

سیر تکاملی اثر پیوسته موج و جریان در پوشش گیاهی

چکیده

پوشش گیاهی غوطه ور می تواند به طور قابل توجهی بر روی هیدرودینامیک ساحلی تاثیر بگذارد. با این حال، مدل های عددی شامل جریان، امواج، و تلاطم نیست. در این مقاله، ما از اجرای یک ماژول موج، جریان، پوشش گیاهی برای توصیف یک اقیانوس اتمسفر، موج و انتقال رسوب (COAWST) استفاده می کنیم. سیستم مدل سازی ای که شامل یک مدل جریان (ROMS) و یک مدل موج (SWAN)، و نشان دادن فرآیندهای مختلف با استفاده از حوضه های کم عمق ایده آل. مدل جریان اصلاح شده شامل گیاه، وابسته به وضعیت سه بعدی، در تاج موج، و تبدیل انرژی جنبشی به پارامترهای عمودی. تبدیل متغیرهای مربوط به پوشش گیاهی به مدل جریان و مدل موج برای اتلاف انرژی موج به دلیل وجود پوشش گیاهی است. (موضوع مطالعه) 1- نشان می دهد که اعتبار گیاه وابسته به پارامتر وضعیت مقاومت در اندازه گیری میدانی 2- نشان می دهد که مدل قادر به تولید به مثل میانگین و جریان آشفته میدانی در حضور پوشش گیاهی در مقایسه با آزمایش های مختلف آزمایشگاهی، 3- تعامل پوشش گیاهی و جریان از طریق تحلیل شرایط در تعادل حرکت فراهم می کند، 4- توصیف تاثیر یک پوشش گیاهی مستغرق بر جریانهای جزر و مدی و امواج به طور جداگانه و با هم 5- پیشنهاد مسیر آینده برای تحقیق و توسعه.

1. مقدمه

پوشش گیاهی آبی (به عنوان مثال، مانگرو، باتلاق های نمک، و علف های دریایی) نقش مهمی در اکوسیستم دهانه رودخانه به عنوان یک تثبیت کننده در بستر دریا، چرخه مواد مغذی و محل رش و نمو برای ماهیان (Hemminga and Duarte, 2000) ایفا می کند. آنها اغلب سازگار با محیط زیست می باشند زیرا آنها با تغییر محیط فیزیکی خود برای ایجاد زیستگاه مطلوب تر برای خود و موجودات دیگر (جونز و همکاران، 1994). به عنوان مثال، علف های دریایی می توانند رسوب را کاهش دهند در نتیجه آن افزایش نفوذ نور و رشد را به همراه خواهد داشت (کریت و همکاران، 2010) بررسی پایداری اکوسیستم دهانه رودخانه نیاز به بینش بیشتری را به فعل و انفعالات بین پوشش

گیاهی، جریان، امواج، و انتقال رسوب دارد. ارتباط پوشش گیاهی آبی در حفاظت ساحلی از رویدادهای شدید در محدوده زمانی معین همراه با ارزیابی عملی روش های مدیریت مبتنی بر اکوسیستم (تمرمان و همکاران 2008)؛ (باربیر و همکاران، 2013)

تحقیقات آزمایشگاهی و عددی قبلی روی مقدار تاج پوشش گیاهی متمرکز بود (بررسی مفصل توسط Nepf، 2012). در کنار تحلیل تئوری به عنوان یک ابزار ارزشمند برای مطالعه پوشش گیاهی (شکل 1) با این حال آنها پیچیدگی ذاتی محیط های واقعی را ندارند (به عنوان مثال، تغییرات مکانی توزیع پوشش گیاهی و عمق سنجی، غیر خطی تعامل موج جریان در نظر نمی گیرند)

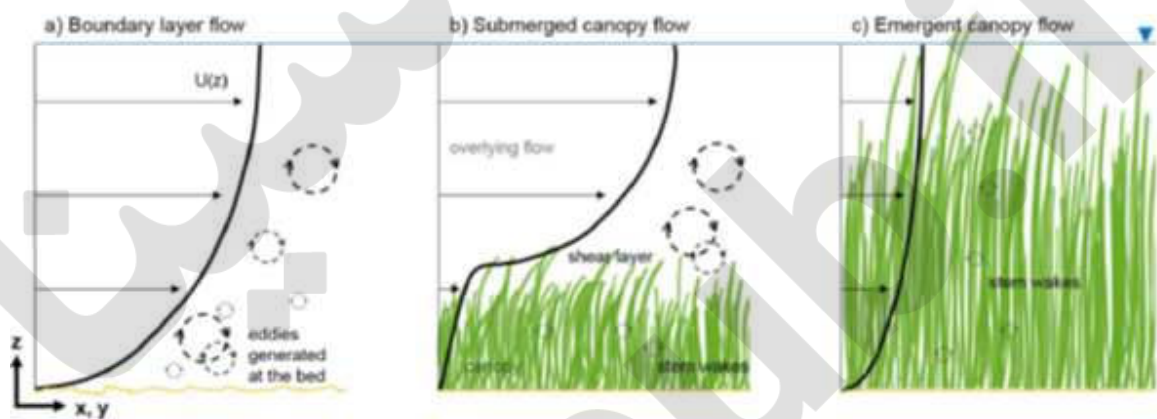
مدل عددی ساحل را می توانند در بررسی این فرآیندهای پیچیده استفاده می شود، اما دقیق سازی آنها خود اغلب نیاز به فاکتورهایی برای محاسبه جریان ها با مقیاس کوچک آشفته، به ویژه در حضور پوشش گیاهی مهم است. ساده ترین روش برای محاسبه تأثیر پوشش گیاهی در یک مدل جریان عمق متوسط افزایش زبری بستر کافی است (Ree, 1949; Morin et al., 2000). اخیراً، پوشش گیاهی به عنوان یک منبع از فرم دهی به پارامتر اصطکاک بستر مربوط به انتقال رسوب در عمق می باشد (Chen et al., 2007; Le Bouteiller and Venditti, 2014). با این حال، (2DH) عمق میانگین نمی تواند برای ساختار عمودی پیچیده ای از جریان در داخل و بیش از پوشش گیاهی غوطه ور محاسبه کند (شنگ و همکاران، 2012)، لایه های ویژه برشی در بالای تاج که موجب افزایش آمیزش عمودی میشوند (Lapetina and Sheng, 2014; Marjoribanks et al.,). تا به امروز، چند مدل مقیاس مناسب سه بعدی در نفوذ از پوشش گیاهی جریان آشفته اندازه گیری می شود (Temmerman et .)

