



بررسی آزمایشگاهی کارایی پوشش جنگلی ساحلی در کاهش نرخ انتقال رسوب کرانه ساحل

حامدجلیل مصیر^۱، روح اله فتاحی^۲، الهام قنبری عدیوی^۳، مهدی اسدی آقبلاغی^۴

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۰۸/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۴

مقاله علمی پژوهشی می باشد

چکیده

تمرکز این پژوهش، بر مطالعه اثر امواج، پیش‌بینی و برآورد نرخ انتقال رسوب تحت تاثیر تراکم‌های مختلف پوشش جنگلی ساحلی می‌باشد. آزمایش‌ها بر پایه اثربخشی درخت مانگرو برای کاهش انرژی سونامی، به وسیله یک ساختار درختچه مصنوعی شبیه‌سازی شده پلی‌اتیلنی انجام گردید. این پوشش دارای یک ساختار سخت شامل سیستم تنه به قطر ۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر و ریشه به قطر ۱ سانتی‌متر و ساختار نرم شامل شاخه و برگ می‌باشد. آزمایش‌ها به ازای دو چیدمان درختی مستطیلی و مثلثی با فواصل طولی ۱۵×۱۵، ۲۰×۱۵، ۱۵×۲۰ و ۲۰×۲۰ (سانتی‌متر)، ۴ عرض پوشش با اندازه‌های ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۷۵ سانتی‌متر، ۳ ارتفاع موج ورودی ۶، ۹ و ۱۲ سانتی‌متر، شیب ساحل ثابت و افقی و قطر رسوب ۰/۳۵ میلی‌متر انجام گردید. نیروی وارد شده ناشی از موج به بدنه ساحلی و پوشش جنگلی ساحلی با استفاده از روش اندازه‌گیری مستقیم به کمک نیروسنج الکترونیکی (لودسل^۵) نصب شده در جلوی قسمت متحرک تکیه‌گاه لبه چاقویی و سرعت موج با استفاده دستگاه سرعت‌سنج داپلر صوتی (ای‌دی‌وی^۶) اندازه‌گیری شدند. میزان رسوب منتقل شده با استفاده از روش وزنی در هر آزمایش تعیین گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که وجود پوشش جنگلی، نرخ انتقال رسوب را معادل ۴۱/۱۷ درصد کاهش می‌دهد. به طوری که با انتخاب چیدمان پوشش جنگلی به صورت مثلثی و متراکم‌تر، نیروی مقاوم کششی بیشتری در مقابل نیروی پیشران موج عمل نموده و در نهایت توان موج برای جابجایی و انتقال رسوب کاهش یافته است.

واژه‌های کلیدی: تراکم، جنگل، ساحل، نرخ انتقال رسوب.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه شهرکرد - hamedjalilmasir10@gmail.com

^۲ دانشیار، عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد - fattahi@sku.ac.ir

^۳ استادیار، عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد - Elhamgh44@gmail.com - نویسنده مسئول

^۴ استادیار، عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد - mahdi.asadi.a@gmail.com

^۵ Load cell

^۶ ADV

مقدمه

تغییر در طبیعت و الگوی پدیده‌های دریا توسط بشر با احداث بندار و سازه‌های ساحلی، منجر به روبرو شدن این مناطق با مسائل عدیده‌ای گردید که مهم‌ترین آن‌ها تغییر الگوی جریان منطقه و به تبع آن مسئله مهم رسوب‌گذاری می‌باشد. با تغییر رژیم جریان و شکست امواج در بعضی از نواحی به علت فقدان سرعت کافی و ناپایدار شدن موج پیش‌رونده به دلیل افزایش نسبت ارتفاع به طول موج بر اثر پدیده‌های فیزیکی از جمله کم‌ژرفایی، امکان رسوب‌گذاری به وجود می‌آید و در مقابل در بعضی از نواحی ساحلی دریا دچار فرسایش می‌شود. این عوامل باعث تغییر شرایط بستر در داخل بندار و نواحی ساحلی اطراف آن‌ها می‌گردند. بنابراین اکثر بندار و تاسیسات ساحلی تحت تاثیر حمل و نقل مواد رسوبی در کرانه ساحلی می‌باشند. پدیده انتقال رسوب از جمله فرآیندهای هیدرودینامیکی مهمی است که بسیاری از سیستم‌های هیدرولیکی و سازه‌های عمرانی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و عدم اطلاع دقیق از میزان آن خسارات بسیاری را موجب می‌شود (شاهی‌نژاد و دهقانی، ۱۳۹۶). از این رو مدیریت مناسب سواحل، مقابله با تخریب‌های این پدیده و نگاه‌داشت بهتر محیط زیست مستلزم استفاده از روش مقابله متناسب با هر منطقه ساحلی می‌باشد. بنابراین از روش طبیعی کنترل و مقابله بیولوژیکی پوشش جنگلی که نقش عمده‌ای در توسعه و محافظت از زیست‌بوم‌ها ایفا می‌کند، استفاده می‌گردد. به کارگیری روش‌های سازه‌ای مانند انواع موج‌شکن به منظور حفاظت از سواحل در مقابل امواج سونامی، به ویژه در مناطقی که اجرای آن غیرممکن می‌نماید، به دلیل بر هم زدن تعادل اکولوژیکی و شرایط زیست‌محیطی، اثرات زیان‌باری را بر جای می‌گذارد. این در حالی است که اغلب بررسی‌های به عمل آمده از مناطق ساحلی پس از وقوع سونامی (به‌خصوص بعد از سونامی ۲۰۰۴ اقیانوس هند)، مبین اثرات جنگل‌های ساحلی بر کاهش انرژی موج می‌باشد (Thuy et al., 2009). همچنین نتایج مطالعات انجام شده صحرائی در

مورد ۵ منطقه مسکونی متفاوت در امتداد یک ساحل، نشان داد که در مورد ۳ منطقه، که در پشت حصارهایی از جنگل‌های ساحلی مانگرو قرار داشتند در اثر طوفان-های دریایی و سونامی خرابی نداشتند، در حالی که ۲ منطقه دیگر که بدون حفاظ بودند، بارها توسط طوفان-های دریایی و سونامی دچار خرابی شدند (Danielsen et al., 2005). پوشش جنگلی نقش مهمی در کنترل رسوب و سایر آلاینده‌ها از طریق جذب مستقیم آن‌ها و یا تغییر خصوصیات هیدرودینامیکی جریان دارد. تاثیر پوشش جنگلی در نیروی درگ، شدت آشفستگی و پخشیدگی، برای شناخت این تغییرات هیدرودینامیکی حائز اهمیت است. نیروی درگ اعمالی از سوی پوشش باعث کاهش سرعت متوسط جریان و در نتیجه افزایش رسوب گذاری با کاهش تنش برشی نزدیک بستر می‌شود. همچنین این افزایش در نیروی درگ می‌تواند منجر به افزایش عمق جریان و زمان توقف در سامانه و تاثیرات متعاقب آن بر رفتارهای بیولوژیکی گونه‌های مختلف گردد (Nepf., 1999). افزایش تراکم پوشش جنگلی و افزایش انسداد مقطع عبوری رویشی و کاهش سرعت جریان در داخل پوشش جنگلی، موجب افزایش قابل توجه ته‌نشینی رسوب خالص می‌گردد (Vastila and Jarvela., 2017). همچنین افزایش قطر متوسط ذرات رسوب و کاهش شیب رسوب‌های ساحل منجر به کاهش شدت تخریب ساحل و نرخ انتقال رسوب می‌گردد (لشته‌نشایی و همکاران، ۱۳۸۵). اما نرخ انتقال رسوب بیش از هر عامل دیگری همچون شیب به پوشش پایه ساقه حساس است. سطح یا پوشش پایه ساقه نقش مهمی در کاهش نرخ انتقال رسوب ایفا می‌کند و باید به عنوان یک ابزار موثر برای کاهش نرخ انتقال رسوب و در نتیجه حفاظت از خاک مورد توجه قرار گیرد (Mu et al., 2019). با توجه به آن چه که به طور مختصر اشاره شد، مشخصه‌های پوشش جنگلی از قبیل تراکم، شکل، انعطاف‌پذیری، ارتفاع نقش مهمی در ساختارهای جریان به ویژه آشفستگی جریان و بالتبع نرخ انتقال رسوب دارند. همچنین مدیریت زیست‌محیطی سواحل که امروزه بسیار مورد توجه می‌باشد، نیازمند آگاهی از



