



مقاله پژوهشی

Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>



تاثیر پوشش جنگلی ساحلی در تثبیت، حفاظت و احیای سواحل ماسه‌ای در معرض امواج سونامی

حامد جلیل مصیر، روح الله فتاحی، الهام قنبری عدیوی*

گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

*نویسنده مسئول، [بست الکترونیک: Elhamgh44@gmail.com](mailto:Elhamgh44@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۲/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۱

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22113/JMST.2020.212864.2338

چکیده

پدیده انتقال رسوب یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار در عملکرد هیدرولیکی و ساختار ریخت‌شناسی سواحل تلقی می‌شود. به علاوه توسعه پایدار، اقدامات مهندسی و انتخاب متناسب‌ترین روش حفاظت جهت ساماندهی و تثبیت سواحل، در گروه آگاهی از کمیت بار رسوبی می‌باشد. بنابراین تمرکز این پژوهش به‌طور کلی برآورد نرخ انتقال رسوب، ارزیابی تاثیر پوشش جنگلی ساحلی (کمر بند سبز) بر کاهش روند نرخ انتقال رسوب در اثر امواج بلند از جمله سونامی و دستیابی به مدل پارامتریک متناسب با هر منطقه ساحلی با استفاده از نرم‌افزار SPSS می‌باشد. آزمایش‌ها بر پایه اثربخشی درخت مانگرو برای کاهش انرژی سونامی، به وسیله یک ساختار درختچه مصنوعی شبیه‌سازی شده، به ازای دو چیدمان درختی مستطیلی و مثلثی، ۳ ارتفاع موج ورودی ۶، ۹ و ۱۲ سانتی‌متر، شیب ساحل ثابت و افقی، قطر رسوب ۰/۳۵ میلی‌متر و در شرایط حضور و عدم حضور پوشش انجام گردید. نیروی وارد شده ناشی از موج با استفاده از روش اندازه‌گیری مستقیم به کمک نیروسنج الکترونیکی (Load cell) و سرعت موج با استفاده از دستگاه سرعت‌سنج داپلر صوتی (ADV) اندازه‌گیری شدند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که با وجود پوشش جنگلی، ۴۱/۱۷ درصد از فرسایش و آبستگي سواحل جلوگیری شده و به تثبیت و احیای سواحل کمک می‌گردد، همچنین در نظر گرفتن شرایطی از قبیل انتخاب چیدمان مثلثی و افزایش تراکم پوشش، به ترتیب منجر به بهبود ۷/۵۷ و ۱۱/۲۰ درصدی وضعیت سواحل می‌گردد. در پایان نیز مدل پارامتریک و معادله تجربی برآورد نرخ انتقال رسوب با ضریب همبستگی معادل ۰/۹۵ پیشنهاد گردید.

واژگان کلیدی: تثبیت و ساماندهی سواحل، توسعه پایدار، سونامی، کمر بند سبز، نرخ انتقال رسوب

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



۱. مقدمه

اطلاع از مسائل زیست‌محیطی در سواحل، از جمله حفاظت از اکوسیستم و محیط‌های ساحل، با توجه به افزایش زندگی انسان‌ها در کنار سواحل از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد. وجود بیش از ۲۵۰۰ کیلومتر مرز ساحلی در کرانه‌های جنوبی و شمالی کشور از یک سو و رشد چشمگیر طرح‌های صنعتی، تجاری و گردشگری در این مناطق از سوی دیگر، لزوم توجه ویژه به طرح‌های حفاظت و توسعه سواحل را روشن می‌سازد. همچنین حضور هر گونه استرس و تغییر در اکوسیستم‌های دریایی می‌تواند تأثیرات به‌سزایی بر جانداران و پتانسیل‌های اکولوژیکی و اقتصادی این مناطق با ارزش بگذارد (Hoveizavy et al., 2012).

منظور از حفاظت ساحل، عملیات‌ها و پیاده کردن طرح‌هایی می‌باشد که سبب حفظ پایداری ساحل و حفاظت از تاسیسات و سازه‌های ساحلی در برابر بروز پدیده‌های طبیعی می‌شود. پدیده‌های طبیعی در مناطق ساحلی نظیر باد، جزر و مد، سونامی، امواج و جریان‌های دریایی از مهم‌ترین عواملی می‌باشند که باعث فرسایش ساحل و حرکت رسوبات شده و زندگی انسان‌ها در کنار ساحل را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از این رو راه‌کارهای مختلفی برای کنترل فرسایش سواحل مورد استفاده قرار می‌گیرند که به‌طور کلی می‌توان آن‌ها را به دو دسته روش‌های سازه‌ای و روش‌های غیرسازه‌ای تقسیم نمود. به‌طور کلی احیای سواحل دریایی، جلوگیری از پیشرفت دریا و جلوگیری از رسوب‌برداری یا رسوب‌گذاری در نواحی خاص، جزء اهدافی است که در پارچوب حفاظت از سواحل قرار می‌گیرند. بنابراین در بررسی یک طرح حفاظت از سواحل تبیین دقیق اهداف مورد نیاز، شناخت و بررسی دقیق خصوصیات ریخت‌شناسی سواحل برای انتخاب روش مناسب حفاظت آن دارای اهمیت بسیار می‌باشد.

از آنجایی که سواحل، به ویژه سواحل ماسه‌ای می‌توانند به واسطه‌ی هجوم امواج دریا دچار فرسایش شوند، پیش‌بینی چگونگی تغییرات مناطق ساحلی تحت اثر طوفان‌های شدید، در افزایش مهارت مهندسی‌ن جهت به‌کارگیری سازه‌های مورد نظر در آن مناطق بسیار تأثیرگذار می‌باشد. پدیده انتقال رسوب از جمله مهم‌ترین فرایندهای ساحلی است که ریخت‌شناسی ساحل را کنترل کرده و فرسایش، رسوب‌گذاری و یا پایدار بودن ساحل را تا حد زیادی مشخص می‌سازد و عدم اطلاع دقیق از میزان آن خسارات بسیاری را موجب می‌شود، بنابراین تعیین و پیش‌بینی میزان رسوب‌گذاری و انتقال رسوب در سواحل خصوصاً در بنادر کوچک نظیر بنادر صیادی با عمق آب‌خور محدود بسیار حساس و با اهمیت بوده و در کنار مسئله تثبیت و احیای سواحل مورد توجه مهندسی‌ن و طراحان سازه‌های دریایی قرار گرفته است. مدیریت مناسب، تثبیت و احیای سواحل، مقابله با تخریب‌های پدیده انتقال رسوب و نگاه‌داشت بهتر محیط زیست مستلزم استفاده از روش مقابله متناسب با هر منطقه ساحلی می‌باشد. بنابراین از روش طبیعی کنترل و مقابله بیولوژیکی کمربند سبز که نقش عمده‌ای در توسعه و محافظت از زیست‌بوم‌ها ایفا می‌کند، استفاده می‌گردد.

