

مقاله علمی-پژوهشی

مطالعه‌ی اثر تغییر ارتفاع و چیدمان پوشش گیاهی با آرایش منظم بر میرایی امواج با استفاده از مدل عددی Flow-3D

سید احمد قاهری نژاد^۱، مهدی بهداروندی عسکر^{۲*}، محمد انصاری فوجقار^۳، احسان پارسی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۳

چکیده

توسعه‌ی امواج آب از میان پوشش گیاهی مستغرق و غیر مستغرق با از دست دادن انرژی از طریق نیروی مقاومتی ناشی از پوشش گیاهی است که همراه با کم شدن ارتفاع امواج می‌باشد. میرایی موج توسط پوشش گیاهی تابعی از ویژگی‌های پوشش مانند هندسه و ساختار، نسبت استغراق، تراکم، سختی، و آرایش مکانی و همچنین شرایط موج مانند ارتفاع موج ورودی، مدت و جهت موج می‌باشد. در پژوهش حاضر، اثر تغییر ارتفاع و چیدمان هندسی پوشش گیاهی صلب با ارتفاع متغیر بر میرایی امواج با استفاده از مدل عددی Flow 3D، مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور کانالی با طول ۴۸۰ cm و عرض ۱۰/۸ cm که پیشتر توسط Wu and Cox (2015) برای مطالعه اثر تراکم گیاهان با ارتفاع متغیر بر میرایی امواج مورد استفاده قرار گرفته است، مدل شد و نحوه‌ی عملکرد سه چیدمان شامل چیدمان بلند به کوتاه، چیدمان کوتاه به بلند و چیدمان زیگزاگ، تحت چهار موج متفاوت که همگی از نوع امواج خطی می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که در این پژوهش، ارتفاع موج به عنوان شاخص میرایی در نظر گرفته می‌شود. نتایج بدست آمده بر اساس اندازه‌گیری ارتفاع امواج در چهار نقطه‌ی متفاوت در طول کانال نشان می‌دهند که رفتار امواج در برخورد با چیدمان‌های متفاوت، از الگوی ثابتی تبعیت می‌کند و نیز تغییر در هندسه پوشش گیاهی می‌تواند تا حد زیادی منجر به افزایش میرایی امواج شود. نتایج نشان می‌دهد که تغییر در چیدمان ارتفاعی می‌تواند باعث تغییر در میرایی تا ۷/۱ درصد شود.

واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی، چیدمان هندسی، کمربند سبز، موج

مقدمه

به ساحل در حفظ سواحل در برابر فرسایش نقش مهمی را ایفا می‌کنند. مطالعه‌ی اثر تغییر ارتفاع، قطر و فواصل ساقه کمک بسزایی در پیش‌بینی و تخمین رفتار موج هنگام ورود به ساحل می‌کند. علاوه بر این تجربه نشان داده که حالات مختلف قرارگیری ارتفاعات می‌تواند باعث تغییراتی در میرایی امواج شوند که این مسئله هدف پژوهش حاضر می‌باشد. با توجه به مطالعات انجام شده در دهه‌های اخیر در زمینه پوشش گیاهی و اثرات آن بر میرایی امواج، همواره متغیرهای زیادی را می‌توان در استهلاک دخیل دانست که توسط پژوهشگران مختلف مطالعه و بررسی شده‌اند. در این میان چینه‌های هندسی ساقه‌ها با ارتفاع متغیر را نیز می‌توان یکی از عوامل مهمی دانست که اطلاع از اثرات آن نقش بسزایی در مطالعه‌ی پوشش‌های گیاهی دارد. لذا در این پژوهش سعی شده با اتکا به دستاوردهای پژوهشگران، مطالعه‌ی کاملی نسبت به این مسئله انجام شود. نتایج تحقیقات به عمل آمده در این زمینه مبین این مطلب است که به طور کلی پوشش گیاهی، مقاومت در برابر جریان را افزایش داده، جریان را کنترل می‌کند و میزان فرسایش و رسوب گذاری را تحت تاثیر قرار می‌دهد (قنبری

یکی از عواملی که می‌تواند اثر قابل توجهی در عملکرد گیاهان ساحلی داشته باشد نحوه‌ی قرارگیری و هندسه‌ی آن‌ها می‌باشد. چیدمان هندسی این گیاهان با ارتفاع متغیر و نحوه‌ی تغییر ارتفاع آن‌ها در امتداد خط ساحلی و یا عمود بر خط ساحلی می‌تواند بر میرایی امواج اثر بسزایی گذارد. این گیاهان علاوه بر جذب انرژی موج رسیده

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی دریا،

دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

۲- استادیار گروه عمران سازه‌های دریایی، دانشکده مهندسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

۳- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۴- کارشناس مطالعات شرکت مهندسین مشاور آب و انرژی اروند

(* نویسنده مسئول: Email: sazehenteghal@yahoo.com

DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.1.17.7

رسوب در حاشیه شهر مشهد مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش نتایج مقایسه میانگین در رابطه با پایداری خاکدانه‌ها نشان داد که با افزایش درصد آسمانه‌ی گیاهی پایداری خاکدانه‌ها افزایش یافت و بیشترین پایداری خاکدانه مربوط به پوشش گیاهی گل‌گاوزبان بود. فضلی و نور (۱۳۹۶)، اثر سناریوهای مختلف درصد پوشش گیاهی بر فرسایش خاک را شبیه‌سازی و مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد کاهش ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصدی پوشش گیاهی به ترتیب باعث افزایش ۲۱، ۴۵ و ۸۲ درصدی فرسایش خاک در منطقه خواهد شد. خلیلی نفت چالی و همکاران (۱۳۹۴) اثر تراکم پوشش گیاهی بر مشخصه‌های جریان غلیظ را بصورت آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم پوشش گیاهی در ارتفاع‌های مختلف، سرعت پیشروی جریان نسبت به بستر صاف به میزان ۱۳ تا ۲۸/۵ درصد و غلظت جریان بین ۵۳/۵۴ تا ۸۱/۲۸ درصد کاهش می‌یابد.

متمدنی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی تاثیر پوشش گیاهی در کاهش اثرات مخرب امواج عبوری از ساحل و توانایی پوشش گیاهی در جذب نیروی امواج را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش ارتفاع موج ورودی، نیروی موج و همچنین سطح برخورد موج با پوشش افزایش یافته و باعث جذب بیشتر نیروی موج توسط پوشش می‌شود. زارعی و همکاران (۱۳۹۵) اثر پوشش گیاهی ساحلی بر میرایی نیروی امواج مخرب منفرد ناشکنا در سواحل شیبدار را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش ارتفاع موج ورودی نیروی اعمال شده بر روی پوشش افزایش می‌یابد. آن‌ها همچنین به این نتیجه رسیدند که با حضور پوشش گیاهی، نیروی مخرب نسبت به شرایط بدون پوشش به طور متوسط ۷۵ درصد می‌یابد. میرزاخانی و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیقات خود به بررسی میرایی موج توسط پوشش گیاهی صلب در سواحل پرداختند و نتیجه گرفتند که پوشش گیاهی به عنوان مانعی برای انتشار موج عمل می‌کند و باعث کاهش انرژی و تضعیف موج می‌شود و ارتفاع موج ورودی به ساحل را کاهش می‌دهد.