نیمه تجربی و مدل‌های پارامتریک زیادی برای پیش-بینی نرخ انتقال رسوب در امتداد ساحل به صورت تابعی از مشخصه‌های امواج، جریانات و ارزیابی تغییرات مکانی در حین انتقال، به منظور تعیین عوارض مورفولوژیکی پیشنهاد شده است. این روابط به دلیل این که برای سواحل خاصی به دست آمده‌اند، ممکن است جواب‌های حاصل از آن‌ها نیز در سواحل دیگر به طور دقیقی حاصل نشود یا نزدیک به واقعیت نباشد. از جمله فرمول‌های برآورد نرخ انتقال رسوب با شرایط ساحلی نسبتاً مشابه که در پژوهش حاضر با رعایت محدودیت-هایی جهت تعیین نرخ انتقال رسوب از آن‌ها استفاده شده، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

فرمول فن در میر (۱۹۹۱):

$$Q_{LS} = 0.0038H_{sb}^2 \left(\frac{gT}{2\pi}\right) \sin(2\beta) \quad (1)$$

این فرمول برای دامنه $(H_{sb})/(\Delta D_{n50}) < 50$ صادق است (Pilarczyk., 1990). که در آن نرخ انتقال رسوب در امتداد ساحل، T دوره‌ی تناوب موج غالب، β زاویه شکست موج، H_{sb} ارتفاع موج مشخصه، g شتاب گرانش زمین، D_{n50} قطر اسمی (میانه) اندازه ذرات و Δ چگالی نسبی رسوب اشباع شده می‌باشد.

فرمول سرک (۲۰۰۶):

$$Q_{LS} = 0.02H_{sb}^2 C_b \sin(2\alpha_b) \quad (2)$$

که در آن: Q_{LS} نرخ انتقال رسوب (m^3/s), H_{sb} ارتفاع موج موثر در نقطه شکست، α_b زاویه موج در نقطه شکست با خط ساحلی و C_b سرعت موج در نقطه شکست می‌باشند. معادله (۲) ساده‌ترین شکل معادله سرک است که با به کار بردن تئوری خطی امواج آب کم عمق به دست آمده است (ایمانی، ۱۳۷۹).

فرمول گالوین (۱۹۷۲):

$$Q_{LS} = 1.646 \times 10^6 \times H^2 \quad (3)$$

فرمول تجربی و شامل ارتفاع شکست موج H می‌باشد، که Q_{LS} متوسط سالیانه دبی رسوب عبوری کل (حجمی) از عرض ناحیه شکست را محاسبه می‌کند (صادقی فر و همکاران، ۱۳۹۲).

اثر متقابل بین جریان، درختان و رسوب می‌باشد. با برآورد صحیح از نرخ انتقال رسوب، می‌توان پیش‌بینی مناسبی از تغییرات مورفولوژی سواحل و تاثیر آن بر ساختار خطوط ساحلی انجام داد. از طرفی فرسایش و رسوب‌گذاری به عنوان پدیده‌ای جدی در سواحل ایران و تنوع عوامل موثر در آن باعث شده است که ارائه روشی خاص برای برآورد فرسایش میسر نگردد و برای بررسی-های مختلف، روش‌های تجربی به کار گرفته شوند که اساساً برای مناطق دیگری از جهان تعیین شده‌اند (محسنی و رزاقیان، ۱۳۹۲). بنابراین در این پژوهش ضمن بررسی تاثیرپذیری پوشش جنگلی ساحلی تحت شرایط آزمایشگاهی در نرخ انتقال رسوب، برآورد نرخ انتقال رسوب با استفاده از فرمول‌های نیمه تجربی، مقایسه نتایج و تعیین مناسب‌ترین فرمول و دقت آن نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. باید توجه داشت که هیچ‌گاه تشابه کامل بین مدل و نمونه اصلی امکان‌پذیر نخواهد بود زیرا نمی‌توان تمام پارامترهای دخیل در عملکرد واقعی یک پدیده را در مدل‌سازی آن مورد بررسی قرار داد اما هر چه پارامترهای دخیل در رفتار نمونه اصلی بهتر انتخاب شوند، نتایج حاصل از بررسی مدل، ما را در شناخت هرچه بهتر نمونه اصلی کمک خواهد کرد. بنابراین سعی بر آن است که در این پژوهش، شبیه‌سازی آزمایشگاهی بر اساس تقریبی از واقعیت باشد. که در اینجا مقیاس ۱ به ۱۰۰ جهت شبیه‌سازی پارامترها استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

برآورد نرخ انتقال رسوب:

به طور کلی سه روش در برآورد ظرفیت و نرخ انتقال رسوب وجود دارد. یکی استفاده از مدل فیزیکی، تئوری موج و جریان، جمع‌آوری رسوب‌های انتقال یافته و محاسبه حجمی و یا وزنی آن‌ها می‌باشد، دوم استفاده از مدل‌های ریاضی مناسب جهت تحلیل و شبیه‌سازی فرآیند انتقال رسوب و سوم استفاده از فرمول‌های نیمه تجربی با در نظر گرفتن عوامل موثر می‌باشد. فرمول‌های

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O}_m)(P_i - \bar{P}_m)}{(\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O}_m)^2)^{0.5} (\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P}_m)^2)^{0.5}} \quad (۷)$$

که O_i مقدار مشاهداتی، P_i مقدار پیش‌بینی شده، N تعداد داده‌های مشاهداتی، \bar{O}_m مقدار میانگین مشاهدات و \bar{P}_m مقدار میانگین پیش‌بینی شده، P_{max} بیش‌ترین مقدار پیش‌بینی شده و P_{min} کم‌ترین مقدار پیش‌بینی شده می‌باشد. مقدار مجذور میانگین مربعات خطای نرمال هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد نشانگر بالا بودن دقت پیش‌بینی است. همچنین مقدار ضریب همبستگی بین -1 تا 1 می‌باشد و مقدار 1 بیان‌کننده پیش‌بینی بدون خطا می‌باشد. دامنه ضریب کارایی از منفی بی‌نهایت (مدل ضعیف) تا 1 (مدل خوب) می‌باشد. در ادامه در جدول (۱) شرح پارامترهای مورد استفاده در آزمایش‌ها و محدوده آن‌ها ارائه می‌شود.

جدول (۱): معرفی پارامترهای مورد استفاده در این پژوهش.