پوشش جنگلی ساحلی به نوعی کنترل و مقابله بیولوژیکی به شمار می‌رود، نقش عمده‌ای در توسعه و محافظت از زیست‌بوم‌های

قابل تحمل ایفا می‌کند و علاوه بر تأثیر بر کاهش میزان توسعه سیل و آب‌گرفتگی ناشی از طغیان سونامی به واسطه افزایش زبری و مقاومت در مقابل جریان، دارای امتیازاتی از قبیل سازگاری بیشتر با محیط زیست و صرفه اقتصادی نیز می‌باشند (Motamedi-Nezhad, 2016). پوشش‌های جنگلی جریان را به تعویق می‌اندازد و ظرفیت انتقال رسوب را کاهش می‌دهد (Liu and Shen, 2008). سطح یا پوشش پایه ساقه نقش مهمی در کاهش نرخ انتقال رسوب ایفا می‌کند و باید به‌عنوان یک ابزار موثر برای کاهش نرخ انتقال رسوب و در نتیجه حفاظت از خاک مورد توجه قرار گیرد (Mu et al., 2019). سرعت حرکت اولیه رسوبات با کاهش تراکم پوشش جنگلی افزایش می‌یابد و این سرعت در پوشش انعطاف‌پذیر خیلی کمتر از زمانی است که بستر رسوبی فاقد پوشش جنگلی بوده است (Wang et al., 2015). بنابراین باتوجه به اینکه خصوصیات متفاوت پوشش جنگلی از قبیل تراکم، چیدمان و نوع پوشش بر میزان انتقال رسوب موثر می‌باشد، در این پژوهش سعی بر آن است که تأثیر چیدمان و تراکم‌های مختلف پوشش جنگلی ساحلی انعطاف‌پذیر بر کاهش نرخ انتقال رسوب در شرایط حضور امواج بلند (سونامی) بررسی گردد و در نهایت معادله نرخ انتقال رسوب با توجه به نتایج آزمایش‌های پژوهش حاضر و با استفاده از نرم‌افزار SPSS پیشنهاد گردد.

۲. مواد و روش‌ها

به‌طور 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 آن‌ها می‌باشد، دوم استفاده از مدل‌های ریاضی مناسب جهت تحلیل و شبیه‌سازی فرآیند انتقال رسوب و سوم استفاده از فرمول‌های تجربی با در نظر گرفتن عوامل موثر می‌باشد.

فرمول‌های تجربی و مدل‌های پارامتریک زیادی برای پیش‌بینی 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 این‌که برای سواحل خاصی به دست آمده‌اند، ممکن است جواب‌های حاصل از آن‌ها نیز در سواحل دیگر به‌طور دقیقی حاصل نشود یا نزدیک به واقعیت نباشد. بنابراین در پژوهش حاضر ابتدا با استفاده از مدل فیزیکی، تئوری موج و جریان، نرخ انتقال رسوب محاسبه گردید و در نهایت با استفاده از برازش داده‌ها و تحلیل آن‌ها در نرم افزار SPSS، فرمول تجربی متناسب و خاصی برای هر منطقه ساحلی، به خصوص برای مدل‌های فیزیکی تئوری موج و جریان همچون پژوهش حاضر، برای حاصل شدن جوابی نزدیک به واقعیت پیشنهاد گردید. وجود محدودیت‌های آزمایشگاهی، اثرات حدی و خطاهای مقیاسی، نتایج حاصل از ساخت نمونه‌های مقیاسی از سواحل و شرایط سیالاتی آن را با شاخص‌هایی همراه می‌سازد که از آن جمله می‌توان به محدودیت در شبیه‌سازی کامل پدیده و تقریب فیزیکی و جایگزینی اثر نیروهای غالب و ... اشاره کرد.

از طرف سیال به پوشش در سه بعد فضایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما اعداد فرود (Ft) با توجه به ماهیت جریان و رینولدز (Re) به علت کاملاً متلاطم بودن جریان و صرف نظر شدن از تاثیر لزجت، و بر (We) به علت ناچیز بودن آن در جریان کانال باز این پژوهش، از میان پارامترها حذف می‌شوند. در نهایت، با حذف اعداد بدون بعد بدون تاثیر یا کم تاثیر در طول آزمایش‌ها و ساده کردن ترکیب داده‌ها، رابطه (۲) حاصل شد.

به منظور دستیابی به مدل پارامتریک و فرمول تجربی برآورد نرخ انتقال رسوب از نرم‌افزار تجزیه و تحلیل آماری SPSS، که می‌توان روش‌ها و آزمون‌های آماری از جمله دستورات سری‌های زمانی، رگرسیون و همبستگی را با دقت و سرعت انجام داد، استفاده گردید. به منظور مقایسه و ارزیابی نرخ انتقال رسوب برآوردی از فرمول تجربی استخراجی و آزمایش‌های پژوهش حاضر، از معیارهای آماری مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، نرمال سازی جذر میانگین مربعات خطا (NRMSE)، ضریب کارایی (CE) و ضریب همبستگی (R^2)، به صورت رابطه‌های (۳) تا (۶) استفاده گردید: 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 ۱- تا ۱ می‌باشد و مقدار ۱ بیان‌کننده پیش‌بینی بدون خطا می‌باشد. دامنه ضریب کارایی از منفی بی‌نهایت (مدل ضعیف) تا ۱ (مدل خوب) می‌باشد. در ادامه در جدول ۲، شرح پارامترهای مورد استفاده در آزمایش‌ها و محدوده آن‌ها ارائه می‌شود.

آزمایش‌ها در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه شهرکرد انجام گردید. فلوم آزمایشگاهی با مقطع مستطیلی به عرض ۰/۶ متر، ارتفاع دیواره ۰/۶ متر و طول ۲۰ متر به سه قسمت طولی، ۳/۵ متر در پایین دست مدل، ۴/۵ متر مدل (شامل ۱ متر فلوم لبه چاقویی، ۱/۸۴ متر رسوبات ساحل، ۱/۵ متر مخزن تامین هد موج و ۰/۱۶ متر به صورت آزاد) و ۱۲ متر بالادست مدل تقسیم گردید. فلوم دارای کف فلزی و دیواره‌های شیشه‌ای از جنس پلکسی گلاس است. سرعت موج توسط دستگاه سرعت‌سنج داپلر صوتی (ای‌دی‌وی) ثبت گردید. در جلوی قسمت متحرک فلوم نیروسنج الکترونیکی (لودسل) با قابلیت ثبت حداکثر نیروی حاصل از برخورد موج به ساحل نصب گردید. لازم به ذکر است شیب ورودی صفحه و خط کرانه ساحل معادل ۳۰ درجه و هم سطح با رقوم رسوب انتخاب گردید و برای ساحل از شیب ثابت و افقی، استفاده گردید. در شکل ۱ مدل آزمایشگاهی استفاده شده با ذکر جزئیات به عنوان نمونه نشان داده شده است.