(al., 2005; Kombiadou et al., 2014; Lapetina and Sheng, 2015) و هیچ بخشی از آن منبع مدل جامعه کلی نیست. علاوه بر اعمال بر روی میانگین جریان، پوشش گیاهی آبی نیز باعث تضعیف شدن امواج می شود. در حالی که نزدیک شدن زبری بستر هیچ کمکی به فروپاشی (شکست) موج بیش از پوشش گیاهی نمی کند (Möller Vriend, 2006; Chen et al., 2007 et al., 1999; de رویکرد سیلندری (دارلیمپل و همکاران 1984)

فراهم می کند شرح فیزیکی بیشتر بر اتلاف انرژی موج توسط پوشش گیاهی و اجرای آن در مدل موج طیفی است در آزمایش 8

(Mendez and Losada, 2004; Suzuki et al., 2012; Wu, 2014; Bacchi et al., 2014.)

این تحقیقات با هدف ارائه یک فرایند مبتنی بر چارچوب مدل سازی منبع باز است که اجازه می دهد تا مطالعات جامع از تعامل بین هیدرودینامیک و پوشش گیاهی، و توصیف / نشان دادن تأثیر یک پیچ پوشش گیاهی مستغرق بر جریان و امواج در حوضه های کم عمق ایده آل. ما فی جزئیات اولین اجرای فرآیندهای تعامل OW-پوشش گیاهی FL در مدل، و سپس ارزیابی نتایج مدل با استفاده از مطالعات قبلی. ما جزئیات تعامل بین جریان و پوشش گیاهی برای تعدادی از موارد آرمانی، سپس راه های آینده برنامه مدل و بهبود



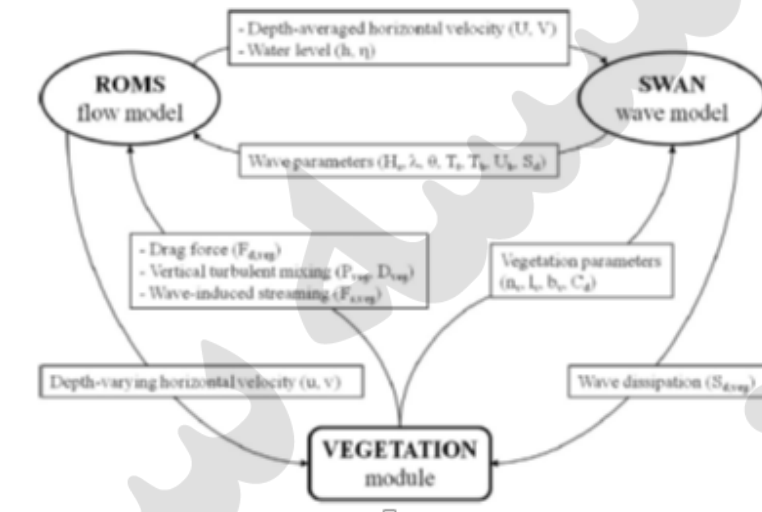
شکل 1. طرح از سه رژیم جریان متفاوت است. منبع غالب از تلاطم است به ترتیب (از چپ به راست) تخت، بالای تاج پوشش (لایه برشی)، و ساقه از خواب بیدار.

2. روش ها

نظام موج جریان-پوشش گیاهی توصیف شده در این مقاله، مدل اجرایی شده یک فرآیند قابل تغییر سیستم مدل سازی عددی دوگانه جا به جایی رسوبات و موج در محیط اقیانوسی (COAWST) (وارنر و همکاران، 2010)، که بر مدل های موج (SWAN) و جریان (ROMS) (شکل 2) که این فرآیند دو گانه ابزاری برای تولید یک برنامه

قابل اجرا می باشد (Warner et al., 2008a, 2008b) پارامتر سازی پوشش گیاهی مکررا در قسمت های مدل موج و جریان توصیف شده است .

2.1. مدل جریان



شکل 2. نمودار نشان تبادل اطلاعات بین مدل جریان، مدل موج، و ماژول پوشش گیاهی در COAWST. ROMS (سیستم مدل سازی منطقه ای اقیانوس) مدلیست سه بعدی ، سطح آزاد، تفاضل محدود ، مدل زمین-زیر است که حل معادلات در اعداد رینولدز متوسط ناویه استوکس (RANS) با استفاده از مفروضات هیدرواستاتیک و بوسینسک (Haidvogel و همکاران، 2008):

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla u - fv = -\frac{\partial \phi}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial z} \left(\overline{u'w'} - \nu \frac{\partial u}{\partial z} \right) + D_x + F_x \quad (1a)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla v + fu = -\frac{\partial \phi}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial z} \left(\overline{v'w'} - \nu \frac{\partial v}{\partial z} \right) + D_y + F_y \quad (1b)$$

$$-\frac{\partial \phi}{\partial z} - \frac{\rho g}{\rho_0} = 0 \quad (1c)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1d)$$

که (U V W) بردار سرعت v به عنوان یک المان افقی است (محور مختصات X و Y را می توان با خطوط منحنی کلی تر هماهنگ جایگزین ξ و η ، که در این صورت شرایط متریک در معادلات ظاهر می شود) و عمودی (Z) که در واقع به عنوان مختصات سیگما استفاده می شود) ترتیب جهات، f پارامتر کوریولیس، ϕ فشار دینامیکی (که به وسیله چگالی

آب دریا عادی سازی می شود (ρ_0) است، ρ چگالی، v ویسکوزیته مولکولی، $(Dv Du)$ بردارهای افقی خنثی ایی هستند که در بخش سرعت توسط بردار لاپلاس محاسبه می شود (F_v, F_u) المانهای نیرو می باشند که شامل نیروی موج میانگین (کومار و همکاران، 2012) و نیروی کششی گیاهی و جریان القا شده پوششی (شرح داده شده در پاراگراف بعدی).

