ای، پاسخ‌های تحلیلی و یا عددی موجود مقایسه و کارایی روش مذکور تأیید شده است. چنانچه به عنوان مثال در مسئله‌ی انتشار موج تنها در شرایط محیط نامحدود، حداکثر خطای به وجود آمده در محاسبه‌ی ارتفاع موج در طول تحلیل با استفاده از روش حاضر و نرم‌افزار آباکوس به ترتیب برابر با $1/6$ و 9 درصد است.