پارامتر متغیر	نماد	واحد	تعداد حالت‌های تغییر
نیروی درگ	F_D	Kg	۱/۳۴-۵/۴۸
ارتفاع موج	H	Cm	۱۲ و ۹،۶
سرعت موج	V	$m.s^{-1}$	۱/۱-۳۳/۵۲
تراکم پوشش جنگلی در هر چیدمان	N	درصد	۱۰۰-۲۵
عرض پوشش جنگلی	LG	Cm	۷۵ و ۶۰، ۴۵، ۳۰
فواصل بین پوشش در طول و عرض	W*B	Cm	۲۰×۲۰ و ۱۵×۲۰ ، ۲۰×۱۵
چیدمان پوشش جنگلی	C	-	مثلثی و مستطیلی

تامین هد موج و $0/16$ متر به صورت آزاد) و 12 متر بالادست مدل تقسیم گردید. فلوم دارای کف فلزی و دیواره‌ها از جنس پلکسی‌گلاس است. سرعت و نیروی موج به ترتیب توسط دستگاه سرعت‌سنج صوتی داپلر (ای دی وی) و نیروسنج الکترونیکی لودسل اندازه‌گیری شدند. در شکل (۱) مدل آزمایشگاهی استفاده شده با ذکر جزئیات نشان داده شده است.

تحلیل آماری روش‌های مختلف برآورد انتقال

رسوب

به منظور مقایسه و ارزیابی نرخ انتقال رسوب برآوردی از فرمول‌های نیمه تجربی و آزمایش‌های پژوهش حاضر، از معیارهای آماری، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، نرمال‌سازی جذر میانگین مربعات خطا (NRMSE)، ضریب کارایی (CE) و ضریب همبستگی (R^2)، به صورت معادلات (۴) تا (۷) استفاده گردید:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} (\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2)} \quad (۴)$$

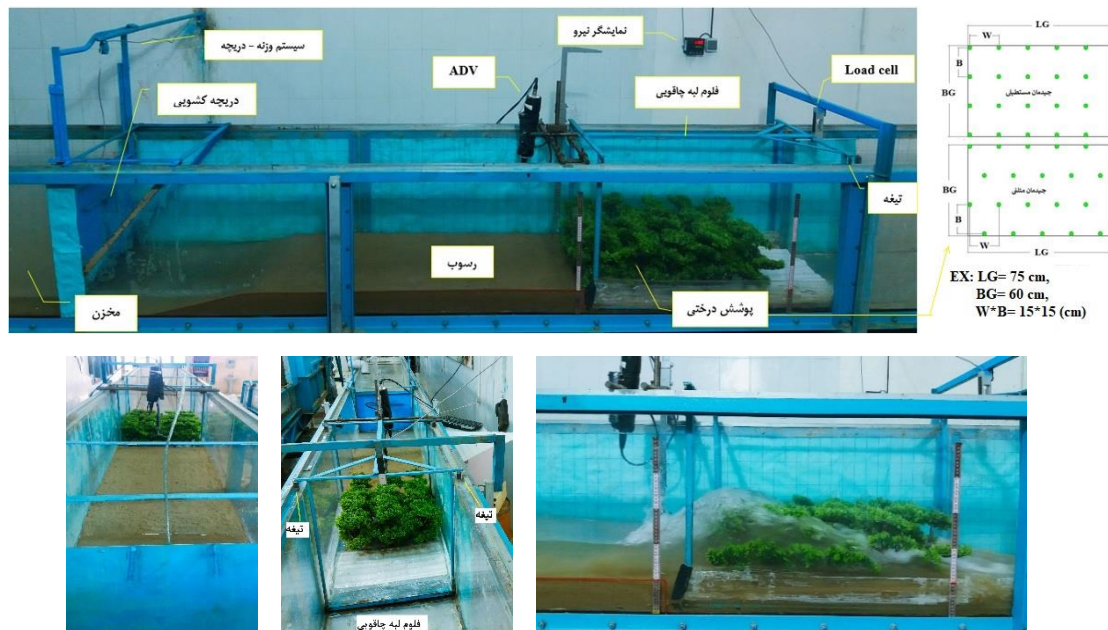
$$NRMSE = \frac{RMSE}{O_{max} - O_{min}} \quad (۵)$$

$$CE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{O}_m)^2} \quad (۶)$$

تجهیزات آزمایشگاهی و مراحل انجام

آزمایش

آزمایش‌ها در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه شهرکرد انجام گردید. فلوم آزمایشگاهی با مقطع مستطیلی به عرض $0/6$ متر، ارتفاع دیواره $0/6$ متر و طول 20 متر به سه قسمت طولی، $3/5$ متر در پایین دست مدل، $4/5$ متر مدل (شامل 1 متر فلوم لبه چاقویی، $1/84$ متر رسوب‌های ساحل، $1/5$ متر مخزن



شکل (۱): نمایی از فلوم مستطیلی مدل آزمایشگاهی به همراه جزئیات آن.

و نمونه رسوب به ازای شرایط آزمایش مختلف، با استفاده از توری‌های مخصوص صرفاً جهت جمع‌آوری رسوب‌ها و عبور آب از خود، حاصل گردید. لازم به ذکر است جهت برآورد نرخ انتقال رسوب، شرایط یکسان در آزمایش‌های مختلف در نظر گرفته شده و جمع‌آوری رسوب‌ها بعد از گذشت مدت زمان ۱۲۰ ثانیه از شروع آزمایش انجام گردید. بلافاصله بعد از جمع‌آوری نمونه رسوب‌ها، با ثبت زمان و شرایط یکسان برای تمام آزمایش‌ها به مدت ۳۶ ساعت در آزمایشگاه در شرایط دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد گذاشته شدند تا خشک شوند. سپس با استفاده از ترازوی حساس وزن آن‌ها محاسبه گردید. لازم به ذکر است با توجه به شکل‌های (۱) و (۲) و وجود فاصله ۳/۵ متری مدل تا انتهای کانال و حجم زیاد آب مخزن با وجود کنترل جریان توسط دریچه آب بند واقع در انتهای کانال، یک توری مخصوص از جنس توری‌های جمع‌آوری نمونه‌های رسوب در انتهای کانال قرار داده شده و ضمن عبور آب از خود، رسوب‌ها را جمع‌آوری کرده و در نهایت به رسوب‌های جمع‌آوری شده در دریچه تخلیه رسوب اضافه شدند.

با پر کردن مخزن ایجاد موج از آب و سپس به کمک دریچه کشویی و باز نمودن ناگهانی دریچه، موج ایجاد گردید. قابل ذکر است تولید موج در اینجا مبتنی بر ایجاد اختلاف ارتفاع طرفین موج‌ساز دریچه‌ای (صفحه-ای) و باز کردن ناگهانی دریچه می‌باشد. این سیستم تولید موج در واقع از حرکت ضربه‌ای کف دریا هنگام وقوع زلزله که منجر به تولید امواج منفرد سونامی می‌شود، برگرفته شده است. ضمناً در پاره‌ای از تحقیقات آزمایشگاهی از جمله (Ratnasooriya 2008) و قنبری عدیوی و فتحی مقدم (۱۳۹۴) از این سیستم برای تولید موج استفاده شده است. در این پژوهش، از سه ارتفاع موج مختلف ۶، ۹ و ۱۲ سانتی‌متر در هر مرحله آزمایش استفاده گردید. جهت بررسی پدیده انتقال رسوب در ساحل و همچنین دستیابی به میزان انتقال رسوب، کف فلوم از مواد متخلخل رسوبی با شیب ثابت و افقی و ارتفاع ۰/۱۰ متر، به حجم کلی ۹۱/۸۱۴×۱۰ متر مکعب، از مصالح فرسایش پذیر ماسه با قطر متوسط ۰/۳۵ میلی‌متر پوشش داده شد. جهت برآورد نرخ انتقال رسوب، رسوب‌های حمل شده بعد از پوشش جنگلی به دریچه تخلیه رسوب واقع در انتهای کانال انتقال یافته