(در فضایی به طور متوسط) نیروی پسا پوشش گیاهی می توان با استفاده از یک قانون نیروی کشش درجه دوم تقریب زده شود:

$$F_{d, veg, u} = \frac{1}{2} C_D b_v n_v u \sqrt{u^2 + v^2} \quad (2a)$$

$$F_{d, veg, v} = \frac{1}{2} C_D b_v n_v v \sqrt{u^2 + v^2} \quad (2b)$$

که در آن ρ (در کل) چگالی آب دریا است، C_d ضریب کشش گیاهی (با فرض ثابت بودن عدد رینولدز) است، b_v عرض پوشش گیاهان تکی است، n_v تعداد بوته در واحد سطح، (v, u) مشخصات افقی در هر سطح از پوشش عمودی ارتفاع می باشد $|v|$ (زمانی که ایستاده). محدودیتی که تحمیل می کنیم باید به گونه ای کافی باشد تا نیروی کششی گیاهی بتواند موج را خنثی کند (خشک یا خیس بودن المان ها در نتیجه گیری تاثیرگذار می باشد، Warner et al. 2013) مقدار نیروی کششی منوط به انعطاف گیاهان می باشد (Dijkstra (2012) که پیاده سازی این موضوع بستگی رشد عمودی گیاهان دارد که آن را $Dynveg$ می نامند (Dijkstr and Uittenbogaard, 2010)، در حالی که Kombiadou و همکاران (2014) با استفاده از فرمول تجربی بر اساس داده های آزمایشگاهی Ganthy (2011) برای ارتفاع خم تاج پوشش استفاده می شوند. در مطالعه حاضر، بیشتر به طور کلی قابل اجرا (در سراسر تنوع گیاهی و شرایط هیدرودینامیکی) رویکرد Luhar و Neph (2011) اجرا شده است. طول تاج موثر (Lve) به عنوان طول یک تیغه عمودی سفت و سخت است که کشیدگی افقی همان تیغه انعطاف پذیر از طول کل تعریف شده (LV)، محاسبه برای کاهش جا به جایی هر دو با توجه به سطح جلویی (برابر ارتفاع منحرف عرض) کاهش می یابد و به شکل ساده تر از تیغه های خمیده بر اساس یک مدل، نظری پوشش گیاهی (شرح داده

شده در جزئیات در Luhar و Nepf (2011)، طول موثر تیغه را می توان به کاهش داد (معادله (16) در Luhar و Nepf، 2011):

$$\frac{l_{ve}}{l_v} = 1 - \frac{1 - 0.9Ca^{-1/3}}{1 + Ca^{-3/2}(8+B^{3/2})} \quad (3a)$$

که در آن Ca عدد کوشی است و B پارامتر شناوری به ترتیب عنوان تعریف است:

$$Ca = 0.5 \frac{\rho C_D b_v U^2 l_v^3}{EI} \quad (3b)$$

$$B = \frac{(\rho - \rho_v) g b_v t_v l_v^3}{EI} \quad (3c)$$

زمانی که ا ضریب لحظه ای دوم سطح $BT = / 1 2V V 3$ برای مستطیلی شکل، t_v ضخامت تیغه، E مدول الاستیک و ρv تراکم بافت پوشش گیاهی است. در Luhar و Nepf (2011) زمانی که U اندازه سرعت رشد یکنواخت به صورت عمودی است، در حالی که مدل معرفی شده U در این قسمت تعریف متفاوتی دارد به صورت واقع برای اندازه گیری میزان زاویه خم نقطه سایبانی مورد استفاده قرار می گیرد (Luhar و Nepf، 2011):

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{l_{ve}}{l_v} \right)^{1/3} \quad (3d)$$

جریان موج های القایی در راستای موج های انتشار یافته سایبان گیاهی به عنوان نیرویی اضافی علاوه بر جریان اصلی در لحظه اضافه می گردد (مشاهده شده توسط Luhar و همکاران، 2010؛ Luhar و Nepf، 2013)

$$F_{z, \text{veg}} = \frac{S_{d, \text{veg}} \cos \bar{k}}{\rho_0 \tilde{\sigma}} \quad (4)$$

که در آن k متوسط تعداد موج، σ میانگین فرکانس موج، و SD جمع گیاهان است،،، اتلاف کل انرژی موج زمانی که پوشش گیاهی محاسبه شده در مدل موج (معادله (10)) و با جریان رفت و برگشت مدل است. تنش عدد رینولدز در معادلات زیر به عنوان ویسکوزیته مخالف تعریف می گردد.

$$\overline{u'w'} = -K_M \frac{\partial u}{\partial z} \quad (5a)$$

$$\overline{v'w'} = -K_M \frac{\partial v}{\partial z} \quad (5b)$$

جایی که معادله بالا به عنوان میانگین زمانی و معادله اول معرف نوسانات می باشد K_M به عنوان پارامتر ویسکوزیته جریان مخالف به کار می رود.

$$K_M = c_\mu k^{1/2} l + \nu \quad (5c)$$

در اینجا k انرژی جنبشی متلاطم است، l مقیاس طول آشفته (اندازه بزرگترین پیچش آشفته) است، و c_μ تابع ثابت طبقه بندی شده بیان میگرد (برای آنهایی که طبقه بندی نشده اند یا جریان های خنثی $\mu \approx 0.55$) C متغیر و l (GLS) نمونه دو معادله ای حساب میگرد که میتواند به عنوان طرح های متفاوت و کلاسیکی ارائه گردد (Umlauf و بورچارد، 2003 در وارنر و همکاران، 2005)

$$\frac{dk}{dt} + \vec{v} \cdot \nabla k = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{K_M}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial z} \right) + P_s + P_{veg} + B - \varepsilon \quad (6a)$$

در اینجا σ_k عدد آشفتگی اشمیت برای k است، P_s حاصل یک قسمت از آن، P_{veg} حاصل کلی معادله گیاهی k می باشد، (نگاه کنید به معادله (7)) B خاصیت شناوری است و ε به عنوان ضریب اتلاف آشفتگی بیان شده است:

$$\varepsilon = (c_\mu^0)^{3+p/n} k^{3/2+m/n} \psi^{-1/n} \quad (6b)$$

در اینجا (p, n, m) پارامترهایی برای بازیابی معادله قدیمی آشفتگی لحاظ گشته، (جدول 1 در وارنر و همکاران، 2005) و ψ به عنوان پارامتر عمومی قابل اتکا برای معادله آشفتگی دوم بکار می رود:

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla \psi = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{K_M}{\sigma_\psi} \frac{\partial \psi}{\partial z} \right) + \frac{\psi}{k} (c_1 P + c_2 B - c_2 \varepsilon F_{wall} - D_{veg}) \quad (6c)$$