در مدل‌سازی اخیر نیز با احتساب مجموع مولفه‌های موجود، مقطع ساحل شبیه‌سازی شده است. مهم‌ترین متغیرهای فیزیکی در مسأله نرخ انتقال رسوب ساحلی (QLS) در پنج دسته، ۱- متغیرهای بستر شامل قطر ذرات رسوب (D_{50})، جرم حجمی ذرات (ρ_s)، تنش برشی بستر (τ_b)، سرعت سقوط ذرات رسوب (WS)، انحراف معیار هندسی توزیع دانه‌بندی ذرات (σ_g)، فاکتور شکل (Fs) و زاویه مقاومت رسوب‌ها (ϕ)، ۲- متغیرهای کانال شامل ضریب زبری جداره (n)، شیب ساحل (S)، عمق آبخورد ساحل (Y) و عرض کانال (B)، ۳- متغیرهای سیال شامل دانسیته جرمی (ρ_w)، لزجت دینامیکی (μ_w)، شتاب ثقل (g) و کشش سطحی (σ)، ۴- متغیرهای پوشش شامل تنش برشی ناشی از کشش پوشش (τ_v)، قطر ساقه پوشش (D)، تراکم پوشش (D_v) (خارج قسمت سطح سایه انداز پوشش درختی (A_v) در تعداد پوشش (n_v) به مساحت زمین محصور شده پوشش یا ساحل مورد بررسی (A_g)، زاویه پوشش نسبت به موج (θ)، ارتفاع پوشش (n_v)، انعطاف پذیری پوشش (ξE) و چیدمان (C)، ۵- متغیرهای هیدرولیکی شامل نیروی کششی موج (F_D)، سرعت موج (V)، ارتفاع موج (H) و طول موج (L)، در نظر گرفته شدند.

در ادامه انتخاب ترکیب مناسب از میان متغیرهای ذکر شده بر اساس شبیه‌سازی فیزیکی در نظر گرفته شده مهم می‌باشد. از این رو پارامتر W_s (سرعت سقوط ذرات رسوب) با توجه به تعریف و ماهیت امواج منفرد و ارجحیت سرعت موج نسبت به سرعت سقوط ذرات در انتقال رسوب، Y (عمق آبخورد ساحل) با توجه به شرایط مستغرق حاکم بر روی عمق آبخورد، L (طول موج) با توجه به ارجحیت ارتفاع موج نسبت به طول موج و ϕ (زاویه مقاومت رسوب‌ها) با توجه به یکنواخت بودن رسوب‌ها در طول تمام آزمایش‌ها، نادیده گرفته شدند. همچنین پارامتر τ_b (تنش برشی بستر) نیز با توجه به اهداف و مکانیزم انجام این پژوهش و به دلیل بررسی و در نظر گرفتن نیروی موج و نیروی کششی پوشش جنگلی به ترتیب به عنوان تنها نیروی موجود و تنها عامل مقاوم در این پژوهش، نادیده گرفته شد. در نهایت با حذف پارامترهای ثابت و بدون تاثیر در طول آزمایش‌ها و استفاده از روش (Hunsaker and Rightmire, 1947) در تحلیل ابعادی و انتخاب H, ρ_w, V به عنوان متغیرهای تکراری، پارامترهای بدون بعد مطابق رابطه (۱) استخراج گردید. قابل ذکر است به جای قطر پوشش D که در اینجا ثابت انتخاب شده، از پارامتر A_p (سطح مقطع مقابل جریان) استفاده گردید. که با بررسی پارامترهای بدون بعد بدست آمده مشاهده می‌شود که می‌توان از میان آن‌ها اعداد بدون بعد معروفی مطابق جدول (۱) استخراج نمود. لازم به ذکر است که جهت تجزیه و تحلیل داده‌های تجربی، اعداد ضریب درگ (C_D) برای محاسبه نیروی درگ ناشی از امواج در ساحل، شاخص صلیبیت (ξE) برای برآورد پارامتر انعطاف‌پذیری پوشش درختی و عدد نیوتن (N_e) برای شبیه‌سازی سیستم نیرویی اعمال شده

$$f_1 \left(\frac{F}{\rho_w H^2 V^2}, \frac{\rho_w H V}{\mu_w}, \frac{V}{\sqrt{H g}}, \frac{\xi E}{\rho_w V^2}, \frac{\rho_w V^2 H}{\sigma}, \frac{\tau_v}{\rho_w V^2}, \frac{Q_{LS}}{V H^2}, \frac{A_p}{H^2}, \frac{h_v}{H}, \frac{D_{50}}{H}, D_v, C \right) = 0 \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$Q_{LS} = V H^2 f_2 \left(C_D, J, N_e, \frac{D_{50}}{H}, D_v \right) \quad \text{رابطه (۲)}$$

جدول ۱- اعداد بدون بعد معروف استخراج شده

Table 1. Famous dimensionless numbers.

عدد نیوتن	عدد وبر	شاخص صلیبیت	عدد فرود	عدد رینولدز	ضریب درگ
$N_e = \frac{\tau_v}{\rho_w V^2}$	$We = \frac{V^2 H}{\sigma}$	$J = \frac{\xi E}{\rho_w V^2}$	$Fr = \frac{V}{\sqrt{Hg}}$	$Re = \frac{\rho_w H V}{\mu_w}$	$C_D = \frac{F}{\rho_w A_P V^2}$

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

رابطه (۳)

$$NRMSE = \frac{RMSE}{O_{max} - O_{min}}$$

رابطه (۴)

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

رابطه (۵)

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

رابطه (۶)

جدول ۲- معرفی پارامترهای مورد استفاده در این پژوهش

Table 2. Introducing the parameters used in this study.

تعداد حالت‌های تغییر	واحد	نماد	پارامتر متغیر
متغیر مورد بررسی	$cm^3 \cdot s^{-1}$	Q_{LS}	نرخ انتقال رسوب
۱/۳۴-۵۰/۴۸	kg	F_D	نیروی درگ
۱۲ و ۹، ۶	Cm	H	ارتفاع موج
۱/۳۳-۱/۵۲	$m \cdot s^{-1}$	V	سرعت موج
۱۰۰-۲۵	%	D_v	تراکم پوشش جنگلی
۲۰-۵	-	n_v	تعداد المان پوشش در هر تراکم
مثالی و مستطیلی	-	C	چیدمان پوشش جنگلی



شکل ۱- نمایی از فلوم مستطیلی مدل آزمایشگاهی به همراه جزئیات آن

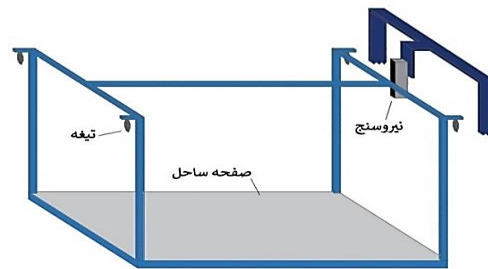
Fig. 1- Overview of the rectangular flume of the laboratory model and its details