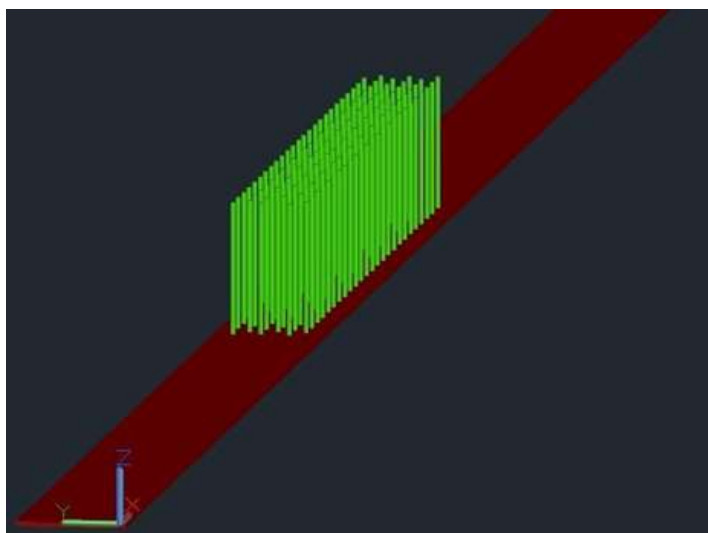
در مطالعات صورت گرفته در زمینه حفاظت از سواحل، به جنبه‌های زیست‌محیطی و تأثیرات منفی برخی سازه‌های حفاظتی بر اکوسیستم منطقه کمتر توجه شده است. با توجه به اهمیت محیط‌زیست دوست بودن سازه‌های آبی و دریایی و اینکه احداث سازه‌های حفاظت از سواحل باعث به هم ریختگی در اکوسیستم منطقه نگردد، در این تحقیق کوشش شده است، اهمیت و چگونگی تأثیر پوشش گیاهی بر میرایی امواج به عنوان یک جایگزین دوست‌دار محیط‌زیست برای سازه‌های موج‌شکن و سازه‌های وابسته به آن بررسی گردد. نوآوری این تحقیق بررسی اثر پوشش گیاهی در حفاظت از سواحل با عنایت به جنبه‌های زیست‌محیطی می‌باشد.

عدیوی و فتحی مقدم، (۱۳۹۳). به‌طور کلی استفاده از پوشش گیاهی با توجه به اهداف هر طرح، بستگی به شرایط محیطی، شدت تخریب پذیری خاک، نوع گیاه، روش کاشت و تثبیت زیستی و مدیریت نگهداری پوشش گیاهی دارد. اولین تحقیق برای بدست آوردن رابطه‌ای بین زبری هیدرولیکی جریان با عمق و سرعت و همچنین نوع و ارتفاع پوشش گیاهی، در آزمایشگاه سازمان حفاظت خاک ایالت کارولینای جنوبی واقع در شهر اسپارترگ ایالت متحده شروع شد. حاصل این آزمایش ارائه‌ی مجموعه‌ی ضرایب زبری کوتر و مانینگ در کانال‌های با عرض ۰/۳ تا ۱/۲ متر و شیب کناره متفاوت بود. (Cook and Campbell, 1939). لی و شین در تحقیقی اثر مقاومت گیاهان با ساقه‌های استوانه‌ای مختلف را در حالت مستغرق بر جریان بررسی کردند. نتایج نشان داد که الگوهای مختلف قرارگیری ساقه‌های استوانه‌ای، تاثیر مهمی بر دبی جریان دارد، علاوه بر آن مدل‌های فیزیکی برای تعیین ضریب زبری با ساقه‌های استوانه‌ای صلب مورد استفاده قرار گرفت، به طوری که یک بخش از این تحقیق، برای محاسبه دبی‌های مختلف منطقه رویش گیاه برنامه ریزی شده بود (Li and Shen, 1973). تحقیقات لی و شین در خصوص محاسبه ضریب اصطکاک، برای یک گیاه منفرد، با CWR، به علاوه محاسبه‌ی ضریب زبری برای پوشش گیاهی (fp) بسیار وسیع بود (Li and Shen, 1973). مطالعه‌ی آزمایشگاهی بر روی مدل پوشش ساحلی مانگرو با استفاده از ساقه‌های استوانه‌ای ایستاده و سخت (بدون انعطاف) صورت گرفت، نتایج نشان داد که در حدود ۱۰ تا ۶۰ درصد انرژی موج حین عبور از این پوشش توسط موانع درختی مستهلک گردید (Kongko, 2004). در شرایط پوشش غیر مستغرق با نسبت طول ساقه (LS) به ارتفاع موج (H) بیش از یک، در مقایسه با شرایط پوششی مستغرق ($LS/H = 0.75$) میرایی موج در هر متر ۵۰ الی ۲۰۰ درصد افزایش می‌یابد (Augustin et al., 2009). مطالعه‌ی تجربی آزمایشگاهی نشان داد که اتلاف انرژی موج بستگی به میزان تراکم پوشش جنگل (شامل چیدمان و عرض پوشش) و قطر تنه‌ی درخت دارد (Furukawa et al., 1997). یک پژوهش تلفیقی، عددی شبه سه بعدی و آزمایشگاهی به منظور تجزیه و تحلیل، تدوین و تعیین فرمول درگ ناشی از پوشش گیاهی انجام شده است. پوشش در دو حالت مستغرق و غیر مستغرق با دو نوع ساقه انعطاف پذیر و ساقه‌ی سخت بدون انعطاف شبیه سازی شده است. در این بررسی، تئوری "پایه کانتیلور" برای محاسبه‌ی میزان انحراف و درگ ناشی از پوشش گیاهی انعطاف پذیر مورد استفاده قرار گرفته شد (Kutija and Erduran, 2003). مطالعه‌ی عددی و آزمایشگاهی بر روی میرایی انرژی موج توسط جنگل‌های ساحلی مانگرو، کارایی این روش را در حفاظت از سواحل آشکار نمود (Harada and Imamura, 2006). گرمئی و همکاران (۱۳۹۶)، در مطالعات خود اثر تراکم سه نوع پوشش گیاهی را بر میزان رواناب و

مواد و روش‌ها

و صحت‌سنجی، از همان هندسه برای مطالعه چیدمان هندسی پوشش گیاهی با ارتفاع متغیر بر میرایی امواج استفاده شده است. در شکل ۱ نمایی از این هندسه‌ی مذکور را که بر اساس تحقیقات Wu and Cox (2015) و با استفاده از نرم افزار AutoCAD طراحی شده است و برای صحت‌سنجی در نرم افزار Flow-3D مورد استفاده قرار گرفته، مشاهده می‌شود.