که در آن $\sigma\psi$ عدد آشفتگی اشمیت برای ψ است، $C1$ و $C2$ به عنوان ضریبهای هستند که به همراه ثابت ون کارمان و مشاهدات تجربی برای بررسی زوال پوسیدگی همگن تلاطم همسانگرد است (فروردین، 1998 در وارنر و همکاران، 2005)، $C3$ ضریب ثابتطبقه بندی است ، F_{wall} تابع مجاورت دیوار است و D_{veg} مدت اتلاف اضافی به علت پوشش گیاهی است (نگاه کنید به معادله (8)). با توجه به (Uittenbogaard (2003)، تولید آشفتگی به دلیل پوشش گیاهی در معادله 6a بیان شده است:

$$P_{veg} = \sqrt{(F_{d, veg, u} u)^2 + (F_{d, veg, v} v)^2} \quad (7)$$

و منبع اتلاف به علت پوشش گیاهی در معادله بیان شده است

$$D_{veg} = C_2 \frac{P_{veg}}{\tau_{eff}} \quad (8a)$$

با τ_{eff} به عنوان حداقل ، بین ضریب اتلاف آزاد و ضریب اتلاف جریان های مخالف میان گیاهان تعریف می گردد :

$$\tau_{eff} = \min(\tau_{free}, \tau_{veg}) \quad (8b)$$

where,

$$\tau_{free} = \frac{k}{\varepsilon} \quad (8c)$$

and

$$\tau_{veg} = \left(\frac{L^2}{C_k^2 P_{veg}} \right)^{1/3} \quad (8d)$$

با $C = (c\mu)^4 \approx 0.09$ و L مقیاس طول معمولی بین گیاهان تعریف می شود:

$$L(z) = c_l \left(\frac{1 - b_v t_v n_v}{n_v} \right)^{1/2} \quad (8e)$$

CI ضریب واحد منظمی.

فشار اعمال شده بر جریان توسط بستر با استفاده از محاسبه ضریب جابه جایی درجه دو و مشخصه های لگاریتمی لحاظ شده در واحد های تحتانی بدست می آید (وارنر و همکاران، 2008، a2008) حضور امواج موجب ایجاد اختلال در بستر شده که میتوان آن را تاثیر آشکار در برهم خوردگی سختی بستر دانست.

2.2. مدل موج

SWAN (امواج شبیه سازی نزدیک ساحل) مدل طیف موجی نسل سوم بر اساس معادله تعادل می باشد (Booij) و همکاران، 1999):

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S_{tot}}{\sigma} \quad (9)$$

N به عنوان نسبت چگالی انرژی موج (یا طیف واریانس) توزیع شده در مقیاس (درونی) فرکانس موج σ و جهت انتشار (θ) تقسیم بر فرکانس ($E(\sigma, \theta)/\sigma$)، که در آن C سرعت انتشار است. معادله تعادل بین نرخ تغییرات محلی، پخش شدگی افقی در جهات (X و Y)، انتقال فرکانس های همطیف با توجه با توجه به گوناگونی موجود در عمق آب و عمق القایی شکست کارنت و المان های اضافی مانند فرو ریختن که رشد موج نامیده می شود که تحت تاثیر وزش باد، انرژی وارده موج بر موج و اتلاف، ست اصطکاک بستر می باشد. SWAN همچنین به عنوان مقداری برای انکسار، انتقال جزئی و واکنش استفاده می گردد.

اتلاف موج با توجه به پوشش گیاهی است (با تدوین Mendez و Losada (2004) زیر نظر کار دارلیمپل و همکاران محاسبه می شود.) (1984) در مخزن، که در SWAN توسط سوزوکی و همکاران (2012) اجرا شد.

$$S_{d, \text{veg}} = -\sqrt{\frac{2}{\pi}} g^2 \bar{C}_D b_v n_v \left(\frac{\tilde{k}}{\tilde{\sigma}}\right)^3 \frac{\sinh^3(\tilde{k}l_v) + 3\sinh(\tilde{k}l_v)}{3\tilde{k} \cosh^3(\tilde{k}h)} \sqrt{E_{\text{tot}}} E(\sigma, \theta) \quad (10)$$

که در آن Cd ضریب جا به جایی حجم (که می تواند به KC عدد کلگان کارپندد بستگی داشته باشد) k تعداد موج می باشد σ فرکانس موج h عمق آب Etot انرژی کلی موج E انرژی موج در فرکانس θ جهت می باشد. این بخش نشات گرفته از غفلت بخش تولید در بالاترین قسمت سایبانی می باشد، و فشار اینرسی حاصل از میزان شتاب مایع گذشته از میان ساقه ها بدست می آید.

با این حال، توجه داشته باشید که سازمان اینرسی کنترل شده تحت تاثیر شرایط محیطی قرار نمی گیرد (موریسون و همکاران، 1950) با این حال، Luhar و همکاران (2010) تاکید کرد و انرژی بدست آمده از مشارکت فشار مورد بحث در این سنجش دو برابر کمتر از اندازه اتلاف انرژی جابه جایی مطابق با طرح کنونی SWAN است (هنگامی که موج گردش مداری است بسیار کوچکتر از مقیاس های کشیدن و طول برشی)، ارتفاع گیاهی l_v نمی تواند صورتی فضایی داشته باشد بنابراین تحت تاثیر فشار کارنت در مقابل پیکربندی گیاهی قابل محاسبه نمی باشد.

2.3. آزمون مورد پیکربندی

اجرای تعاملات موج-جریان-پوشش گیاهی در سیستم مدل سازی COAWST با یک برنامه به یک دامنه مدل آرمانی که نشان دهنده یک 10 کیلومتر 10 کیلومتر و 1 متر حوضه عمیق مورد بررسی قرار گرفت. این مدل توسط نوسان سطح آب در لبه شمالی با دامنه جزر و مدی از 0.5 متر و به مدت 12 ساعت انجام پذیرفت. امواج از بالاترین قسمت بافاصله هر دو ثانیه به سمت پایین ترین سطح فرستاده می شوند (صفر شرایط گرادیان برای ارتفاع سطح و اجزاء سرعت مماسی، و اجزاء سرعت نرمال را به صفر). دو طرف (غربی و شرقی) یک شرط مرزی شیب صفر برای جریان و

شرط جذب برای انرژی موج. پج مربع از پوشش گیاهی (1 کیلومتر 1 کیلومتر) است و در وسط دامنه قرار داده است. نوع پوشش گیاهی انتخاب شده است غوطه ور و طراحی شبیه به علف مار دریایی (*Zostera* تفرجگاه ساحلی). این گیاه ساقه 30 سانتی متر به بالا، 0.3 سانتی متر عرض، و (در صورت انعطاف) FL ضخامت، چگالی 0.3 میلی متر تا 700 کیلوگرم / مدول m3 و الاستیک تا 1 گیگا پاسکال (Luhar و Nepf، 2011 را تعیین کنید). جا به جایی در مدل جریان (CD) و در مدل موج CD به 1 (مقدار معمول برای یک استوانه در اعداد رینولدز بالا) تنظیم شده است. مجموعه تراکم به 2500 ساقه / m2 و (تراکم بسته بندی $A = 7.5$ متر-1) است که یک سایبان پوشش گیاهی متراکم با توجه به Ghisalberti و Nepf (2004) و Nepf (2012) زبری بستر 0.05 میلی متر که مربوط به مخلوطی از گل و لای و شن و ماسه (Soulsby، 1997) =. طرح - از مدل تلاطم انتخاب $k\varepsilon$ است. شبکه 100 در 100 در افقی (100 متر رزولوشن) دارای 40 لایه عمودی (توزیع یکنواخت). ROM barotropic و مراحل زمان baroclinic به ترتیب 0.05 و 1، در حالی که SWAN مرحله زمان و فاصله بین جفت ROM و SWAN 10 دقیقه می باشد.