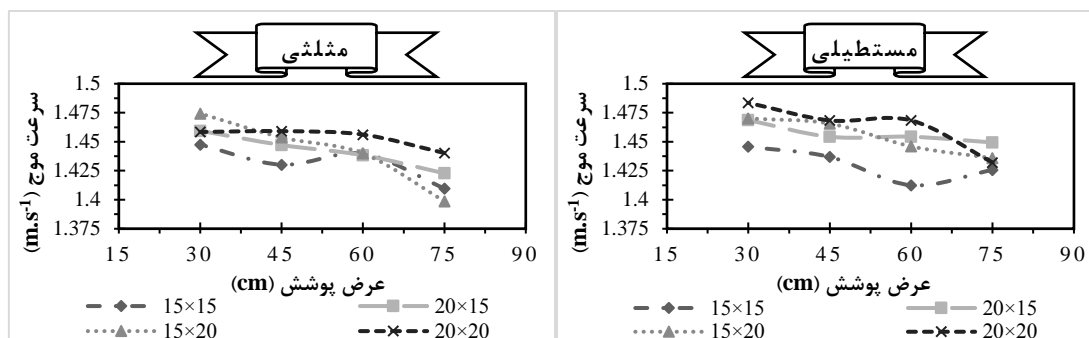
شکل (۲): دریچه تخلیه رسوب، دریچه تنظیم جریان آب، چگونگی جمع آوری رسوب و نمونه‌های جمع آوری شده رسوب.

سواحل ایران، از درختچه‌های مصنوعی پلی اتیلنی دارای دو ساختار، سخت شامل سیستم تنه به قطر ۲ سانتی-متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر و ریشه به قطر ۱ سانتی‌متر و ساختار نرم شامل شاخه و برگ استفاده گردید. آرایش پوشش به لحاظ ایجاد تراکم کشت، نیز مورد مطالعه و آزمایش می‌باشد. شاخص آن پارامتری تحت عنوان درصد تراکم پوشش بوده و به صورت خارج قسمت سطح سایه انداز درختان به مساحت زمین محصور شده پوشش قابل تعریف می‌باشد. جهت محاسبه پارامتر تراکم، درختچه‌های مصنوعی همگی هم‌شکل بوده و شرایط هندسی یکسانی داشتند. سه عدد از آنها انتخاب شده و متوسط بیشترین عرض شاخ و برگ‌ها، عمود بر راستای ارتفاع پوشش اندازه‌گیری شد. عکس‌برداری از پوشش‌های درختی انتخابی از نمای بالای پوشش صورت گرفته و با انتقال تصویر هر پوشش در نرم‌افزار اتوکد، متوسط بیشترین عرض شاخ و برگ‌های عمود بر راستای ارتفاع پوشش در نرم‌افزار نیز اندازه‌گیری شد، بنابراین مقیاس مدل پوشش در نرم‌افزار حاصل گردید. سپس متوسط سطح سایه‌انداز پوشش‌های درختی بر اساس مقیاس، به کمک نرم‌افزار اندازه‌گیری شد. بنابراین با داشتن اطلاعاتی همچون سطح سایه‌انداز پوشش و تعداد پوشش در هر مرحله آزمایش، از خارج-قسمت سطح سایه‌انداز پوشش در تعداد درخت به مساحت زمین مورد بررسی، تراکم پوشش حاصل گردید. در این پژوهش، آزمایش‌ها ابتدا به صورت بدون پوشش و سپس با نصب پوشش جنگلی بر روی ساحل با آرایش مختلف، مطابق شکل (۱) به عنوان نمونه با

بعد از ناحیه دارای رسوب، طولی معادل یک متر از فلوم به صفحه ساحل و تکیه‌گاه لبه چاقویی اختصاص داده شد. ایجاد این تکیه‌گاه لبه چاقویی برای اولین بار در این پژوهش انجام شد اما ایده مشابه آن با مکانیزم دیگری توسط لشکرآرا به منظور اندازه‌گیری مستقیم نیرو به روش مومنتم جهت اندازه‌گیری تنش برشی کانال مستطیلی با زبری‌های مختلف استفاده شده است (لشکرآرا، ۱۳۸۹). اما در آزمایش‌های پژوهش حاضر مکانیزم لبه چاقویی به شکل نوین دیگری با قابلیت نگه داشتن اصطکاک تماسی در حد صفر، بصورت کاملاً آزاد و در شرایط آستانه حرکت، با سازه‌ای کاملاً مجزا از فلوم اصلی مطابق شکل (۱) ایجاد شد. قابلیت اتصال انتهای تکیه‌گاه لبه چاقویی (قسمت متحرک) به ابتدای پایین دست با استفاده از حسگر بار دینامیک نصب شده در جلوی تکیه‌گاه لبه چاقویی، امکان اندازه‌گیری نیروی وارده از سوی موج بر روی مدل آزمایشگاهی را میسر می‌ساخت. صفحه متحرک روی تیغه‌های چاقویی در حالت آستانه حرکت مستقر شده بود و با اندک نیرویی به سمت پایین دست سقوط می‌کرد. در چنین شرایطی، حسگر بار دینامیک، عامل برقراری تعادل نیرویی بوده و همین مسئله امکان ثبت مقدار نیرو در هر لحظه از عبور موج از این بازه یک متری، بر روی صفحه نمایشگر متصل به حسگر را فراهم می‌آورد. به منظور تهیه پوشش جنگلی ساحلی، با در نظر گرفتن پوشش جنگلی مانگرو جهت شبیه‌سازی در آزمایش‌ها به دلیل تراکم ریشه و برگ و تاج این نوع پوشش و کارایی آن در استهلاک نیروی مخرب امواج و موجود بودن آن در

نقطه، تعیین محل شکست موج، تعیین زاویه موج و سرعت پیش روی موج را امکان پذیر می کند. لازم به ذکر است از دستگاه سرعت سنج صوتی داپلر (ای دی وی) با دقت اندازه گیری برابر ۰/۵ درصد نیز جهت اندازه گیری مولفه های سه بعدی سرعت، استفاده گردید. در شکل (۳) نیز، سرعت متوسط موج به ازای چیدمان و عرض های مختلف پوشش ارائه شده است.