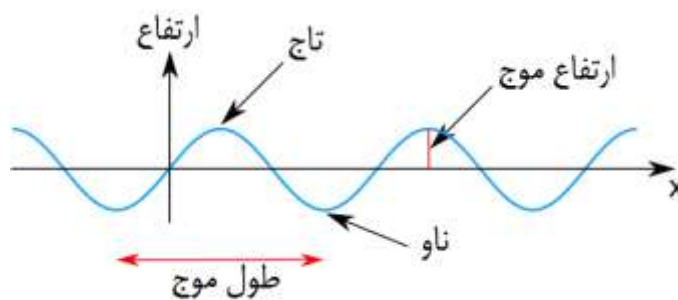
در این پژوهش از یک فلوم به طول ۴۸۰ cm و عرض ۱۰/۸ cm که پیش تر در دانشگاه ایالت اورگان ایالات متحده، توسط Wu and Cox (2015) برای مطالعه اثر تراکم گیاهان با ارتفاع متغیر بر میرایی امواج مورد استفاده قرار گرفته، استفاده شده است. در پژوهش حاضر ابتدا فلوم مذکور، با استفاده از نرم‌افزار مدل شده و پس از کالیبراسیون



شکل ۱- هندسه ی استفاده شده توسط (Wu and Cox 2015)، برای مطالعه‌ی اثر تراکم گیاهان بر میرایی امواج

امواج در جدول ۱ درج شده است. قطر ساقه‌های مورد استفاده ۵ سانتی‌متر و ارتفاع آن‌ها در این تحقیق برابر با ۶، ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ میلیمتر در نظر گرفته شد.

برای این پژوهش ۴ نوع موج مختلف از نوع ایری، با پریود، ارتفاع شاخص و دیگر مشخصات متفاوت در نظر گرفته شده که شماتیک این موج در شکل ۲ نشان داده شده است و مشخصات این



شکل ۲- شماتیک موج ایری

جدول ۱- مشخصات امواج مورد مطالعه

n	H(cm)	T(cm)	H _s (cm)	kh	kα	KC
۱	۱۲	۰/۴	۱/۴۹	۳/۰۴	۰/۱۹	۱۰
۲	۱۲	۰/۶	۱/۸۷	۰/۴۹	۰/۱۲	۱۳
۳	۱۲	۱	۲/۸۲	۰/۷۶	۰/۰۹	۲۸
۴	۱۲	۱/۴	۳/۴۲	۰/۵۲	۰/۰۷	۴۵

کالیبراسیون و صحت‌سنجی مدل عددی

برای کالیبراسیون و صحت‌سنجی بر اساس مطالعات وو و کوکس (Wu and Cox, 2015)، پوششی شامل ۱۵۰ ساقه به ارتفاع ۱۴cm و قطر ۵mm در طول ۹۰cm از فلوم با طول ۴/۸m عرض ۱۰/۴cm ایجاد می‌گردد. موج تابیده شده به پوشش از نوع خطی می‌باشد که ارتفاع آن ۱/۸۷cm با پریود ۰/۶s می‌باشد. پس از طراحی مدل با استفاده از نرم افزار AutoCAD و انتقال مدل به محیط Flow-3D، لازم است تا شبکه‌ی مش‌بندی مناسب انتخاب می‌شد تا شبکه‌ی حل علاوه بر داشتن دقت کافی، از نظر زمانی نیز مناسب و به‌صرفه باشد. با توجه به طول زیاد مدل و عرض کم آن، و نیز با در نظر گرفتن قطر کم ساقه‌ها؛ نیاز است تا دو شبکه‌ی مش‌بندی ایجاد شود، تا در عین حفظ دقت، زمان حل شبکه نیز به حداقل برسد. جدول ۲ تعداد و ابعاد مش‌های در نظر گرفته‌شده و میزان خطای میانگین حاصل از هر کدام را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که برای این پژوهش از دو شبکه مش‌بندی استفاده شده است که نخستین شبکه از ابتدا تا انتهای کانال را شامل می‌شود، و دومین شبکه تنها شامل ابتدا تا انتهای پوشش می‌باشد. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، می‌توان با کوچک در نظر گرفتن ابعاد شبکه‌ی محاسباتی دقت را افزایش داد؛ ولی این نکته را نیز باید در نظر گرفت که کوچک شدن ابعاد شبکه، منجر به افزایش تعداد سلول‌های محاسباتی و در نتیجه افزایش زمان لازم برای حل این شبکه می‌شود. در جدول ۲، حالت شماره‌ی ۳ مناسبترین حالت مش‌بندی می‌باشد، زیرا علاوه بر دقت خوب، مدت زمان لازم برای حل آن نیز قابل قبول می‌باشد. دقت شود که می‌توان با کوچک‌تر در نظر گرفتن این ابعاد، خطای محاسبات را از این مقدار نیز کمتر کرد، ولی به دلیل زمان‌بر بودن این کار، انجام آن به‌صرفه نمی‌باشد.

پس از طراحی کانال و شبیه‌سازی شرایط موردنیاز و نیز یافتن ابعاد مناسب برای شبکه‌ی محاسباتی، به تحلیل نتایج خروجی و مقایسه آن‌ها با نتایج حاصل از پژوهش وی چنگ وو و دنیل تی کوکس (Wu and Cox, 2015) پرداخته خواهد شد. با توجه به چهار موج انتخابی برای آزمایش، از موج حالت دوم ارائه شده در جدول ۱ برای کالیبراسیون و صحت‌سنجی استفاده می‌شود. در این پژوهش از نسبت ارتفاع موج در هر نقطه نسبت به ارتفاع موج شاخص، به عنوان پارامتر (K_v) انتقال یاد شده است (رابطه ۱).

چیدمان مورد بررسی در این پژوهش عبارت‌اند از ساقه‌های استوانه‌ای صلب با آرایش مکانی منظم که در سه حالت ارتفاعی بلند به کوتاه، کوتاه به بلند و زیگزاگ مطالعه می‌شوند. نمای سه‌بعدی از این چیدمان‌ها در بخش‌های بعد نشان داده شده است.