چندین سناریو برای ارزیابی اثرات هیدرودینامیک الکترونیکی از پوشش گیاهی (جدول 1) شبیه سازی شدند: (1) NV: موارد غیر رویشی و یا آزمایش های کنترل که در آن ماژول گیاهی فعال نیست. (2) T: در جریان مدل به تنهایی با (سختی یا انعطاف) کشیدن پوشش گیاهی و تلاطم مخلوط. (3) W: مدل موج تنهایی با اتلاف انرژی موج به دلیل پوشش گیاهی؛ (4) WC: موج و مدل های جریان همراه اما هیچ سطح آزاد زمینه ارتفاع فی از مدل جریان به مدل موج (گزینه)؛ (5) WWL: مدل جریان و مدل موج همراه اما هیچ میدانهای فعلی از مدل جریان به مدل موج (گزینه) (6) FW: اتصال کامل از مدل های جریان و موج.

Table 1
Model scenarios analyzed in the paper.

Model scenario	Forcing/processes	Paper section
NV	tide and/or waves, no vegetation	3.2, 3.3, 3.4, 3.5
T	tide only	3.1, 3.2
W	waves only	3.3
WC	waves and tidal currents	3.4.1
WWL	waves and tidal water level fluctuations	3.4.2
FW	tidal flow and waves	3.5

3. نتایج

3.1. مدل تأیید شده

اجزای مختلف از مدل در حال حاضر در برابر مجموعه های متعددی از آزمایش های آزمایشگاهی با پوشش گیاهی سفت و سخت، تأیید شده اند: نیروی پسا (معادله (2)) و مخلوط کردن عمودی آشفتگی (. معادلات (7) - (8)) توسط Uittenbogaard (2003)، و ائتلاف موج (معادله (10)) by Suzuki و همکاران (2012). در اینجا، ما در حال حاضر پارامتر تعامل پوشش گیاهی با استفاده از یک طول تیغه موثر متمرکز داریم (معادله (3)) محاسبه پیکربندی زمانی که پیش بینی نیروی عبوری از پوشش گیاهی انعطاف پذیر و منعکس شده از تاج پوشش گیاهی (L_d) است، که در نقطه انعکاس سرعت عمودی واقع در پروفیل می باشد (شکل 1) مورد آزمون شبیه سازی شده با سایبان علف مار دریایی واقعی با توری است یلی-اچوریا (2011) در مراحل مختلف اندازه گیری جزر و مد می باشد. خم شدن تیغه شبیه سازی و اندازه گیری میدانی با مقادیر به دست آمده از معادله مقایسه شده است. $D3$ با عادی سازی سرعت در بالای تاج پوشش از طریق عدد فرود است (چاپی) ($U_{GL} = / V$) (شکل 3). شبیه سازی و زاویه خم مشاهده مطابق با مدل نیمه تجربی، بیان تاثیر طول موثر تیغه طول و اجرای آن در آزمایش Luhar و Nepf (2011) می باشد (COAWST). پارامتر جریان ناشی از موج توسط پوشش گیاهی (مشابه جریان مرز چسبناک) اجرا شده است اما هنوز برابر اندازه گیری آزمایشگاهی و میدانی (Luhar و همکاران، 2010 و Luhar و Nepf، 2013، به ترتیب) است.

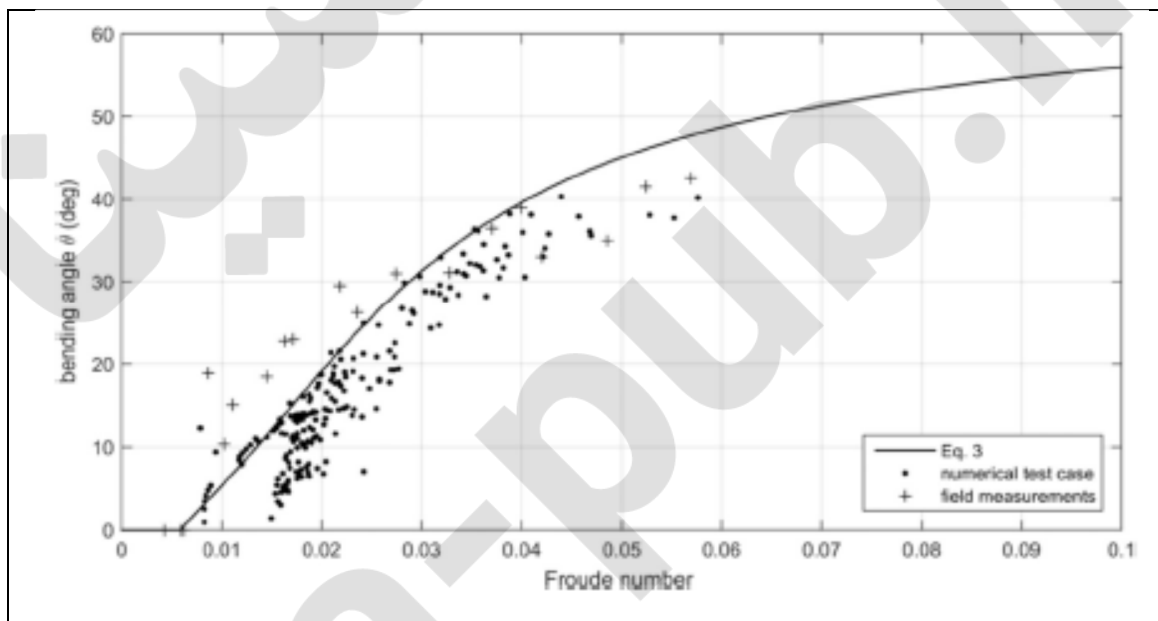
مطالعه موردی حاضر بود که برای بررسی این روند مناسب نیست به عنوان بسیاری از اتلاف انرژی موج توسط پوشش گیاهی فقط به صورت محلی در لبه پوشش گیاهی رخ داده است. پیکربندی با باد اضافی در کل دامنه مدل می تواند شرایط موج بیشتر شبیه به تحقیقات در تاج پوشش گیاهی و جریان بالا به آن اشاره کند. نتایج حاصل از این چند مشاهدات در میرایی موج توسط پوشش گیاهی در حضور متفاوت جریان شرایط (به عنوان مثال، پل و همکاران، 2012؛ مازا و همکاران، 2015) برجسته غیر خطی قوی در میان امواج، جریان و پوشش گیاهی است. به جای تلاش برای مطابقت با راه اندازی آزمایشی قادر به بررسی مدل، مطالعه حاضر (بخش های زیر) با استفاده از مدل به عنوان یک ابزار کیفی بررسی است که فرآیندهای مختلف درگیر در تعاملات موج جریان پوشش گیاهی موجود است.