با پر کردن مخزن ایجاد موج از آب و سپس به کمک دریچه کشویی و باز نمودن ناگهانی دریچه، موج ایجاد گردید. 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 (Ghanbari Adivi et al., 2015) (Ratnasooriya et al., 2008)، از این سیستم برای تولید موج استفاده شده است. در این پژوهش، از سه ارتفاع موج مختلف ۶، ۹ و ۱۲ سانتی‌متر جهت شبیه‌سازی ارتفاع سونامی و با رعایت مقیاس ۱ به ۶۰ در هر مرحله آزمایش استفاده گردید. جهت بررسی پدیده انتقال رسوب در ساحل و همچنین دستیابی به میزان وضعیت انتقال رسوب، کف فلوم از مواد متخلخل رسوبی با شیب ثابت و افقی و ارتفاع ۰/۱۰ متر، به حجم کلی $10^{-3} \times 91/814$ 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 درختی به دریچه تخلیه رسوب واقع در انتهای کانال انتقال یافته 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 حاصل شدن 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. در نهایت نیز نرخ انتقال رسوب بر اساس تبدیل واحد و با توجه به مدت زمان ۱۲۰ ثانیه بر حسب سانتی‌متر مکعب بر ثانیه برآورد گردید.

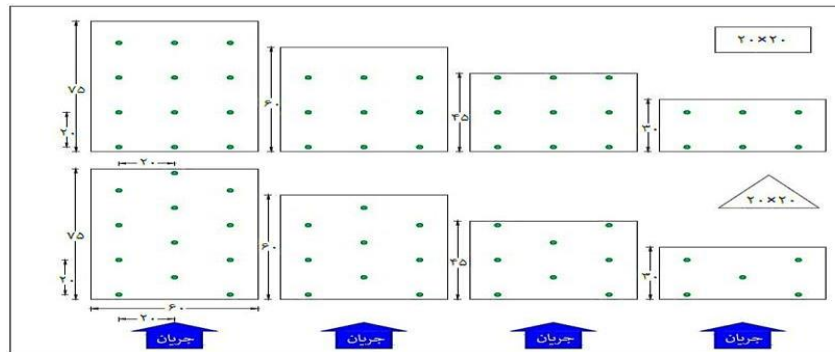
بعد از رسوب‌ها، طولی معادل یک متر از فلوم به صفحه ساحل و تکیه‌گاه لبه چاقویی اختصاص داده شد. ایجاد این فلوم لبه چاقویی برای اولین بار در مطالعات (Lashkar-Ara, 2010) به منظور اندازه‌گیری مستقیم نیرو به روش مومنتم جهت اندازه‌گیری تنش برشی کانال مستطیلی با زبری‌های مختلف مطرح گردید. اما در آزمایش‌های پژوهش حاضر مکانیزم لبه چاقویی به شکلی نوین با قابلیت نگه داشتن اصطکاک تماسی در حد صفر، به‌صورت کاملاً آزاد و در شرایط آستانه حرکت، مطابق شکل (۲) ایجاد گردید. قابلیت اتصال انتهای فلوم لبه چاقویی (قسمت متحرک) به ابتدای پایین دست با استفاده از حسگر بار دینامیک (نیروسنج الکترونیکی) نصب شده در جلوی فلوم لبه چاقویی، اندازه‌گیری نیروی وارده از سوی موج یا جریان بر روی مدل آزمایشگاهی را میسر می‌ساخت. فلوم 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، عامل برقراری تعادل نیرویی بوده و همین مسئله امکان ثبت مقدار نیرو در هر لحظه از عبور موج از این بازه یک متری بخش میانی، بر روی صفحه نمایشگر متصل به حسگر را فراهم می‌آورد. به منظور تهیه پوشش درختی ساحلی، با

جهت برآورد پارامتر انعطاف‌پذیری شاخه‌های پوشش، از پارامتری به نام شاخص درختی استفاده گردید که در مطالعات (Fathi Moghadam, 1996) به منظور بررسی جذب مومنتم پوشش‌های درختی انعطاف‌پذیر غیرمستغرق در رودخانه‌ها، ارائه شده است که در آن $E\xi$ شاخص درختی، Nf_1^2 مجذور رزونانس فرکانسی مود اول، m_s جرم، h_2 ارتفاع پوشش درختی بر حسب واحدهای استاندارد می‌باشد. در پژوهش حاضر، درختچه‌های مصنوعی همگی هم‌شکل بوده و شرایط هندسی یکسانی داشتند، شش عدد از آنها انتخاب شده و جهت تخمین شاخص درختی، مورد آزمایش قرار گرفتند. در این‌جا متوسط شاخص درختی اندازه‌گیری شده معادل $6/5$ نیوتن بر متر مربع به‌دست آمده است.



شکل ۲- نمایی سه بعدی از بخش متحرک فلوم (فلوم با تکیه گاه لبه چاقویی)

Fig. 2- 3D view of the moving portion of the flume (flume with a knife edge restraint).



شکل ۳- یکی از حالت‌های چیدمان پوشش گیاهی در آزمایش‌ها

Fig. 3-One of the vegetation layout modes in the experiments

سطح به‌جای معادله (۱۰) از معادله (۱۱) استفاده گردید: که L_G و W_G طول و عرض پوشش، L_x و L_y فواصل طولی و عرضی بین دو ساقه و D قطر ساقه، بر حسب متر می‌باشند. جهت محاسبه سطح جاذب نیرو، با داشتن اطلاعاتی همچون ارتفاع پوشش و ارتفاع موج در لحظه برخورد به هر ردیف پوشش، عکس‌برداری از پوشش درختی صورت گرفته و با استفاده از نرم‌افزار اتوکد، سطح پوشش در معرض جریان محاسبه گردید. به این ترتیب که به ازای هر ارتفاع موج در لحظه برخورد به پوشش، سطح پوشش درختی (A) به صورت تجمعی و با رعایت مقیاس در نرم‌افزار حاصل شد. در نهایت با در نظر داشتن تعداد پوشش در هر ردیف و جمع سطح جاذب نیرو تمام پوشش‌های درختی قرار گرفته در هر ردیف به صورت مجزا و سپس جمع سطح جاذب تمام ردیف‌ها (ΣA)، سطح کل جاذب نیرو (A_p) بدست آمد.