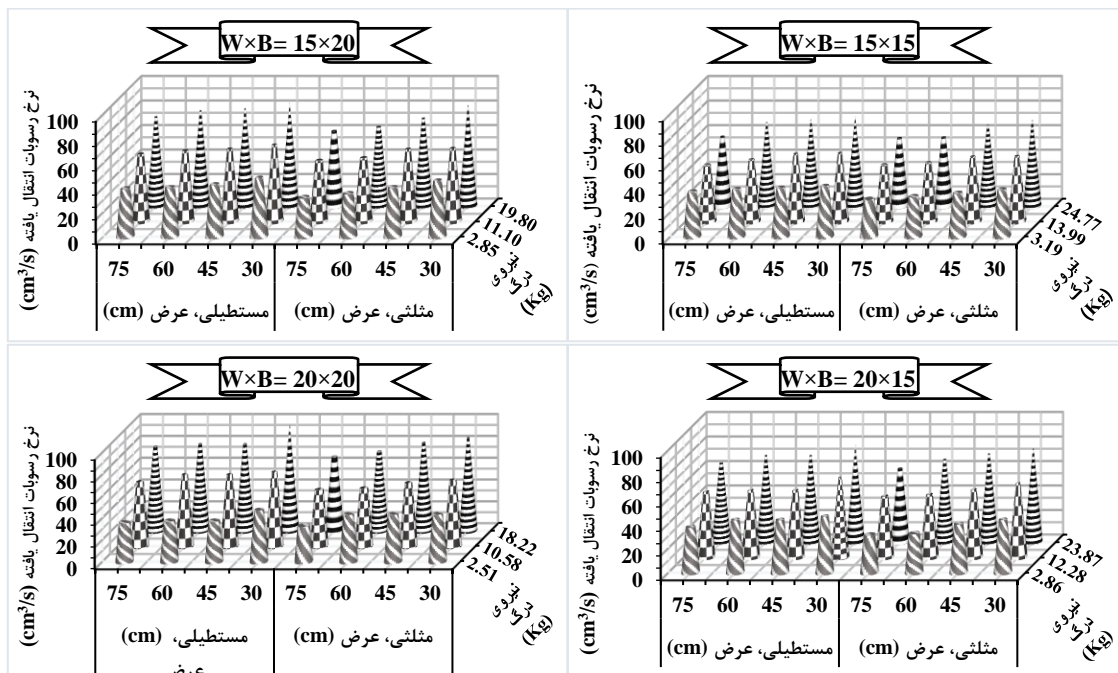
بیشترین تراکم، مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور استخراج اطلاعات لازم جهت تحلیل اندرکنش امواج و پوشش جنگلی ساحلی، نصب اشل هایی بر دیواره کانال و نصب دوربین فیلم برداری با سرعت برداشت حداقل ۳۰ فریم بر ثانیه در مقابل دیواره کانال و تبدیل فیلم، به تعداد فریم های آن با استفاده از نرم افزار پخش فیلم، امکان استخراج اطلاعاتی همچون ارتفاع موج در هر



شکل (۳): (الف-ب) سرعت موج به ازای چیدمان مستطیلی و مثلثی با فواصل و عرض های مختلف پوشش.

نتایج و بحث

بررسی تاثیر تراکم های مختلف پوشش جنگلی ساحلی بر نرخ انتقال رسوب کرانه ساحل:
برای این منظور در شکل (۴)، نرخ انتقال رسوب نسبت به نیروی کششی ناشی از پوشش جنگلی ساحلی به ازای فواصل و عرض های مختلف پوشش ارائه شده است



شکل (۴): (الف-د) نرخ انتقال رسوب به ازای چیدمان مثلثی و مستطیلی با فواصل و عرض پوشش‌های مختلف.

چیدمان مثلثی به علت نحوه قرارگیری درختان به صورت یک در میان و داشتن سطح برخورد مقابل موج بیشتر از حالت مستطیلی، نیروی بیشتری در جهت بازداشتن رسوب‌ها از حرکت در درون جریان ایجاد شد. به طوری که چیدمان مثلثی به طور متوسط ۷/۵۷ درصد بیشتر از چیدمان مستطیلی کارایی داشته و از انتقال رسوب جلوگیری نمود. همچنین با افزایش عرض پوشش در دو حالت مثلثی و مستطیلی، به دلیل اینکه تعداد ردیف بیشتری در مقابل موج قرار گرفت، مقاومت بیشتر شده و نیروی بیشتری از موج توسط درختان مستهلک گردید، در نتیجه انتقال رسوب‌ها کمتر صورت گرفت. به طوری که با افزایش عرض در حالت مثلثی به ازای شیب ثابت و ارتفاع موج‌های مختلف، عامل کاهنده‌ی نرخ انتقال رسوب رشد ۱۱/۲۰ درصدی را نسبت به حالت مستطیلی از خود نشان داده است. در جدول (۲) نیز خلاصه نتایج حاصل از این پژوهش، به منظور بررسی کارایی حالت‌های مختلف پوشش در جلوگیری از انتقال رسوب، ارائه شده است.

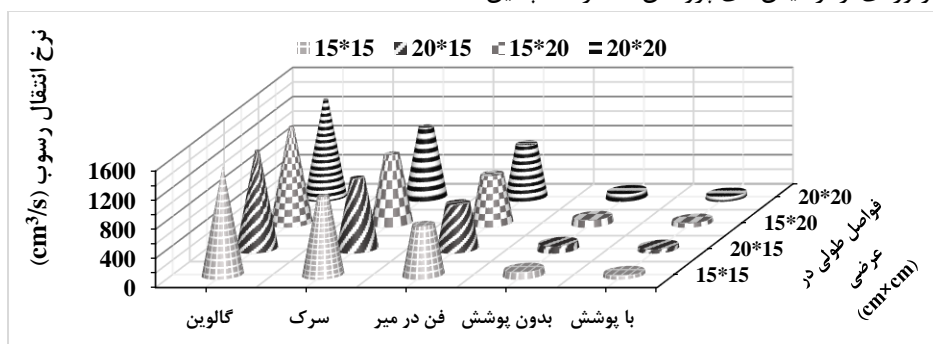
با توجه به شکل (۴)، ملاحظه می‌شود که نرخ انتقال رسوب به طور متوسط در فواصل ۱۵×۱۵ (سانتی‌متر) کمتر از بقیه فواصل مختلف پوشش ثبت گردید که علت آن تراکم بیشتر پوشش و در نتیجه افزایش سطح مقابل جریان به عنوان پارامتر مهم و تاثیر گذار در نیروی کششی و عامل بازدارنده رسوب‌ها از حرکت در درون جریان می‌باشد. با افزایش فواصل مختلف پوشش از ۱۵×۱۵ (سانتی‌متر) به فواصل مختلف دیگر از جمله ۲۰×۱۵، ۲۰×۲۰ و ۲۰×۲۰ (سانتی‌متر)، رسوب‌های بیشتری انتقال یافتند. به طوری که با تغییر فواصل پوشش از ۱۵×۱۵ (سانتی‌متر) به دیگر فواصل ذکر شده به ترتیب ۷/۸۱، ۱۱/۲۱ و ۱۵/۵۰ درصد از کارایی پوشش در جلوگیری از انتقال رسوب کاسته شد. همچنین این حالت از پوشش نسبت به شرایط عدم حضور پوشش، ۴۶/۴۴ درصد کارایی داشته و از انتقال رسوب‌ها جلوگیری نمود. همچنین ملاحظه می‌شود که به ازای یک ارتفاع موج، همواره چیدمان مثلثی با طول برابر، رسوب‌های کمتری را نسبت به چیدمان مستطیلی از خود انتقال می‌دهند. در

جدول (۲): بررسی کارایی حالت‌های مختلف پوشش (درصد)، در جلوگیری از انتقال رسوب.

حالت	افزایش فواصل پوشش از ۱۵×۱۵ به	تغییر چیدمان از مثلثی به	کاهش عرض پوشش
	۲۰×۲۰ و ۱۵×۲۰ (سانتی‌متر)	مستطیلی	
کاهش کارایی (درصد)	به ترتیب ۷/۸۱، ۱۱/۲۱ و ۱۵/۵۰	۷/۵۷	۱۱/۲۰

مقایسه عملکرد پوشش جنگلی ساحلی بر کاهش نرخ انتقال رسوب با فرمول‌های نیمه تجربی:

به منظور بررسی اثر پوشش درختی ساحلی در مقدار انتقال رسوب، مقایسه و ارزیابی نرخ انتقال رسوب برآوردی حاصل از فرمول‌های نیمه تجربی و نرخ انتقال رسوب برآوردی از آزمایش‌های پژوهش حاضر، همچنین تعیین مناسب‌ترین فرمول و تعیین دقت آن، انجام شده است که نتایج آن در شکل (۵) و جدول (۳) ارائه شده است



شکل (۵): مقایسه نرخ انتقال رسوب برآوردی روش‌های مختلف به ازای فواصل مختلف پوشش.