الف- حالت چیدمان بلند به کوتاه

در این حالت ساقه‌های قرار گرفته در ردیف اول دارای بلندترین ارتفاع برابر با ۱۴cm می‌باشند. ساقه‌های ردیف دوم دارای ارتفاع ۱۲cm، ردیف سوم ۱۰cm، و ردیف‌های چهارم و پنجم دارای ارتفاع به ترتیب ۸cm و ۶cm می‌باشند. این الگوی هندسی، از نقطه‌ی شروع پوشش، یعنی از فاصله‌ی ۱/۳m از ابتدای کانال، تا ۹۰cm پس از آن متناوباً ادامه می‌یابد. دقت شود در تحلیل با نرم افزار Flow-3D و در کلیه نتایج ارائه شده، نقطه‌ی شروع پوشش به عنوان مبدأ طولی در نظر گرفته می‌شود. شکل ۳-الف نمای سه‌بعدی از این چیدمان را نشان می‌دهند.

ب- حالت چیدمان کوتاه به بلند

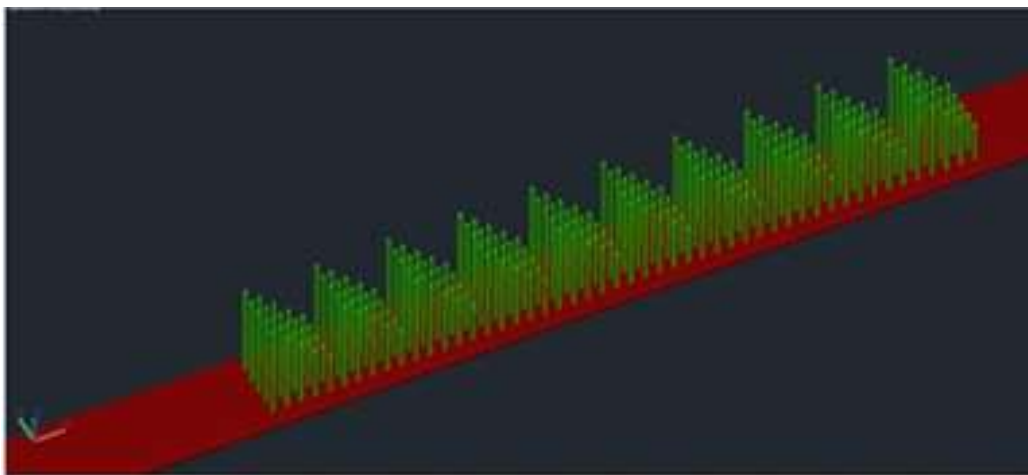
در این حالت ساقه‌های قرار گرفته در ردیف اول دارای کوتاه‌ترین ارتفاع برابر با ۶cm، و ردیف‌های دوم تا پنجم به ترتیب دارای ارتفاع ۸cm، ۱۰cm، ۱۲cm، ۱۴cm می‌باشند. این الگوی هندسی، از نقطه‌ی شروع پوشش، یعنی از فاصله‌ی ۱/۳m از ابتدای کانال، تا ۹۰cm پس از آن متناوباً ادامه می‌یابد. شکل ۳-ب نمای سه بعدی از این چیدمان را نشان می‌دهند.

ج- حالت چیدمان زیگزاگ

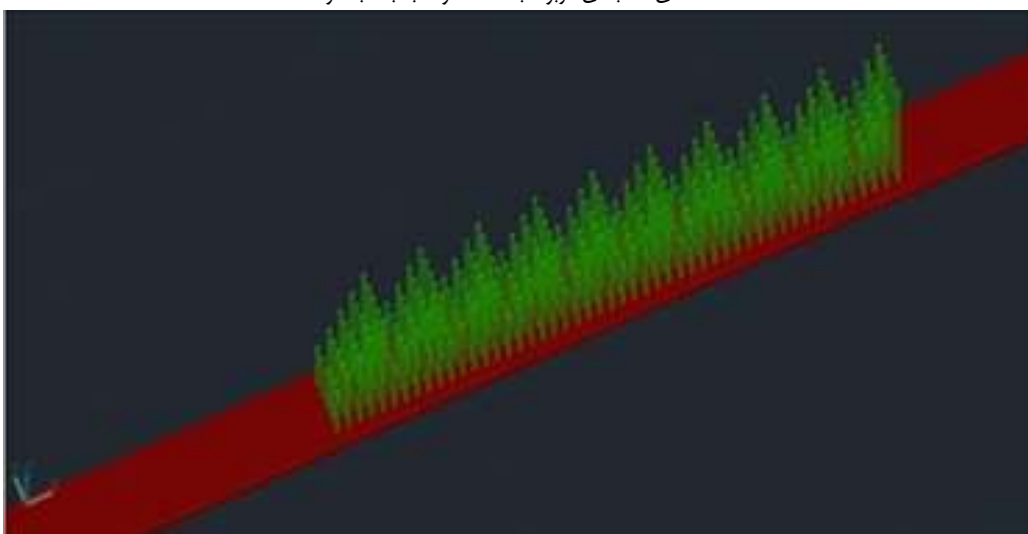
در این حالت طول ساقه‌های قرار گرفته در ردیف اول از چپ به راست و از بزرگ به کوچک تغییر می‌کنند. به همین منوال ساقه‌های ردیف دوم، برعکس ردیف اول از راست به چپ و از بزرگ به کوچک تغییر می‌کنند. این الگوی هندسی، از نقطه‌ی شروع پوشش، یعنی از فاصله‌ی ۱/۳m از ابتدای کانال، تا ۹۰cm پس از آن متناوباً ادامه می‌یابد. شکل ۳-ج نمای سه بعدی از این چیدمان را نشان می‌دهند.

جدول ۲- تعداد و ابعاد مش‌های در نظر گرفته‌شده

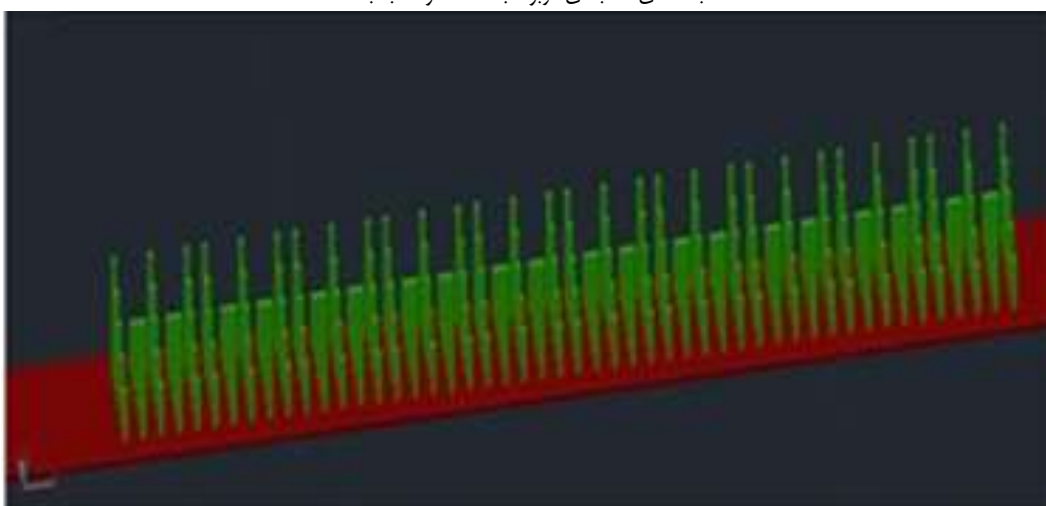
n	ابعاد شبکه اصلی (m)	ابعاد شبکه فرعی (m)	تعداد کل سلول‌های شبکه	خطای میانگین (درصد)
۱	۰/۰۱	۰/۰۰۳	۹۰۴۱۸۶	۱۵/۴
۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲	۲۷۸۵۳۲۰	۵/۱
۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۳۵۷۹۷۲۰	۲/۵