جهت برآورد تنش برشی ناشی از کشش و مقاومت پوشش در مقابل امواج (τ_v)، طبق مطالعات (Nardin et al., 2016)، از معادله (۸) استفاده می‌گردد که به منظور بررسی تاثیر پوشش درختی بر جریان ارائه شده است: که در آن C_D عدد بدون بعد ضریب کشش، D_s تراکم پوشش که برابر است با تعداد ساقه در واحد سطح، h_v ارتفاع پوشش و u_v سرعت درونی پوشش، بر حسب واحدهای استاندارد می‌باشند. در اینجا با توجه به نوع آزمایش‌ها و شیوه کارگذاری پوشش، جهت استفاده از معادله ذکر شده به منظور تعیین تنش برشی ناشی از کشش پوشش، تراکم پوشش (D_s) با ضریبی تحت عنوان ضریب تعداد ساقه (C_s) به جای تراکم ساقه (D_s) در معادله جایگزین شده است. در نتیجه معادله (۸) به شکل معادله (۹) تبدیل گردید. که ضریب تعداد ساقه (C_s) در تراکم‌های مختلف پوشش را می‌توان با استفاده از معادله اولیه (۱۰) برآورد نمود، که در ادامه برای محاسبه حالت معیار و تعداد ساقه در واحد

$$\xi E = N f_1^2 \left(\frac{m_s}{h_2} \right) \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$\tau_v = \frac{1}{2} C_D D_s h_v u_v^2 \quad \text{رابطه (۸)}$$

$$\tau_v = \frac{1}{2} C_D C_s D_s h_v u_v^2 \quad \text{رابطه (۹)}$$

$$C_s = \left(\frac{\left(\frac{L_G}{L_x} + 1 \right) \left(\frac{W_G}{L_y} + 1 \right)}{(W_G)(L_G)} \right) D \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

$$C_s = \left(\frac{\left(\left(\frac{100}{L_x} + 1 \right) \right) \left(\left(\frac{100}{L_y} + 1 \right) \right)}{1 \times 1} \right) D \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

۳. نتایج و بحث

برای بررسی تاثیر پوشش جنگلی ساحلی بر نرخ انتقال رسوب کرانه ساحل، ابتدا به بررسی تاثیر میزان ارتفاع و سرعت موج ورودی (موج شکسته شده) بر میزان انتقال رسوب به صورت کلی پرداخته شد. در شکل (۴)، میزان انتقال رسوب (سانتی‌متر مکعب بر ثانیه) بر اساس ارتفاع (متر) و سرعت موج ورودی (متر بر ثانیه)، به ازای چیدمان مختلف پوشش ارائه شده است. با توجه به شکل (۴) ملاحظه می‌گردد که میزان انتقال رسوب طبق انتظار با افزایش ارتفاع و سرعت موج ورودی افزایش می‌یابد، به طوری که بیشترین و کمترین نرخ انتقال رسوب در ارتفاع موج ورودی ۲۵ و ۶/۵ سانتی‌متر و سرعت موج ورودی ۱/۴۴ و ۱/۳۳ متر بر ثانیه به ترتیب در چیدمان مستطیلی و مثلثی، معادل ۹۷/۸۹ و ۳۱/۳۴ سانتی‌متر مکعب بر ثانیه ثبت گردید. این میزان انتقال رسوب نسبت به شرایط بدون حضور پوشش به ترتیب معادل ۱۹/۱۴ و ۵۹/۳۳ درصد، کمتر ثبت گردید. به عبارتی دیگر جریان عبوری که با افزایش ارتفاع و سرعت خود موجب فرسایش و حمل بستر رسوبی می‌گردد، پس از ورود به سامانه متخلخل پوشش درختی از تلاطم آن کاسته شده و در نتیجه مانع حمل بیشتر رسوب‌ها می‌گردد. از این طریق می‌توان به تثبیت بیشتر ساحل کمک نمود. همچنین ملاحظه گردید که میزان انتقال رسوب تحت تاثیر پوشش جنگلی ساحلی به ازای چیدمان مثلثی کمتر از چیدمان مستطیلی می‌باشد، به طوری که چیدمان مثلثی ۷/۵۷ درصد بیشتر از چیدمان مستطیلی کارایی داشته و میزان رسوب کمتری را از خود انتقال می‌دهد. لازم به ذکر است که موج ورودی به سیستم در هنگام برخورد با پوشش جنگلی ساحلی به دلیل تراکم‌های مختلف پوشش و افزایش نیروی کششی و وارد شدن فشار زیاد به پوشش، دچار برآمدگی می‌گردد، علی‌رغم برآمدگی قله و ارتفاع موج قبل از پوشش جنگلی که منجر به شکست موج گردید، از سرعت موج در هنگام عبور از میان پوشش به دلیل برخورد با موانع کاسته می‌شود، بنابراین ذرات رسوب بیشتری در سامانه متخلخل پوشش درختی باقی مانده و از انتقال آن‌ها جلوگیری می‌گردد.

در شکل (۵)، میزان انتقال رسوب (سانتی‌متر مکعب بر ثانیه) بر اساس میزان ضریب کشش پوشش جنگلی ساحلی، شاخص صلیبیت و انعطاف‌پذیری پوشش، عدد نیوتن و سیستم نیرویی اعمال شده از طرف سیال به پوشش، نسبت بدون بعد قطر متوسط ذرات رسوب به ارتفاع موج ورودی و تراکم پوشش جنگلی (درصد)، به ازای چیدمان مختلف پوشش ارائه شده است. با توجه به شکل (۵) ملاحظه می‌گردد که به ازای یک چیدمان، نرخ انتقال رسوب با افزایش میزان تراکم و ضریب کشش پوشش جنگلی ساحلی، نسبت بدون بعد قطر متوسط ذرات رسوب به ارتفاع موج ورودی، عدد نیوتن و شاخص صلیبیت، کاهش می‌یابد.

با توجه به شکل ۵-الف و ۵-ب می‌توان بیان داشت که با افزایش تراکم پوشش و انتخاب چیدمان مثلثی، به دلیل قرار گرفتن تعداد درخت بیشتر و نحوه قرارگیری به صورت یک در میان و در نتیجه سطح مقطع بیشتر در مقابل جریان، ضریب کشش و مقاومت گروهی درختان در مقابل جریان افزایش می‌یابد، بنابراین از انتقال ذرات رسوب جلوگیری می‌شود و نرخ انتقال رسوب کاهش می‌یابد. به طوری که با افزایش

تراکم پوشش به طور متوسط ۱۱/۲۰ درصد از روند نرخ انتقال رسوب کاسته می‌شود. همچنین کمترین نرخ انتقال رسوب (۳۱/۳۴ سانتی‌متر مکعب بر ثانیه) در تراکم ۱۰۰ درصد و ضریب کشش معادل ۷/۳۵، در چیدمان مثلثی ثبت گردید. این در حالی است که بیشترین نرخ انتقال رسوب (۹۷/۸۹ سانتی‌متر مکعب بر ثانیه) در تراکم ۳۰ درصد و ضریب کشش معادل ۲/۵۸، در چیدمان مستطیلی ثبت گردید.