جدول (۳): آماره‌های ارزیابی روش‌های مختلف برآورد نرخ انتقال رسوب

روش	NRMSE	CE	R2
سرك	۱۸/۱	۰/۰۱	۰/۸۶
فن‌درمیر	۱۲/۳	۰/۰۲	۰/۸۹
گالوین	۲۵/۲	۰/۰۱	۰/۸۵

در شرایط حضور پوشش، که خود تحت تاثیر پوشش درختی می‌باشد و روش‌های تجربی موجود جهت برآورد نرخ انتقال رسوب از پارامترهای آزمایشگاهی موثر مشابه همچون ارتفاع شکست موج، سرعت موج، زاویه شکست و ... در برآورد آن‌ها در نظر گرفته شده است، اما نکته حائز اهمیت این است که وجود موانع محافظت کننده مانند پوشش درختی و شرایط فیزیکی پوشش در روش‌های تجربی در نظر گرفته نشده است، از این رو دارای نرخ انتقال رسوب بیشتری نسبت به مقادیر برآوردی با شرایط حضور پوشش می‌باشند. به طور کلی نرخ انتقال رسوب برآوردی در شرایط حضور پوشش به طور متوسط ۴۱/۱۷ کمتر از نرخ انتقال رسوب در شرایط

با توجه به شکل (۵) ملاحظه می‌شود که همواره نرخ انتقال رسوب برآوردی از آزمایش‌های پژوهش حاضر با شرایط حضور پوشش در تمام فواصل مختلف، نسبت به نرخ انتقال رسوب برآوردی از فرمول‌های نیمه تجربی ذکر شده و حالت عدم حضور پوشش در پژوهش حاضر، کمتر می‌باشد. این بدین مفهوم است که پوشش درختی ساحلی با فواصل و عرض‌های مختلف پوشش تاثیر مثبتی بر کاهش روند نرخ انتقال رسوب در مدل فیزیکی شبیه‌سازی شده از خود نشان داده و با ایجاد نیروی بازدارنده خود مانع انتقال ذرات رسوب به پایین دست مدل آزمایشگاهی گردید. همچنین می‌توان بیان داشت، با وجود این که مقادیر انتقال رسوب برآوردی

را تخمین زد. اگر چه میزان اختلاف برآوردی این روش نسبت به شرایط آزمایشگاهی به طور کلی با توجه به ماهیت پدیده مورد بررسی و ناشناخته بودن بسیاری از کنش و واکنش‌های رخ داده در جریان انتقال رسوب و همچنین صحت و دقت فرمول‌های موجود می‌باشد. در اینجا هدف بررسی آزمایشگاهی و شناخت این واقعیت در یک بستر کنترل شده است که میزان انتقال رسوب در ساحل تا چه حد توسط ایجاد مانع و زبری قابل کنترل است. لذا تمرکز مقایسه انجام شده بر انتخاب روش مناسب و نزدیک به واقع تر می‌باشد و به هیچ وجه نمی‌توان رابطه‌ای را مشخص نمود که اختلاف کمی با مقادیر آزمایشگاهی نمایش دهد. لذا در ادامه علاوه بر بررسی آماری انجام شده به پیشنهاد یک ضریب اصلاحی برای فرمول فن درمیر بر اساس وجود موانع در ساحل (در اینجا پوشش گیاهی) ارائه شده است. در جدول (۴) ضریب تصحیح فرمول فن درمیر (خارج قسمت نرخ انتقال رسوب برآوردی از فرمول فن درمیر به نرخ انتقال رسوب برآوردی آزمایش‌های پژوهش حاضر)، تحت تاثیر شرایط حضور پوشش درختی ارائه شده است.

آزمایشگاهی بدون پوشش می‌باشد. همچنین این نرخ ۹۵/۹۲ و ۹۴/۳۵، ۹۱/۸۲ روابط فن درمیر، سرک و گالوین که هر سه فرمول در شرایط بدون پوشش می‌باشند، ثبت گردید. از طرفی با توجه به شکل (۵) ملاحظه می‌شود که همواره نرخ انتقال رسوب برآوردی از آزمایش‌های پژوهش حاضر در شرایط عدم حضور پوشش نیز نسبت به نرخ انتقال رسوب برآوردی از فرمول‌های نیمه تجربی ذکر شده کمتر می‌باشد. به طوری که در این حالت از پوشش نسبت به فرمول‌های نیمه تجربی فن درمیر، سرک و گالوین به ترتیب معادل ۸۶/۱۰، ۹۰/۴۰ و ۹۳/۰۸ درصد، نرخ انتقال رسوب کمتر برآورد گردید. از میان روابط بررسی شده با توجه شکل (۵) و جدول (۳) می‌توان بیان داشت که فرمول فن درمیر نتایج نزدیک‌تری به نتایج آزمایشگاهی پژوهش حاضر را ارائه نموده است. به طوری که این فرمول دارای ضریب همبستگی و ضریب کارایی نزدیک‌تر به ۱ (مدل خوب) و مجذور میانگین مربعات خطای نرمال کمتر می‌باشد و نسبت به فرمول‌های سرک و گالوین به ترتیب معادل ۳۵/۴۲ و ۵۳/۲۴ درصد نزدیک‌تر به نتایج آزمایشگاهی نرخ انتقال رسوب

جدول (۴): ضریب تصحیح فرمول فن درمیر در برآورد نرخ انتقال رسوب به ازای چیدمان، فواصل و عرض‌های مختلف پوشش.

فواصل	مستطیلی				مثلثی											
	عرض ۷۵		عرض ۶۰		عرض ۴۵		عرض ۳۰		عرض ۷۵		عرض ۶۰		عرض ۴۵		عرض ۳۰	
	ضریب	تراکم	ضریب	تراکم	ضریب	تراکم	ضریب	تراکم	ضریب	تراکم	ضریب	تراکم	ضریب	تراکم	ضریب	تراکم
۱۵×۱۵	۱۳/۰۲	۱۰۰	۱۱/۳۶	۷۹	۱۰/۶۸	۵۹	۱۰/۶۶	۴۰	۱۲/۶۰	۱۰۰	۱۳/۹۰	۷۹	۱۱/۳۹	۵۹	۱۱/۸۹	۴۰
۱۵×۲۰	۱۰/۷۹	۷۴	۱۰/۵۱	۵۹	۱۰/۴۳	۴۵	۹/۹۵	۳۰	۱۰/۵۳	۷۴	۱۰/۰۱	۵۹	۱۰	۴۵	۱۰/۲۱	۳۰
۲۰×۱۵	۱۰/۵۳	۷۹	۹/۷۷	۵۹	۹/۷۴	۵۹	۸/۸۲	۴۰	۱۱/۷۹	۷۹	۱۰/۶۲	۵۹	۹/۷۲	۵۰	۸/۸۲	۳۰
۲۰×۲۰	۱۰/۳۲	۵۹	۹/۹۸	۴۵	۱۰/۹۸	۴۵	۹/۹۲	۳۰	۱۱/۸۳	۵۹	۱۱	۴۵	۱۰/۳۸	۴۰	۱۰/۳۸	۲۵

$$Q_{LS} = \frac{1}{0.25N} (0.0038H_{sb}^2) \left(\frac{gT}{2\pi}\right) \sin(2\beta) \quad (8)$$

که در آن Q_{LS} نرخ انتقال رسوب اصلاح شده روش فن در-میر، N تراکم پوشش، T دوره‌ی تناوب موج غالب، β زاویه شکست موج، H_{sb} ارتفاع موج مشخصه و g شتاب گرانش زمین می‌باشد. از بررسی نتایج رابطه اصلاحی پیشنهادی این پژوهش برای رابطه فن درمیر با نتایج آزمایشگاهی در حضور پوشش مقادیر $NRMSE$ به $1/2$ و CE به $0/3$ تغییر یافت که این تغییرات نشان از همبستگی بهتر فرمول اصلاحی با نتایج آزمایشگاهی دارد.