الف- نمای سه بعدی مربوط به حالت کوتاه به بلند به کوتاه



ب- نمای سه بعدی مربوط به حالت کوتاه به بلند

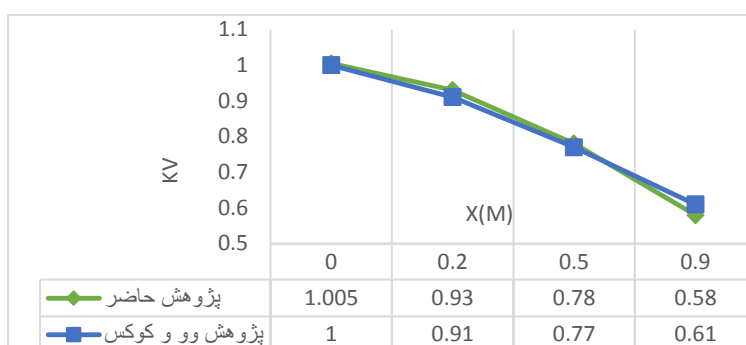


ج- نمای سه بعدی مربوط به حالت زیگزاگ
شکل ۳- نمای سه بعدی چیدمان پوشش گیاهی

جدارها صرف نظر شده است. این شکل که مهمترین نتیجه گیری در پژوهش حاضر می باشد، در واقع نشان دهنده ی نحوه ی میرایی امواج پس از ورود به محدوده ی پوشش گیاهی و شدت استهلاک ناشی از پوشش گیاهی بدون در نظر گرفتن اطاقک کف و دیواره است. در شکل ۹ ارتفاع امواج در چهار نقطه ی $X=0$ ، $X=0/2$ ، $X=0/5$ و $X=0/9$ ؛ اندازه گیری شده است. پس از استخراج این مقادیر از تحقیقات وی چنگ وو و دنیل تی کوکس، و نیز محاسبه ی ارتفاع به روش CFD، مقادیر خطا محاسبه شده. این مقادیر در جدول ۳ ارائه شده است.

$$K_v = \frac{H(x)}{H_s} \quad (1)$$

نتایج آزمایش به صورت ارائه شده در شکل ۴ می باشد. شکل ۴ نحوه ی تغییر پارامتر انتقال (K_v) را در چهار نقطه ی اندازه گیری شده نشان می دهد. نمودار مربعی شکل اندازه گیری هایی است که توسط وی چنگ وو و دنیل تی کوکس در آزمایشگاه مکانیک سیالات دانشگاه اریگان و بر اساس حالت موج شماره ۲ طبق جدول ۱ اندازه گیری شده اند و نمودار لوزی شکل اندازه گیری هایی است که به روش CFD اندازه گیری شده اند. در این اندازه گیری از اصطکاک کف و



شکل ۴- مقایسه نتایج مطالعات (Wu and Cox (2015)، با نتایج حاصل از پژوهش حاضر

جدول ۳- محاسبه ی میزان خطا در پژوهش حاضر در مقایسه با پژوهش (Wu and Cox (2015)

میزان خطا %	نتایج Wu and Cox (2015)	نتایج پژوهش حاضر	نقاط اندازه گیری	شماره نقاط
۰/۵	۱	۱/۰۰۵	۰	۱
۳/۲۹	۰/۹۱	۰/۹۴	۰/۲	۲
۱/۲۹	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۵	۳
۴/۹۱	۰/۶۱	۰/۵۸	۰/۹	۴

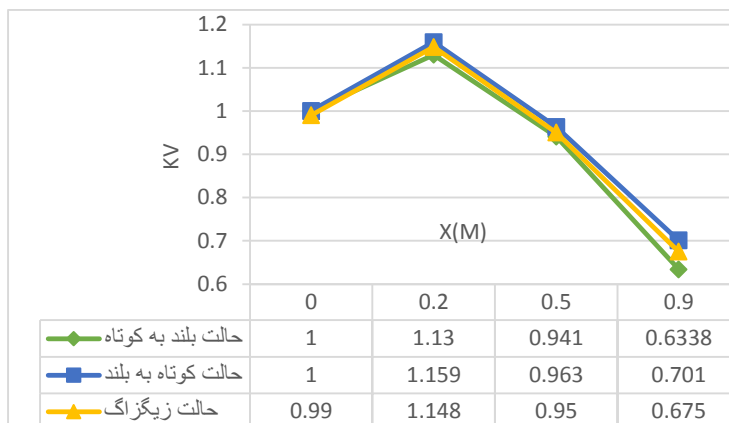
موج شماره ۱

شکل ۵، اثر سه حالت چیدمان ارتفاعی بلند به کوتاه، کوتاه به بلند و زیگزاگ را بر میرایی موج شماره ۱ نشان می دهد. در این حالت مشاهده می شود که بیشترین میرایی مربوط به حالت بلند به کوتاه، و پس از آن حالت زیگزاگ دارای بیشترین میرایی می باشد و نیز مشاهده می شود که حالت کوتاه به بلند کمترین میرایی را سبب می شود. همچنین در اولین بازه ی اندازه گیری، مشاهده می شود که موج اندکی افزایش ارتفاع می دهد، که این امر به دلیل اصل پیوستگی می باشد. این تغییر در تمامی چیدمان ها مشاهده می شود.

همینطور که در جدول ۳ مشاهده می شود، تفاوت مقادیر اندازه گیری شده در آزمایشگاه توسط وو و کوکس (Wu and Cox, 2015) و مقادیر محاسبه شده به روش CFD تفاوتی ناچیز و کمتر از ۵٪ را نشان می دهد. با استناد به این موضوع و اطمینان از دقت مدل مورد استفاده، می توان با استفاده از این مدل به بررسی اثر چینش هندسی پوشش گیاهی با ارتفاع متغیر بر میرایی امواج پرداخت.