با توجه به شکل ۵-ج می‌توان بیان داشت که دلیل افزایش نسبت بدون بعد قطر متوسط ذرات رسوب به ارتفاع موج (با توجه به ثابت بودن مقدار قطر متوسط ذرات رسوب)، همان‌طور که در شکل (۴) نیز ذکر گردید، می‌تواند کاسته شدن از تراکم پوشش و کاسته شدن فشار وارد شده به پوشش و در نتیجه کاهش میزان ارتفاع و کاهش برآمدگی قله موج ایجاد شده باشد. بنابراین کاهش ارتفاع موج و در نتیجه افزایش نسبت بدون بعد قطر متوسط ذرات رسوب به ارتفاع موج ورودی، منجر به کاهش نرخ انتقال رسوب می‌گردد.

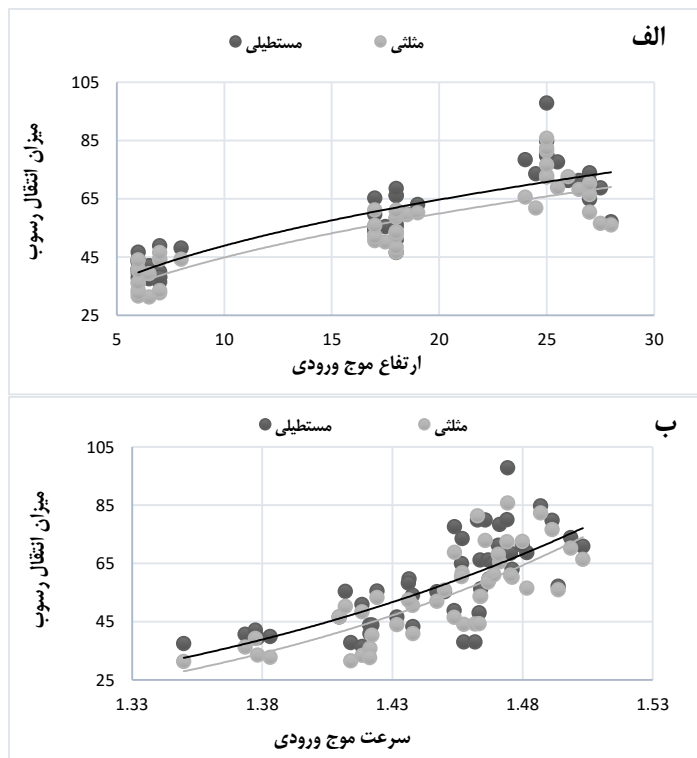
با توجه به شکل ۵-د می‌توان بیان داشت که با توجه به ثابت بودن مقدار پارامتر انعطاف‌پذیری پوشش و جرم مخصوص آب، در واقع این کاهش سرعت موج ورودی تحت تاثیر پوشش جنگلی ساحلی می‌باشد که منجر به افزایش عدد بدون بعد شاخص صلیبیت می‌گردد. بنابراین همان‌طور که مشخص و منطبق بر واقعیت می‌باشد، با کاهش سرعت جریان، ضریب کشش و مقاومت پوشش در مقابل جریان که رابطه غیرمستقیم با سرعت دارد افزایش می‌یابد و در نتیجه از انتقال ذرات رسوب جلوگیری می‌گردد. از طرفی در مدل پوشش انعطاف‌پذیر که شاخ و برگ‌ها در تماس با جریان قرار گرفته‌اند، با انتقال تلاطم جریان به سطح آب و کاهش برخورد جریان آشفته با کف بستر، از فرسایش و حمل رسوب‌ها جلوگیری می‌شود. مطالعاتی همچون (Parnak., 1394, Rose et al., 2014, Li et al., 2014, Termini., 2015, Hao et al., 2015) نیز بیانگر این موضوع می‌باشند، به طوری که با انجام آزمایش‌هایی بر حرکت و رفتار پوشش درختی انعطاف‌پذیر و تأثیرات آن بر روی انتقال جریان، به این نتیجه رسیدند که به طور کلی پوشش درختی انعطاف‌پذیر با تراکم‌های مختلف بر روی پروفیل و انتقال جریان اثر می‌گذارد، جریان را به تعویق می‌اندازد و نرخ انتقال رسوب را کاهش داده و به حفظ ساختار سواحل کمک نموده و حتی در بلند مدت باعث احیای سواحل ناپایدار شده می‌گردد.

با توجه به شکل ۵-هـ نیز می‌توان بیان داشت که در عدد بدون بعد نیوتن متناسب با کاهش سرعت موج تحت تاثیر پوشش جنگلی ساحلی، در واقع این افزایش در تنش برشی ناشی از کشش و مقاومت پوشش در مقابل جریان که رابطه مستقیمی با تراکم و ضریب کشش دارد و متناسب با افزایش آن‌ها، افزایش می‌یابد، که منجر به افزایش عدد بدون بعد نیوتن می‌گردد. بنابراین با افزایش در تراکم، ضریب کشش، تنش برشی ناشی از کشش پوشش و عدد نیوتن، نرخ انتقال رسوب کاهش می‌یابد.

به منظور ارزیابی نحوه اثر پارامترهای بدون بعد بدست آمده در تحلیل ابعادی بر روی نحوه تغییرات میزان انتقال رسوب، ضرایب این پارامترها در معادله (۲) بر اساس داده‌های ثبت شده و انجام تحلیل ریاضی در نرم‌افزار SPSS، مشخص گردید. معادله (۱۲) تأثیر

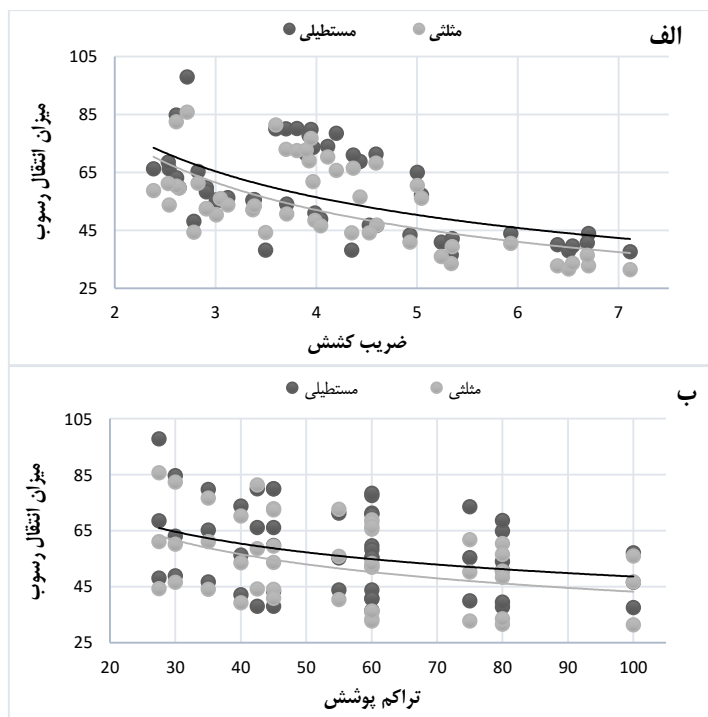
نزدیک به واقعیت پیش‌بینی می‌شود، به طوری که این فرمول دارای ضریب همبستگی و ضریب کارایی نزدیک به ۱ (مدل خوب) و مجذور میانگین مربعات خطای نرمال نزدیک به صفر می‌باشد.