نتیجه‌گیری

از مجموع نتایج حاصل از این پژوهش نتیجه می‌شود که به ترتیب کاهش فواصل پوشش از 20×20 به 15×20 ، 20×15 و 15×15 (سانتی‌متر)، تبدیل چیدمان مستطیلی به مثلثی و افزایش عرض و تراکم پوشش به طور متوسط منجر به کاهش $11/51$ ، $7/57$ و $11/20$ درصدی در نرخ انتقال رسوب می‌گردد. همچنین نتیجه می‌شود که وجود پوشش درختی نرخ انتقال رسوب را معادل $41/17$ درصد نسبت به شرایط بدون حضور پوشش کاهش می‌دهد. همچنین نتایج بدست آمده از روش‌های برآورد نرخ انتقال رسوب بیانگر این موضوع است که فرمول فن درمیر برآورد نزدیک‌تری به واقعیت را از خود نشان می‌دهد. این در حالی است که دیگر روش‌های برآورد نرخ انتقال رسوب به طور متوسط $44/33$ درصد نسبت به فرمول فن درمیر نرخ انتقال رسوب را دورتر از واقعیت تخمین زدند. بنابراین با انتخاب فرمول فن درمیر و در نظر گرفتن شرایط فیزیکی پوشش درختی و تصحیح این فرمول، فرمول مناسب با دقت بالا در برآورد نرخ انتقال رسوب مدل فیزیکی آب، رسوب و پوشش درختی حاصل گردید

در جدول (۴) برای شرایط مختلف پوشش درختی، ضریب اصلاحی بر حسب میزان تراکم پوشش پیشنهاد شده است که برای اصلاح رابطه فن درمیر می‌توان از این اعداد استفاده نمود. در اینجا با توجه به پارامتر تراکم که شاخص مناسبی برای شرایط مختلف چینش درختان می‌باشد اقدام به تعیین ضریب اصلاحی کل گردید. با توجه به مطالعات قنبری عدیوی و فتحی مقدم (۱۳۹۴) که اذعان داشته‌اند بیشترین تاثیر پوشش بر ایجاد نیروی کششی و مقاومت در مقابل امواج در ردیف‌های جلویی جریان می‌باشد و برای پوشش ۵ ردیفی مدل درختان صلب بدون شاخ و برگ میزان کاهش این تاثیر در ردیف‌های انتهایی را معادل ۷۵ درصد برآورد نمودند. در اینجا نیز مقایسه بین میزان نیرو و ضریب کششی برای هر ردیف پوشش انجام شده است. به طوری که با افزایش تعداد ردیف پوشش در حالت بیشینه (از ۲ ردیف به ۵ ردیف)، در چیدمان مستطیلی، نیرو و ضریب کششی به ترتیب $51/17$ و $29/40$ درصد افزایش یافته است، در حالی که این میزان افزایش نیرو و ضریب کششی در چیدمان مثلثی، به ترتیب $57/70$ و $24/87$ درصد ثبت گردید. برای استفاده از پارامتر تراکم از ضریب کاهشدهنده تاثیر تعداد ردیف‌ها نیز استفاده شد. بنابراین با توجه به بیشینه حالت پوشش در اینجا که شامل ۵ ردیف درخت می‌باشد و با توجه به نوع پوشش که از نوع منعطف و دارای شاخ و برگ می‌باشد برای تعیین تراکم موثر از 25 درصد ابتدایی پوشش استفاده گردید. لذا عدد پیشنهادی برای ضریب تاثیر تعداد ردیف درخت، معادل همان عدد $0/25$ تعیین گردید. در نهایت رابطه شماره (۸) به عنوان رابطه اصلاحی فن درمیر برای محاسبه نرخ انتقال رسوب در ساحل در شرایط حضور پوشش درختی (یا هر گونه مانع دیگر) ارایه گردید.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه شهرکرد اجرا گردیده است، که بدینوسیله نویسندگان این مقاله قدردان این حمایت می‌باشند.

منابع

- ایمانی، م. ۱۳۷۹. بررسی موردی دقت و کارایی روش‌های مختلف برآورد نرخ انتقال رسوب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.
- صادقی‌فر، ط.، س.ع. آزرمتسا و م. وفاخواه. ۱۳۹۲. تخمین مقدار انتقال رسوب در امتداد ساحل با استفاده از فرمول‌های نیمه تجربی و شبکه عصبی مصنوعی در سواحل نور. نشریه مهندسی دریا، سال نهم، شماره ۱۷، صفحات ۷۷-۸۸.
- شاهی‌نژاد، ب. و ر. دهقانی. ۱۳۹۶. ارزیابی و عملکرد مدل ماشین بردار پشتیبان در تخمین رسوبات معلق رودخانه‌ها. نشریه آبیاری و آب ایران، دوره ۸، شماره ۱، صفحات ۳۰-۴۲.
- قنبری عدیوی، ا. و م. فتحی مقدم. ۱۳۹۴. تأثیر پوشش گیاهی بر میزان ضریب کشش گروهی درختان و مقاومت پوشش در مقابل امواج ساحلی. علوم و مهندسی آبیاری، جلد ۳۸، شماره ۲، صفحات ۱۰۳-۱۱۲.
- لشکر‌نشایی، م.ا.، ا. متین سرشت، م. منشی زاده و ف. حاتمی. ۱۳۸۵. مطالعه پدیده انتقال رسوب ساحلی در جهت عمود بر ساحل با استفاده از مدل فیزیکی و ریاضی. تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۳، صفحات ۶۶-۷۷.
- لشکر آرا، ب. ۱۳۸۹. تعیین تنش برشی در کانال مستطیلی با استفاده از روش‌های حرکت و انرژی. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران، صفحات ۵۲-۶۲.
- محسنی، ب. و ه. رزاقیان. ۱۳۹۲. برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب در حوضه معرف کسلیان با استفاده از روش ژئومورفولوژی مبتنی بر مدل MPSIAC در محیط GIS. فصل‌نامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، دوره ۴، شماره ۲، صفحات ۴۲-۵۷.
- Fathi-Moghadam, M. 1996. Momentum absorption in non-rigid, non-submerged, tall vegetation along rivers. PhD Thesis, University of Waterloo, Canada, p: 25-85.
- Danielsen, F., M. K. Sorensen, M. F. Olwig, V. Selvam, N. Faizal Parish and D. Burgess. 2005. A protective role for coastal vegetation. Science, New Series, Vol. 310, No. 5748, 643.
- Hunsaker, J. C. and B. G. Rightmire. 1947. Engineering applications of mechanics. Published by Mcgraw-Hill Book Company. New York.
- Mu, H., H. Yu, S. Fu, B. Yu, Y. Liu and G. Zhang. 2019. Effect of stem basal cover on the sediment transport capacity of overland flows. 337, pp: 384-393.
- Nepf, H. 1999. Drag, turbulence, and diffusion in flow through emergent vegetation. Water resources research, 35(2), pp:479-489.
- Pilarczyk, K. W. 1990. Coastal Protection. A.A.Balkman/Rotterdam Brookfield.
- Ratnasooriya, S. P., S. S. L. Samarawichrama, R. P. S. S. Hettiarachchi Banadara and N. Tanaka. 2008. Mitigation of tsunami by coastal vegetation. Journal of the Institution of Engineers, Sri Lanka, 13-19.
- Thuy, N. B., K. Tanimoto, N. Tanaka, K. Harada and K. Iimura. Effect of open gap with on tsunami run-up investigation by experimental and numerical simulation. Journal of Ocean Engineering.
- Vastila, K. and J. Jarvela. 2018. Characterizing natural riparian vegetation for modeling of flow and suspended sediment transport. Journal of Soils and Sediments, 18(10), pp: 3114-3130.



