



بررسی نظری تاثیر لایه میانی بر اندرکنش غیرخطی تشدیدشونده میان موج سطحی و امواج درونی

سیما بهزادی^۱، میرمصدق جمالی^۲
دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

Behzadi.sbs@gmail.com

خلاصه

پدیده اندرکنش غیرخطی تشدیدشونده میان امواج سطحی و درونی یکی از مکانیزم‌های مهم در شکل‌گیری و ناپایداری امواج درونی و همچنین ابزاری کارآمد بر تبادلات انرژی در دریاچه‌ها، اقیانوس‌ها و اتمسفر است. بررسی تحلیلی این پدیده، ابزاری قدرتمند در پیش‌بینی رفتار امواج درونی بشمار می‌آید. اغلب پژوهش‌های نظری صورت گرفته در این زمینه بر پایه سیستم سیال دو لایه بنا شده است. این در حالی است که در بسیاری از موارد وجود یک لایه نازک میانی تا حدود زیادی فیزیک مسئله را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. در این پژوهش تاثیر لایه دیفیوز بر پدیده اندرکنش غیرخطی تشدیدشونده امواج مورد بررسی قرار گرفته است. مبنای تحلیل‌ها در این حالت بر پایه معادلات هیدرودینامیکی حاکم بر سیستم سیال در یک مدل هیدرولیکی سه لایه است. برای حل این معادلات از یک آنالیز استاندارد اندرکنش امواج به روش واریاسیون استفاده می‌شود. بر این اساس عباراتی ساده برای نرخ رشد و دیگر خصوصیات سینماتیکی امواج بدست خواهد آمد که به ارائه مدل رفتاری مناسب برای امواج درونی می‌انجامد. در نهایت با تکیه بر نتایج تحلیلی بدست آمده، تاثیر لایه دیفیوز و پارامترهایی مانند زاویه موج درونی، فرکانس موج سطحی و تفاوت چگالی لایه‌ها بر رفتار مدل (خصوصیات دینامیکی و سینماتیکی امواج) ارزیابی می‌گردد.

کلمات کلیدی: مطالعه نظری، اندرکنش غیرخطی، تشدید، لایه میانی، روش واریاسیون

۱. مقدمه

پدیده اندرکنش غیرخطی میان امواج سطحی و درونی یکی از مکانیزم‌های مهم در شکل‌گیری و ناپایداری امواج درونی و همچنین ابزاری کارآمد بر تبادلات انرژی در دریاچه‌ها، اقیانوس‌ها و اتمسفر بشمار می‌آید. کاربرد این پدیده در حوزه‌های مختلفی چون اقیانوس‌شناسی، هواشناسی و دریاچه‌شناسی سبب گردیده تا مطالعات نظری و پژوهش‌های آزمایشگاهی بسیاری در راستای شناخت ماهیت حاکم بر آن صورت پذیرد.

اندرکنش تشدیدشونده میان موج سطحی و دوموج درونی در حالت سیال دو لایه نخستین بار توسط Wen [1]، Hill and Foda [2] و Jamali [3] به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعات این محققین نشان داد که در حین اندرکنش، در اثر انتقال انرژی موج سطحی به سطح تماس دو لایه، دو موج درونی با جهت‌های مختلف (با اختلاف زاویه ۱۸۰ درجه) و فرکانسی نصف فرکانس موج سطحی تشکیل می‌گردد. ترکیب این دو موج درونی، موج ایستای کوتاهی تولید می‌کند. اولین محققینی که در نتایج آزمایشگاهی اندرکنش سه بعدی را مشاهده کردند Hill [4] و Jamali [3] بودند. یک موج ایستاده سه بعدی در آزمایشات این دو محقق دیده شد. در آزمایشات Hill [4]، طول موج امواج ایستاده ایجاد شده تقریباً دو برابر عرض کانال بود که نشان دهنده مود اول امواج ایستاده در عرض کانال بود. Jamali [3] در آزمایشات خود مدهای مختلف را مشاهده نمود. در آزمایشات دو محقق، فرکانس امواج درونی نصف فرکانس امواج سطحی و امواج درونی به مراتب کوتاهتر از امواج سطحی بودند. Hill [4] و Jamali [3] به صورت تئوری نیز اندرکنش سه بعدی را مورد بررسی قرار دادند. فرکانس محاسبه شده با استفاده از روش‌های تئوریک تطبیق خوبی با فرکانس آزمایشگاهی داشت. Hill [4] نشان داد که در محدوده باریکی از فرکانس، نسبت چگالی و زاویه امواج درونی امکان رشد امواج درونی وجود دارد. Jamali [3] عنوان داشت، برخلاف نظر Hill [4]، اندرکنش به بازه خاصی از پارامترها محدود نمی‌شود. Hill [4] تئوری خطی را برای

^۱ کارشناس ارشد مهندسی عمران
^۲ دانشیار دانشکده مهندسی عمران