پارامترهای مورد آزمایش در مقدار انتقال رسوب را نشان می‌دهد. همچنین آماره‌های ارزیابی و مقایسه این معادله با نتایج آزمایشگاهی در جدول (۳) ارائه شده است. داده‌های محاسبه شده از طریق معادله (۱۲) از دقت قابل قبولی برخوردار می‌باشد و مقدار نرخ انتقال رسوب



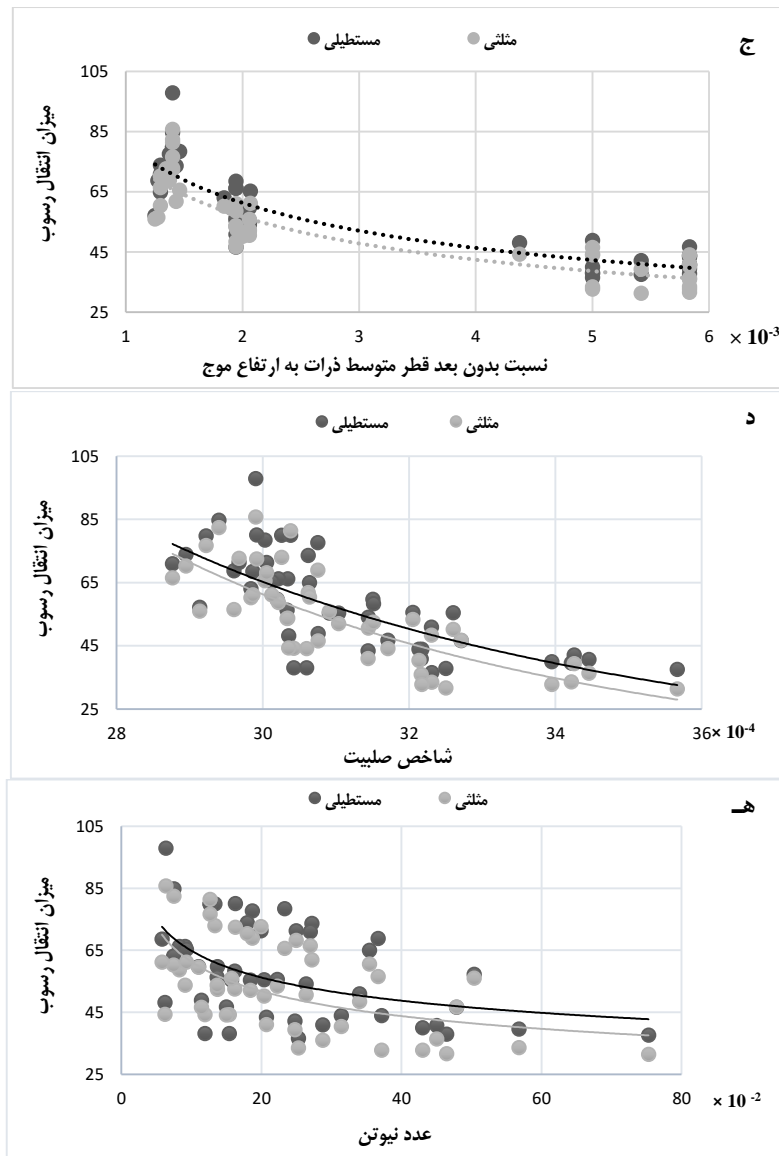
شکل ۴- روند میزان انتقال رسوب تحت تاثیر الف) ارتفاع موج ورودی، ب) سرعت موج ورودی

Fig. 4- The trends of sediment transport rate influenced by, (a) input wave height, (b) input wave velocity.



شکل ۵- میزان انتقال رسوب بر اساس الف) ضریب کشش، ب) تراکم پوشش جنگلی

Fig. 5- Sediment transport rate based on (a) Drag coefficient, (b) forest cover density



شکل ۵- میزان انتقال رسوب بر اساس (ج) نسبت بدون بعد قطر متوسط ذرات به ارتفاع موج ورودی، (د) عدد نیوتن و (ه) شاخص صلبیت، به ازای چیدمان مثلثی و مستطیلی

Fig. 5- Sediment transport rate based on (c) dimensionless ratio of mean particle diameter to input wave height, (d) Newton number, and (e) rigidity index, for triangular and rectangular layout

$$Q_{LS} = VH^2 \left(2.872 \times 10^{-5} (C_D)^{2.35} + 0.001 (D_v)^{1.35} + 0.001 (N_e) - 4.165 \times 10^{-5} \left(\frac{H}{D_{50}} \right)^{0.8} + 8.033 \times 10^{-5} (J)^{-0.75} \right) \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

جدول ۳- آماره‌های ارزیابی فرمول برآورد نرخ انتقال رسوب.

Table 3. evaluation criteria of estimate sediment transport rate formulas.

آماره	NRMSE	CE	R ²
مقدار آماره	۰/۱۶	۰/۷۵	۰/۹۲

۴. نتیجه‌گیری

حضور پوشش این میزان نرخ انتقال رسوب به ترتیب معادل ۱۹/۱۴ و ۵۹/۳۳ درصد بیشتر ثبت گردید. نرخ انتقال رسوب تحت تاثیر پوشش جنگلی ساحلی به ازای چیدمان مثلثی کمتر از چیدمان مستطیلی می‌باشد، به طوری که چیدمان مثلثی به دلیل نحوه قرارگیری به صورت یک در میان و در نتیجه سطح مقطع بیش‌تر در مقابل جریان، ۷/۵۷ درصد بیش‌تر از چیدمان مستطیلی کارایی داشته و میزان رسوب کمتری را از خود انتقال می‌دهد. با افزایش تراکم پوشش و در نتیجه افزایش ضریب کشش و مقاومت گروهی درختان در مقابل جریان، به‌طور متوسط ۱۱/۲۰ درصد از روند نرخ انتقال رسوب کاسته می‌شود. کمترین نرخ انتقال رسوب (۳۱/۳۴ سانتی‌متر مکعب بر ثانیه) در تراکم ۱۰۰ درصد و ضریب کشش معادل ۷/۳۵، در چیدمان مثلثی و بیش‌ترین نرخ انتقال رسوب (۹۷/۸۹ سانتی‌متر مکعب بر ثانیه) در تراکم ۳۰ درصد و ضریب کشش معادل ۲/۵۸، در چیدمان مستطیلی ثبت گردید. به‌طور کلی وجود پوشش درختی نرخ انتقال رسوب را معادل ۴۱/۱۷ درصد نسبت به شرایط بدون حضور پوشش کاهش می‌دهد.