Experimental investigation on impact of the coastal Forest on reducing sediment transport rate at littoral Zone

Hamed Jalil Masir¹, Rohallah Fattahi² Elham Ghanbari Adivi^{3*}, Mahdi Asadi Aghbalaghi⁴

Abstract

The emphasis of this study was to study the effects of waves, prediction and estimation of sediment transport rate at different coastal forest cover densities. Experiments were performed on the effectiveness of a mangrove tree to reduce tsunami energy, by a simulated polyethylene artificial shrub structure. The cover has a rigid structure (including 2 cm trunk system and 25 cm height and 1 cm root) and structure (including branches and leaves). This forest cover has a rigid structure consisting of a trunk system with a diameter of 2 cm and a height of 25 cm and a root with a diameter of 1 cm and a soft structure with branches and leaves. Experiments were performed for two rectangular and triangular tree layouts with crosswise and longitudinal distances 15×15, 15×20, 20×15 and 20×20 cm, four vegetation widths with sizes of 30, 45, 60 and 75 cm, 3 input wave heights of 6, 9 and 12 cm, constant and horizontal slope of the coast and 0.35 mm sediment diameter. Wave-induced force practical to coastal body and coastal forest cover and wave velocity were measured, respectively, by means of a direct measurement method using an electronic force meter (load cell) mounted in front of the moving part of the knife edge support and using an acoustic doppler velocity meter. The amount of sediment transported was determined by the weight method in each experiment. The results of this study showed that the sediment transport rate reduced in presence of vegetation by 41.17%. Consequently choosing the triangular vegetation layout, the smaller vegetation distances, the larger and denser widths, more force is produced to prevent the sediment from moving through the flow and thus less sediment transport.

Keywords: Density, Coast, Forest, Sediment transfer rate

¹ MSC Student, Department of Water Science Engineering, Shahrekord University- hamedjalilmasir10@gmail.com

² Associated Professor, Department of Water Science Engineering, Shahrekord University- fattahi@sku.ac.ir

^{3*}Assistant Professor, Department of Water Science Engineering, Shahrekord University

Corresponding author: 09166077037 -Elhamgh44@gmail.com

⁴ Assistant Professor, Department of Water Science Engineering, Shahrekord University- mahdi.asadi.a@gmail.com



Experimental investigation on impact of the coastal Forest on reducing sediment transport rate at littoral Zone

Hamed Jalil Masir¹, Rohallah Fattahi² Elham Ghanbari Adivi^{3*}, Mahdi Asadi Aghbalaghi⁴

Introduction

Ecosystem and environment protection of the coasts have been of great importance due to the growing number of human populations living in coastal areas. The sediment transport phenomenon caused by coastal long waves, is a serious hydrodynamic process that affects many hydraulic systems and coastal structures. The erosion and scouring resulted from coastal waves even with relatively low heights, can seriously damage the foundations of buildings, roads and highways, and coastal structures such as embankments.

The emphasis of this study was to study the effects of waves, prediction and estimation of sediment transport rate at different coastal forest cover densities.

Methodology

Experiments were performed on the effectiveness of a mangrove tree to reduce tsunami energy, by a simulated polyethylene artificial shrub structure. The cover has a rigid structure (including 2 cm trunk system and 25 cm height and 1 cm root) and structure (including branches and leaves). This forest cover has a rigid structure consisting of a trunk system with a diameter of 2 cm and a height of 25 cm and a root with a diameter of 1 cm and a soft structure with branches and leaves. To examine how trees altered the wave characteristics, artificial trees were used experimentally to simulate the aligned and staggered configurations in totally 32 tree densities and 3 different wave heights. Experiments were performed for two rectangular and triangular tree layouts with crosswise and longitudinal distances 15×15, 15×20, 20×15 and 20×20 cm, four vegetation widths with sizes of 30, 45, 60 and 75 cm, 3 input wave heights, constant and horizontal slope of the coast and 0.35 mm sediment diameter. Using the Froude number similarity, wave heights generated in this study were 6, 9, and 12cm.

Here, the solitary wave is generated by creating a height difference on both sides of the wave-generating gate of supply tank followed by its sudden opening; this method has also been used in some experimental studies such as Ratnasooriya et al., 2008.

Wave-induced force practical to coastal body and coastal forest cover and wave velocity were measured, respectively, by means of a direct force measurement method based on a momentum method, using an electronic force meter (load cell) mounted in front of the moving part of the knife edge support and using an acoustic Doppler velocity meter. The amount of sediment transported was determined by the weight method in each experiment.

Discussion and Conclusion

¹ MSC Student, Department of Water Science Engineering, Shahrekord University- hamedjalilmasir10@gmail.com

² Associated Professor, Department of Water Science Engineering, Shahrekord University- fattahi@sku.ac.ir

^{3*}Assistant Professor, Department of Water Science Engineering, Shahrekord University

Corresponding author: 09166077037 -Elhamgh44@gmail.com

⁴ Assistant Professor, Department of Water Science Engineering, Shahrekord University- mahdi.asadi.a@gmail.com



Results revealed that the coastal forest could averagely reduce the sediment transport rate by up to 41.17%. In the densest case by 53.61% and 50.63% in triangular and rectangular configurations, respectively, compared with the no-costal forest case. Choosing the triangular vegetation layout, the smaller vegetation distances, the larger and denser widths, more force is produced to prevent the sediment from moving through the flow and thus less sediment transport.

In order to investigate the effect of coastal tree cover on the amount of sediment transport, compare and evaluate the estimated sediment transfer rate derived from semi-empirical formulas and the estimated sediment transfer rate from the experiments of the present study.

The results obtained from several methods of estimating the sediment transfer rate indicate that the Van Der Meyer formula shows a closer estimate to reality. Therefore this method corrected base on this research condition for future prediction of sediment transport.

The most important references

- Thuy, N. B., K. Tanimoto, N. Tanaka, K. Harada and K. Iimura. Effect of open gap with on tsunami run-up investigation by experimental and numerical simulation. *Journal of Ocean Engineering*.
- Vastila, K. and J. Jarvela. 2018. Characterizing natural riparian vegetation for modeling of flow and suspended sediment transport. *Journal of Soils and Sediments*, 18(10), pp: 3114-3130.
- Fathi-Moghadam, M. 1996. Momentum absorption in non-rigid, non-submerged, tall vegetation along rivers. PhD Thesis, University of Waterloo, Canada, p: 25-85.