نتایج و بحث

با توجه به جدول ۱، در این پژوهش چهار موج مختلف در نظر گرفته شد و برای هر طول موج هر سه حالت چیدمان مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۵- اثر پوشش گیاهی بر پارامتر Kv تحت موج شماره ۱

شده است. شبیه سازی و نتایج حاصل از آن به صورت شکل ۶ می-باشد. شکل ۶، اثر سه چیدمان ارتفاعی بلند به کوتاه، کوتاه به بلند و زیگزاگ، بر میرایی موج شماره ۲ را نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل بیان شده است، چیدمان حالت بلند به کوتاه منجر به بیشترین میرایی از بین سه حالت موجود می‌شود، و کمترین میرایی توسط چیدمان حالت کوتاه به بلند اتفاق می‌افتد. در این حالت، حداقل مقدار پارامتر Kv که موج در عبور از پوشش به آن می‌رسد، برابر ۰/۶۴۱ می‌باشد، که این مقدار مربوط به چیدمان ارتفاعی فرعی بلند به کوتاه و در انتهای پوشش می‌باشد و حداکثر مقدار پارامتر Kv، به ازای چیدمان ارتفاعی کوتاه به بلند می‌باشد، که این مقدار در دومین نقطه-ی اندازه‌گیری و برابر با ۱/۱۶۲ می‌باشد. نتایج مربوط به درصد میرایی مربوط حالت های فرعی حالت منظم با فواصل یکسان در جدول ۶ ذکر شده است.

در جدول ۷، مشاهده می‌شود که همان الگوی میرایی تحت اثر موج شماره ۱، در این حالت نیز تکرار شده و بیشترین و کمترین میرایی به ترتیب تحت چیدمان‌های بلند به کوتاه و کوتاه به بلند انجام می‌شود.

موج شماره ۳

در این حالت با انتخاب موج شماره ۳ به عنوان موج مبنا، این سه چیدمان ارتفاعی به ترتیب مورد بررسی قرار گرفت. این موج که از نوع ایری می‌باشد، ارتفاع و پرپود و سایر ویژگی های آن در جدول ۱ ذکر شده است. شبیه‌سازی و نتایج حاصل از آن به صورت شکل ۷ می-باشد. همانطور که در شکل ۷ مشخص است، تحت این موج، حداقل مقدار پارامتر Kv که موج در عبور از پوشش به آن می‌رسد، برابر ۰/۶۴۷ می‌باشد، که این مقدار مربوط به چیدمان ارتفاعی بلند به کوتاه و در انتهای پوشش می‌باشد و حداکثر مقدار پارامتر Kv، به ازای چیدمان ارتفاعی کوتاه به بلند می‌باشد، که این مقدار در دومین نقطه-ی اندازه‌گیری و برابر با ۰/۱۶۸ می‌باشد. در این حالت نیز بیشترین

با توجه به شکل ۵، حداقل مقدار پارامتر Kv که موج در عبور از پوشش به آن می‌رسد، برابر ۰/۶۳۴ می‌باشد، که این مقدار مربوط به چیدمان ارتفاعی بلند به کوتاه و در انتهای پوشش می‌باشد. همچنین حداکثر مقدار پارامتر Kv، به ازای چیدمان ارتفاعی کوتاه به بلند می-باشد، که این مقدار در دومین نقطه‌ی اندازه‌گیری و برابر با ۱/۱۵۹ می‌باشد. ارتفاع موج در هر نقطه‌ی اندازه‌گیری، از حاصلضرب پارامتر Kv در ارتفاع اولیه موج بدست می‌آید. برای درک بهتر از میرایی برای هر حالت فرعی، پارامتر درصد میرایی مطابق رابطه‌ی (۲) تعریف می-شود:

$$POD = (1 - K_v) \times 100 \quad (2)$$

در رابطه‌ی (۲)، POD درصد میرایی می‌باشد و Kv برابر مقدار این پارامتر در آخرین نقطه‌ی اندازه‌گیری است. نتایج مربوط به درصد میرایی مربوط چیدمان ارتفاعی در اثر موج شماره ۱ در جدول ۵ ذکر شده است.

جدول ۵- درصد میرایی تحت اثر موج ۱

چیدمان	POD(درصد)
حالت بلند به کوتاه	۳۶/۶۲
حالت کوتاه به بلند	۲۹/۹۰
حالت زیگزاگ	۳۲/۵۰

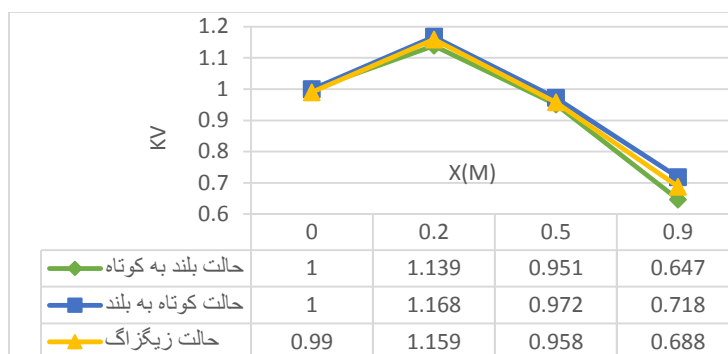
همانطور که در جدول ۵ مشخص است، بیشترین درصد میرایی مربوط به حالت چیدمان ارتفاعی بلند به کوتاه، و کمترین درصد مربوط به چیدمان ارتفاعی کوتاه به بلند می‌باشد.

موج شماره ۲

در این حالت با انتخاب موج شماره ۲ به عنوان موج مبنا، این سه چیدمان ارتفاعی به ترتیب مورد بررسی قرار گرفت. این موج از نوع ایری می‌باشد و ارتفاع، پرپود و سایر ویژگی‌های آن در جدول ۱ ذکر

درصد میرایی مربوط به این چیدمان‌ها تحت موج شماره ۳ در جدول ۷ ذکر شده است.

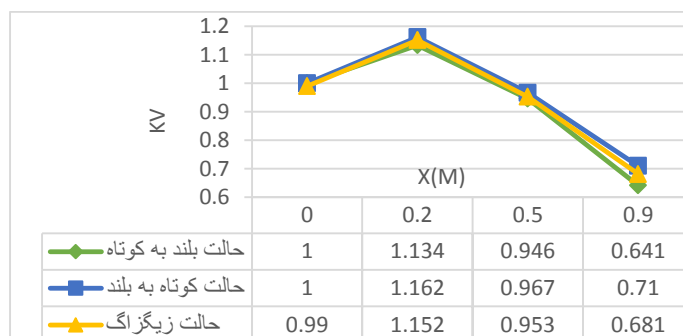
میرایی مربوط به چیدمان ارتفاعی بلند به کوتاه و کمترین میرایی مربوط به چیدمان ارتفاعی کوتاه به بلند می‌باشد. نتایج مربوط به