در پژوهش حاضر، بنا بر نقش عمده کمربند سبز ساحلی در توسعه و محافظت از زیست‌بوم‌ها و معرفی آن به عنوان یک طرح جامع پویا و متناسب با هر منطقه ساحلی، تاثیر پوشش جنگلی ساحلی بر کاهش روند نرخ انتقال رسوب در شرایط حضور و عدم حضور پوشش بررسی گردید. نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از کارایی پوشش جنگلی می‌باشد، که این امر منجر به جلوگیری از فرسایش و آبستگي و در نتیجه تثبیت و احیای سواحل می‌گردد. همچنین در نظر گرفتن شرایطی از قبیل انتخاب چیدمان مثلثی به جای چیدمان مستطیلی و افزایش تراکم پوشش، می‌تواند منجر به بهبود این وضعیت و ساماندهی سواحل گردد.

نتایج نشان داد که در شرایط حضور پوشش، با افزایش ارتفاع و سرعت موج ورودی نرخ انتقال رسوب افزایش می‌یابد، به طوری که بیش‌ترین و کم‌ترین نرخ انتقال رسوب، معادل ۹۷/۸۹ و ۳۱/۳۴ سانتی‌متر مکعب بر ثانیه ثبت گردید. این در حالی است که در شرایط بدون

References:

- Fathi-Moghadam M. 1996. Momentum Absorption in Non-Rigid, Non-Submerged, Tall Vegetation along Rivers. Ph.D. Thesis. University of Waterloo, Canada. p: 25-85.
- Ghanbari Adivi E., Fathi-Moghadam M. and Sadari Nasab M. 2015. Laboratory study at the impact of coastal green belt on wave attenuation. Marine Science and Technology. 13(4): 40-50. [Persian]
- Hao w., Hong-wu T., Zhao H.Q., Zhao X.Y. and Lu Sh. 2015. Incipient motion of sediment in presence of submerged flexible vegetation. Water Science and Engineering. 15:1674-2370.
- Hoveizavy S., Savari A., Dehghan Madiseh S. and Doustshenas B. 2012. Using of AMBI (Azti Marine Biotic Index) Index to Evaluation of khuzestan Coastal Sediment Health Status. Marine Science and Technology. 11(1): 1-15. [Persian]
- Hunsaker J.C. and Rightmire B.G. 1947. Engineering Applications of Mechanics. Published by McGraw-Hill Book Company. New York.
- Lashkar-Ara B. 2010. Determination of Shear Stress in Rectangular Channel Using Momentum and Energy Approaches. Ph.D. Thesis. Shahid Chamran university of Ahwaz, Iran. p: 52- 62.
- Li Y., Du W., Yu Z., Tang Ch., Wang Y., Anim D.O., Ni L. and Lau J. 2014. Impact of flexible emergent vegetation on the flow turbulence and kinetic energy characteristics in a flume experiment. Journal of Hydro-environment Research. pp: 1-4.
- Liu Ch. and Shen Y.M. 2008. Flow structure and sediment transport with impact of aquatic vegetation. Journal of Hydrodynamics. 4(4), pp: 461-468.
- Motamedi-Nezhad A. 2016. Effect of Tall Coastal Vegetation on Reduction of Semi- Broken Wave Force .Master Thesis. Hydraulic Structures. Faculty of Water Science Engineering. Shahid Chamran University of Ahwaz, 161 pages. [Persian]
- Mu H., Yu H., Fu S., Yu B., Liu Y. and Zhang G. 2019. Effect of stem basal cover on the sediment transport capacity of overland flows. Geoderma, 337, pp: 384-393.
- Nardin W., Edmonds D.A. and Fagherazzi S. 2016. Influence of vegetation on spatial patterns of sediment deposition in deltaic islands during flood. Advances in Water Resources.
- Parnak F. 1394. Experimental investigation of sediment transport in open channel flow with vegetation. Master Thesis. Hydraulic Structures. Faculty of Water Science Engineering. Shahid Bahonar University of Kerman, 94 pages.
- Ratnasooriya S.P., Samarawichrama S.S.L., Hettiarachchi Banadara R.P.S.S. and Tanaka N. 2008. Mitigation of tsunami by coastal vegetation. Journal of the Institution of Engineers. Sri Lanka, pp: 13-19.
- Rose A., Colomer J., Teresa S., Pujol D., Soler M. and Casamitjana X. 2014. Experimental observation on resuspension within submerged model canopies under oscillatory flow. Continental Shelf Research. 19, 220-231.
- Termini D. 2015. Flexible vegetation behaviour and effects on flow conveyance: experimental observations. River Basin Management. pp: 1-11.
- Wang H., Tang H.W., Zhao H.Q., Zhao X.Y. and Lu S.Q. 2015. Incipient motion of sediment in presence of submerged flexible vegetation. Water Science and Engineering. pp:1674- 2370.



Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>

Original Article



Impact of coastal forest cover on the stabilization, protection and restoration of sandy coasts exposed to tsunami waves

Hamed Jalil Masir, Rohollah Fatahi, Elham Ghanbari Adivi *

Department of Water Science Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

* Corresponding Author E-mail: Elhamgh44@gmail.com

Received: 22 December 2019

Revised: 20 February 2020

Accepted: 24 February 2020

DOI: 10.22113/JMST.2020.212864.2338

Abstract

Sediment transport phenomenon is considered as one of the important and Effective factors in hydraulic performance and morphological structure of the coasts. In addition, stable development, engineering proceedings and the selection of the most appropriate protection method for organization and stabilization of the coast, are depends on the quantity of sediment load. Therefore, the focus of this study is generally to estimate sediment transport rate, assess the impact of coastal forest cover (Green Belt) on decreasing sediment transport rate exposed to tsunami wave trend and to obtain the parametric model to each coastal area using SPSS software. Experiments were performed on the effectiveness of a mangrove tree to reduce tsunami energy, by a simulated polyethylene synthetic shrub structure, for two rectangular and triangular tree layouts, 3 input wave height of 6, 9 and 12 cm, constant and horizontal slope of the coast, 0.35 mm sediment diameter and in terms of presence and absence of cover.. The results of this study show that despite forest cover, 41.17% of coastal erosion and scour are prevented and it helps to stabilization and restoration the coasts. Also considering conditions such as triangular layout selection and increasing cover density, 7.57% and 11.20% respectively, leading to the improvement of the coastal condition. Finally, the parametric model and the experimental equation for estimating the sediment transport rate with the correlation coefficient equal to 0.95, proposed as well.

Keywords: Green belt, Stable Development, organization and stabilization of the coast, Sediment transfer rate, Tsunami.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