3.2. اثرات پوشش گیاهی در جزر و مد جریان

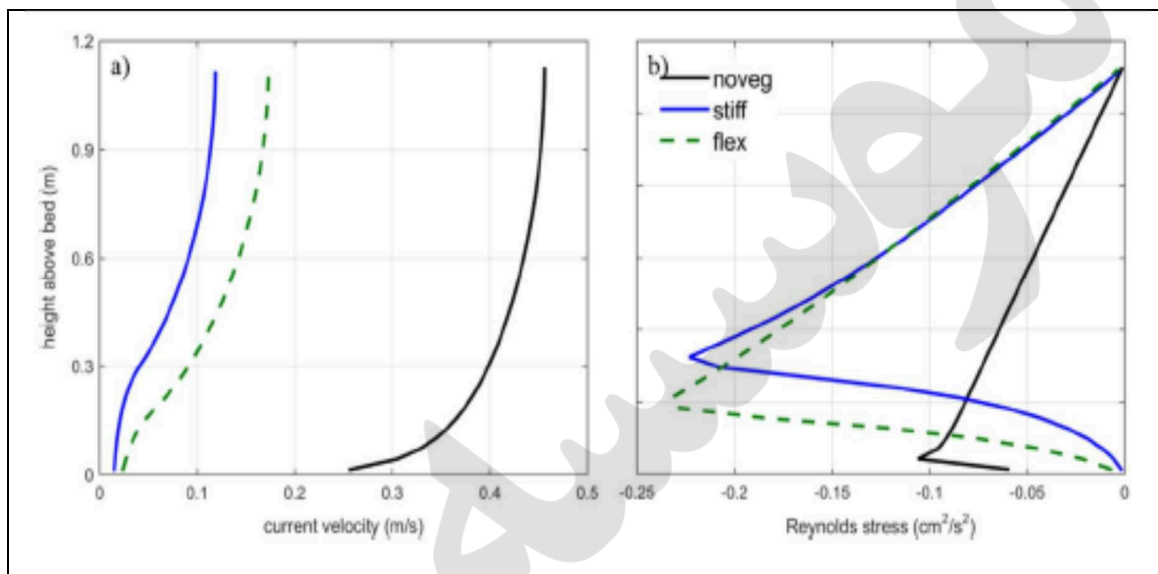
در این بخش، ما در نظرداریم جریان جزر و مدی در غیاب موج (سناریو) T، و تمرکز بر روی تصویر لحظه ای در اوج جریان به عنوان تعریف از حداکثر سرعت در وسط دامنه می باشد. اعمال کشیدگی توسط پوشش گیاهی را کاهش می دهد، متوسط جریان به مقایسه غیر پوشش گیاهی (یا لخت) تخت است. ساختار جریان نمایش S شکل دارد که با نقطه انعکاس در نزدیکی بالای تاج پوشش (شکل 4) است. علاوه بر میانگین سرعت جریان، پوشش گیاهی نیز اثرات شدت تلاطم و اختلاط اندازه گیری می شود. تنش برشی آشفته ناپیوستگی کشیدگی در سراسر رابط تاج تولید شده و قله در نزدیکی بالای تاج پوشش (شکل 4) است. همانطور که در مورد لایه مخالف (سرعت تانژانت هایپربولیک) و لایه برشی پوشش گیاهی شرح داده شده در Ghisalberti و Nepf (2004) و Nepf (2006)، در لایه های برشی پوشش گیاهی در حال حاضر هیچ محدودیتی وجود ندارد روشن است آن را به عنوان درون لایه مرزی جزر و مدی جاسازی شده (پروفیل خطی تنشی رینولدز). در تاج پوشش، تلاطم در مقیاس برشی از بین می رود و تلاطم در پی تولید شده است. شبیه سازی خروج از شرایط تلاطم رویشی اضافی (معادلات (7) (8)) نشان می دهد که تلاطم و تولید منجر به حدود 50 درصد از تلاطم کل با توجه به اندازه گیری Nepf و Vivoni (2000)، و 25٪ کاهش گرادیان سرعت عمودی به طور متوسط در پوشش گیاهی است (نمایش داده نمی شود). از آنجا که پوشش گیاهی انعطاف پذیر است

و توسط جریان خم می شود، کشیدگی کاهش می یابد، اما لایه تاج پوشش برشی در ستون آب پایین تر است، به طوری که تحت فشار جریان است (شکل b4).

کشیدگی اعمال شده توسط پوشش گیاهی منجر به تغییر در سطح آب می شود. به طور کلی، نیروی پسا رویشی متعادل کننده توسط گرادیان فشار می شود (شکل 5a). در تاج پوشش گیاهی، نیروی پسا عبوری، بیشتر متعادل شده و با استرس آشفته با سهم کمتری از گرادیان فشار به بخش پوشاننده ستون آب (شکل b 5) مخالف است. تنظیم سطح آب در اطراف قطعه (تنظیم بالادست و مجموعه ای به پایین دست) با اصلاح جریان بالادست و در پی قطعه مرتبط است، در حالی که شتاب در لبه تفاوت دارد (شکل 6). در مورد پوشش گیاهی سفت و سخت، قطعه باعث تغییر سطح آب تا 20٪ (نسبت اختلاف با این مورد غیر رویشی)، کاهش سرعت-عمق در قطعه و به طور مستقیم در پی آن 80٪، و یک افزایش سرعت عمق متوسط در لبه قطعه (قسمت دراز در جهت جریان) تا 40 درصد است.