شکل ۶- اثر پوشش گیاهی بر پارامتر Kv تحت موج شماره ۲

جدول ۶- درصد میرایی تحت اثر موج ۲

چیدمان	POD(درصد)
حالت بلند به کوتاه	۳۵/۹
حالت کوتاه به بلند	۲۹
حالت زیگزاگ	۳۱/۹



شکل ۷- اثر پوشش گیاهی بر پارامتر Kv تحت موج شماره ۳

جدول ۷- درصد میرایی تحت اثر موج ۳

چیدمان	POD(درصد)
حالت بلند به کوتاه	۳۵/۳
حالت کوتاه به بلند	۲۸/۲
حالت زیگزاگ	۳۲/۲

چیدمان‌های این پژوهش به ترتیب مورد بررسی قرار گرفت. این موج که از نوع ابری می‌باشد، ارتفاع و پریود و سایر ویژگی‌های آن در جدول شماره ۱ ذکر شده است. شبیه‌سازی و نتایج حاصل از آن به صورت شکل ۸ می‌باشد. بر اساس شکل ۸، حداقل مقدار پارامتر Kv که موج در عبور از پوشش به آن می‌رسد، برابر ۰/۶۴۹ می‌باشد، که این مقدار مربوط به چیدمان ارتفاعی بلند به کوتاه و در انتهای پوشش

طبق جدول ۷، مشاهده می‌شود که بیشترین میرایی مربوط به چیدمان کوتاه به بلند و کمترین آن مربوط به چیدمان کوتاه به بلند می‌باشد.

حالت موج شماره ۴

در این حالت با انتخاب موج شماره ۴ به عنوان موج مینا،

ارتفاعی بلند به کوتاه و کمترین میرایی مربوط به چیدمان ارتفاعی کوتاه به بلند می‌باشد. نتایج مربوط به درصد میرایی مربوط به این سه چیدمان ارتفاعی در جدول ۸ ذکر شده است.

می‌باشد و حداکثر مقدار پارامتر K_v ، به ازای چیدمان ارتفاعی کوتاه به بلند می‌باشد، که این مقدار در دومین نقطه‌ی اندازه‌گیری و برابر با $1/171$ می‌باشد. در این حالت نیز بیشترین میرایی مربوط به چیدمان



شکل ۸- اثر پوشش گیاهی بر پارامتر K_v تحت موج شماره ۴

جدول ۸- درصد میرایی تحت اثر موج ۴

چیدمان	POD(درصد)
حالت بلند به کوتاه	۳۵/۱
حالت کوتاه به بلند	۲۸
حالت زیگزاگ	۳۰/۹

آن ارتفاع موج کاهش می‌یابد، تا در آخرین نقطه‌ی اندازه‌گیری که همان نقطه‌ی $X=0/9$ m می‌باشد به حداقل مقدار خود می‌رسد. با شروع فرآیند تابیدن موج به پوشش، و پس از برخورد موج به اولین ساقه‌های قرار گرفته در کانال، افزایش در ارتفاع موج رخ خواهد داد. این پدیده به دلیل اصل پیوستگی جریان می‌باشد و ارتباط مستقیمی با مساحت قسمتی از ساقه‌ها که در معرض حرکت موج و جریان قرار می‌گیرند، دارند. این مساحت که سطح ممانعت جانبی نام دارد عامل بسیار مهمی در میرایی امواج محسوب می‌شود. با دقت در نتایج، می‌توان مشاهده کرد که اختلاف موجود میان چیدمان‌های هندسی مختلف که در واقع همان اختلاف در سطح ممانعت جانبی پوشش در هر مقطع می‌باشند، سبب تغییر در میزان میرایی و استهلاک امواج می‌شود. با بررسی نمودارهای حاصل از نتایج می‌توان دریافت که در لحظه‌ی برخورد موج به پوشش، انرژی موج حداکثر میزان خود را دارد و به مرور موج با گذر از پوشش و از دست دادن مقداری از انرژی خود، اثر سطح ممانعت جانبی بیشتر و واضح‌تر خواهد بود. از این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که برای دستیابی به حداکثر میرایی در پوشش گیاهی با ارتفاع متغیر لازم است که حداکثر سطح ممانعت جانبی در ابتدای پوشش و در مواجهه با حداکثر انرژی موج باشد. نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر و نیز اطلاعات بدست آمده از پژوهش وو و کوکس نشان می‌دهند که با مدیریت سطح ممانعت جانبی از

در جدول ۸ مشاهده می‌شود که بیشترین و کمترین میرایی به ترتیب مربوط به چیدمان بلند به کوتاه و کوتاه به بلند می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با انتخاب چهار حالت موج متفاوت و سه چیدمان ارتفاعی مختلف، شبیه‌سازی بالا انجام شده است. در هر چیدمان اندازه‌گیری‌ها در چهار نقطه‌ی مشترک و یکسان برای ارتفاع موج انجام شده و در نهایت با بدست آوردن ضریب K_v ، نسبت میرایی موج در اثر وجود پوشش در طول پوشش گیاهی به صورت شکل‌های بالا ارائه شده است. با دقت در نتایج، می‌توان دریافت که تغییر در نوع چیدمان هندسی پوشش گیاهی منجر به تغییر در میرایی امواج رسیده به ساحل می‌شود. این میرایی علاوه بر چیدمان هندسی پوشش مورد بررسی، به عوامل دیگر همچون ضخامت ساقه‌ها، انعطاف‌پذیری، تراکم، ارتفاع ساقه‌ها و عرض پوشش بستگی دارد که این موارد از موضوع این پژوهش خارج می‌باشند. با برخورد موج به پوشش، از آنجایی که این ساقه‌ها دارای سطحی در برابر جریان هستند، لذا طبق قانون پیوستگی، سطح موجود جهت عبور جریان کاهش یافته و در نتیجه ارتفاع موج و پارامتر K_v کمی افزایش می‌یابد. و پس از آنکه موج مقدار قابل توجهی از انرژی خود را از دست داد، مشاهده می‌شود که پارامتر K_v و به تبع