شکل 3. زاویه خم عمودی برابر عدد فرود محاسبه در بالای تاج پوشش گرفته شده به عنوان ارتفاع در انعکاس نقطه در سرعت رسم پروفیل یا شبیه سازی شده توسط مورد آزمون در مراحل مختلف از جزر و مد (نقطه) و یا در میدان اندازه گیری (کراس) با توری یلی-اچوریا (2011)، سوار بر مدل نیمه تجربی (خط جامد) از Luhar و Nepf (2011) فرض یکنواخت در تاج پوشش جریان سرعت.

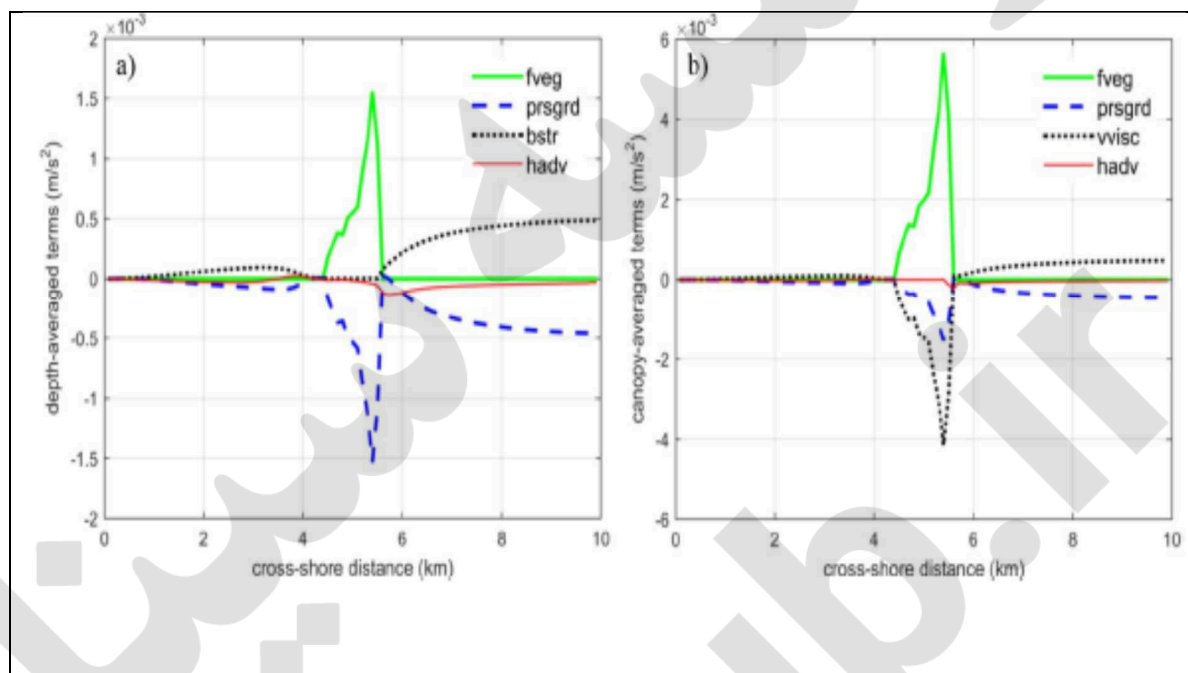


شکل 4

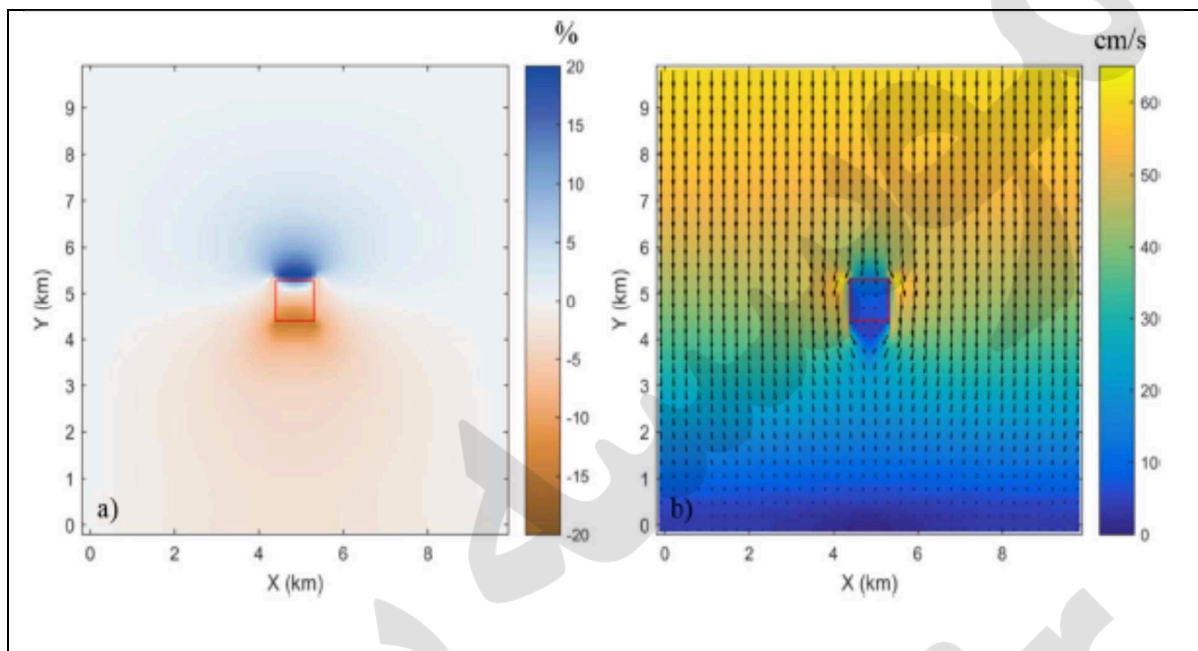
3.3. اثرات پوشش گیاهی بر خصوصیات موج و ناشی از موج جریان