- Cavallaro L., Re, C.L., Paratore, G., Viviano, A. and Foti, E. 2010. Response of Posidonia oceanic to wave motion in shallowwaters: Preliminary experimental results. Proceedings of the 32nd International Conference on Coastal Engineering. Coastal Engineering Research Council. 1-10.
- Cook, H.L. and Campbell, F.B. 1939. Characteristics of some meadow strip vegetation. Agricultural Engineering. 20:345-348.
- Cooper, N.J. 2005. Wave dissipation across intertidal surfaces in the Wash Tidal inlet, Eastern England. Journal of Coastal Research. 21(1): 28-40.
- Dean, R.G. 1979. Effects of vegetation on shoreline erosional processes. Wetland Function and Values: The State of Our Understanding. 1: 415-426.
- Dean, R.G., and Dalrymple, R.A. 1991. Water Wave Mechanics for Engineers and Scientist. World Scientific Publishing. Singapore.
- Dubi, A. 1995. Damping of water waves by submerged vegetation: A case study on Laminaria hyperborea. PhD thesis. University of Trondheim, the Norwegian Institute of Technology, Trondheim, Norway.
- Fathi Moghadam, M., Drikundi, K.h., Masjidi, A. and M. 2012. Investigation of the Effect of Vegetation Density and Flexibility on Roughness Coefficients in Riverside and Flood Plains, Iranian Water Resources Research Quarterly, Year 8, Issue 2, Fall 91.
- Fathi Moghadam, M. and Zaraei, M. 2016. Investigation of the Effect of Coastal Vegetation on the Damping of Destructive Force of Unbreakable Individual Waves on Shabidar Coasts, Journal of Irrigation and Water Engineering, Year 7, No. 26.
- Furukawa, K., Wolanski, E. and Mueller, H. 1997. Currents and sediment transport in mangrove forests. Estuar Coast Shelf Sci 44:301-310.
- Harada, K. and Imamura, F. 2006. Experimental study on the resistance by mangrove under unsteady flow, Proc. Congress. Asian and Pacific Coastal Engineering Dalia, 984-975.
- Jellilund, R., M. Zeid Ali, L. Nouri Hindi and M. 2012. Investigating the advantages and disadvantages of protection and organization of beaches with vegetation against morphological changes, Fifth National Conference and Specialized Environment Exhibition, 90.
- Journal 629, Guide to the Design and Implementation of a Coastal Protection Structure.
- Kongko, W. 2004. Study on tsunami energy dissipation in mangrove forest, Master Thesis Report, wate University, Japan, 43 pages.
- Kutija, V. and Erduran, K. S. 2003. Quasi-three-dimensional numerical model for flow through طریق تغییر در تراکم یا تغییر در هندسه‌ی پوشش، با ثابت نگه داشتن سایر پارامترهای موثر در میرایی امواج در پوشش‌های گیاهی، می‌توان میرایی را تا حد زیادی افزایش داد (Wu and Cox, 2015).
- ### منابع
- خلیلی نفت‌چالی، آ. خزیمه‌نژاد، ح. اکبرپور، ا. ورجاوند، پ. ۱۳۹۴. بررسی آزمایشگاهی تأثیر تراکم پوشش گیاهی بر مشخصه‌های جریان غلیظ. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۹ (۱): ۸۳-۹۵.
- زارعی، م. فتحی‌مقدم، م. داوودی، ل. ۱۳۹۵. بررسی اثر پوشش گیاهی ساحلی بر میرایی نیروی مخرب امواج منفرد ناشکنا در سواحل شبیدار. نشریه مهندسی آبیاری و آب ایران. ۷ (۲۶): ۷۵-۶۲.
- گرمئی، ا. امامی، ح. خراسانی، ر. ۱۳۹۶. اثر تراکم سه نوع پوشش گیاهی بر میزان رواناب و رسوب در حاشیه شهر مشهد. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۱ (۱): ۱۱-۲۰.
- فضلی، س. نور، ح. ۱۳۹۶. شبیه‌سازی و ارزیابی اثر سناریوهای مختلف درصد پوشش گیاهی بر فرسایش خاک. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۱ (۴): ۵۶۲-۵۷۱.
- قنبری عدیوی، ا. فتحی‌مقدم، م. ۱۳۹۳. مروری بر تحقیقات استهلاک و میرایی امواج دریا از طریق پوشش گیاهی ساحلی. فصلنامه علوم و فناوری دریا. ۱۸ (۷۰): ۶۲-۵۴.
- معمدی‌نژاد، ع. فتحی‌مقدم، م. زارعی، م. ۱۳۹۴. بررسی آزمایشگاهی اثر پوشش گیاهی ساحلی بر کاهش نیروی امواج شکنا. دهمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
- میرزاخانی، گ. قنبری عدیوی، ا. فتاحی‌نافچی، ر. ۱۳۹۸. میرایی موج توسط پوشش گیاهی صلب در سواحل. دومین همایش ملی مدیریت منابع طبیعی با محوریت آب، سیل و محیط زیست. دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.
- Asano, T. S. Sutsui, T. and Sakai.T. 1988. Wave damping characteristics due to seaweed. Proceedings of the 35th Coastal Engineering Conference in Japan. JSCE. 138-142 (in Japanese).
- Asano, T., Deguchi, H. and N. Kobayashi. 1992. Interactions between water waves and vegetation. Proceedings of the 23rd International Conference on Coastal Engineering. ASCE. 2710-2723.
- Augustin, L.N., Irish, J.L. and Lynett, P. 2009. Laboratory and numerical studies of wave damping by emergent and near emergent wetland vegetation. Coastal Engineering. 56(3): 332-340.

Division, ASCE. 99(5):739-814.

Wu, W.C. and Cox, D, T. 2015. Effects of Vertical Variation in Vegetation Density on Wave Attenuation. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering. Volume 142 Issue 2.

flexible, rigid, submerged and non-sub merged vegetation. Journal of Hydro informatics. 35(3): 189-202.

Li, R.M. and Shen, H.W. 1973. Effect of tall vegetations on flow and sediment. Journal of the Hydraulics

Study of the Effect of Changing the Elevation of Vegetation with Regular Layout on Wave Reduction using Flow-3D Numerical Model

S.A. Ghaheri Nejad¹, M. Behdarvandi Askar^{*2}, M. Ansari Ghojghar³, E. Parsi⁴

Received: Nov.17, 2020

Accepted: Jan.12, 2021

Abstract

The development of water waves through submerged and non-submerged vegetation is accompanied by a loss of energy through the resistive force of the vegetation, resulting in a decrease in wave height. Wave damping by vegetation is a function of cover characteristics such as geometry and structure, immersion ratio, density, hardness, and spatial arrangement, as well as wave conditions such as input wave height, duration, and wave direction. In the present study, the effect of geometric arrangement of vegetation with variable height on wave damping has been investigated using the Flow 3D numerical model. For this purpose, a channel with a length of 480 cm and a width of 10.8 cm, which has been previously used by Cox and Wu (2015) to study the effect of plant density with variable height on wave damping, is modeled. The operation of the three arrangements, including long to short arrangement, short to long arrangement, and zigzag arrangement, is examined under four different waves, all of which are linear waves. It should be noted that in this study, wave height is considered as a damping index. The results obtained by measuring the height of the waves at four different points along the channel show that the behavior of the waves in dealing with different arrangements follows a fixed pattern and also changes in the geometry of the vegetation can greatly lead to increase the damping of the waves. The results show that a change in height arrangement can cause a change in damping of up to 7.1%.

Keywords: Geometric layout, Green belt, Vegetation, Wave

1- M.Sc. Graduate, hydraulic Structures, Faculty of Marine Engineering, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

2- Assistant Professor, Department of Offshore Structures, Faculty of Marine Engineering, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

3- Ph.D. Student, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

4- Study Expert, Arvand Water and Energy Consulting Engineers Company, Ahvaz, Iran

(*- Corresponding Author Email: sazehenteghal@yahoo.com)