در این بخش، ما امواج را تنها در نظر می‌گیریم، در صورت عدم وجود جریان جزر و مدی 0/5 متر و 2 ثانیه امواج اجباری در مرز بالایی با سرعت تنظیم شده با توجه به شکست موج و اصطکاک بستر. در پوشش گیاهی قطعه ارتفاع موج قابل توجهی نمی‌بینیم (تعریف به عنوان معنی ارتفاع موج سوم بالاترین از امواج) در حال حاضر توسط یک عامل (MacVean, 2016) اتلاف موج در اینجا بخشی از دامنه α است $\alpha = 04/10 \cdot 3.2 = 1$ متر است. با این وجود، پوشش گیاهی نقش مهمی در اتلاف موج ایفا می‌کند. ارتفاع موج قابل توجهی است که به 5 درصد از ارزش مورد بدون پوشش گیاهی و به طور مستقیم در پشت قطعه (شکل 7a) کاهش می‌یابد. اتلاف انرژی موج به علت کشش پوشش گیاهی $\alpha = 03/10 \cdot 3.9 = 1$ متر (منظور از قدر بزرگتر اصطکاک است). دوره اوج بدون تغییر اما دوره متوسط تا 10٪ افزایش دارد (شکل 7 b) و میانگین طول موج را تا 15٪ افزایش می‌دهد (شکل 7c). این کاهش در ارتفاع موج و در نتیجه افزایش طول موج و کاهش تیزی موج (شکل 7 D)، به طوری که پوشش گیاهی تمایل به سطح صاف دریا به صورت محلی و در پشت قطعه (ظاهر شیشه‌ای مشاهده شده در میدان) است. به عنوان یک نتیجه از اتلاف انرژی موج، حضور یک قطعه پوشش گیاهی باعث تغییرات افقی شدید ارتفاع موج در جهت حرکت موج گسترش می‌یابد. از آنجا که انرژی موج (و تکانه) به علت اصطکاک در قسمت پایینی کاهش می‌یابد، متوسط سطح آب (ارتفاع) را

افزایش می دهد تا به تعادل برسد. قطعه تشکیل شده از پوشش گیاهی موجب تعدیل موج در محور جریان و در نتیجه ایجاد موج اضافی می گردد (شکل 8a) جالب توجه است، همگرایی انرژی موج پشت قطعه گیاهی موجب افزایش مساحت فعلی می شود (شکل 8b). مقدار جریان موج تابیده شده بسیار کوچکتر از جریان جزر و مدی در این مورد است، با این حال این نتایج بصورت کیفی در نفوذ از پوشش گیاهی در محیط های با موج بود.



شکل 5. صلیب ساحل (همراه محور Y) تنوع شرایط تعادل حرکت یکپارچه بیش از یک ستون آب و ب) تاج پوشش، در وسط دامنه در مورد پوشش گیاهی کشیدن پوشش گیاهی، $prsgrd$ = فشار شیب، $bstr$ اصطکاک پایین، $wvisc$ ویسکوزیته عمودی، $hadv$ فرارفت افقی). انتشار موج از سمت راست شکل به سمت چپ شکل است.



شکل. مشاهده 6. طرح یک) ناهنجاری سطح آب (نسبت اختلاف بین پوشش گیاهی سخت و موارد غیر پوشش گیاهی) و ب) سرعت-عمق، در اوج قطعه . (پوشش گیاهی سخت در مربع قرمز واقع شده ، هیدرودینامیکی است که در مرز شمالی می باشد)

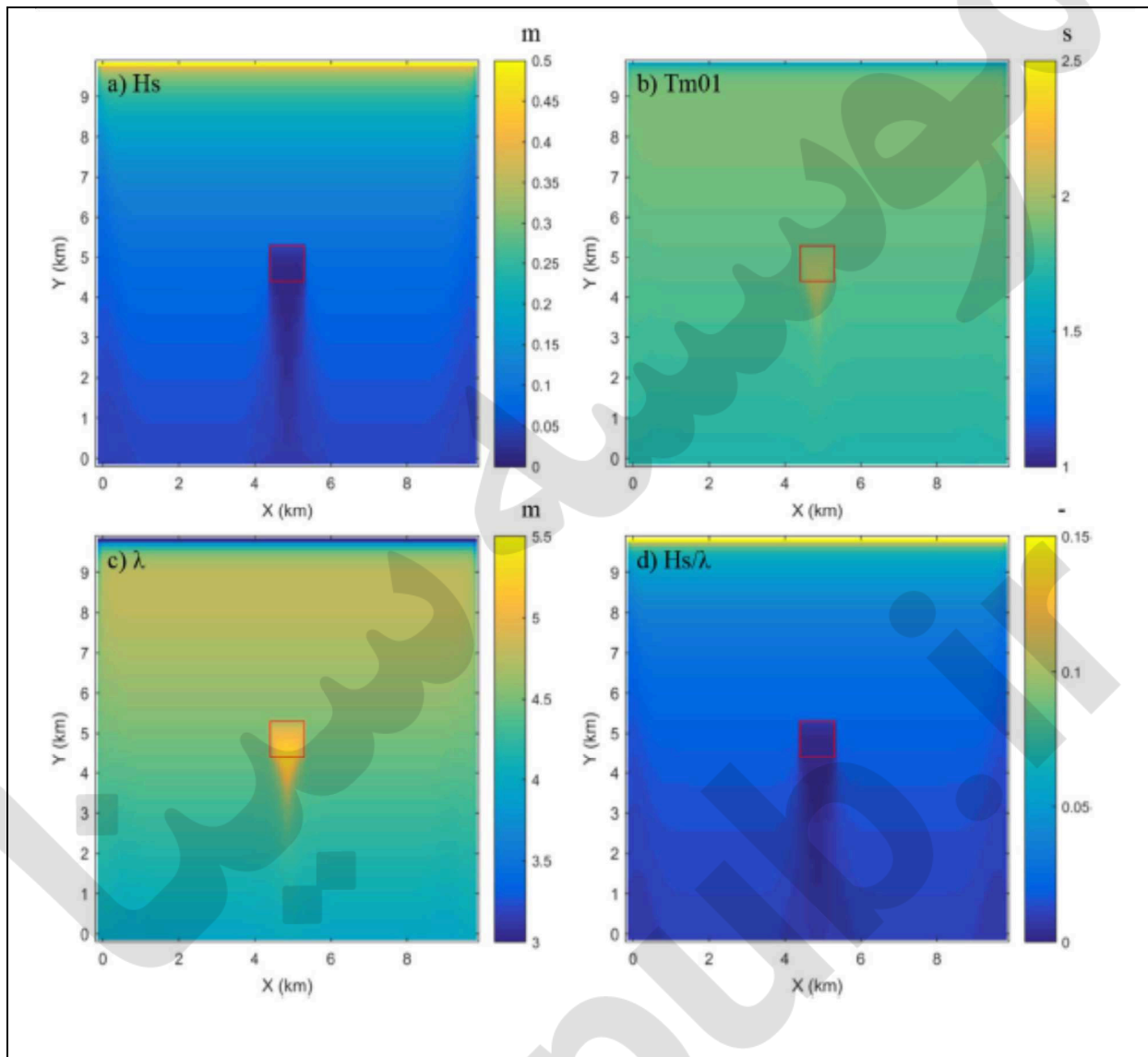
3.4. اثرات پوشش گیاهی بر ویژگی های موج تحت تاثیر جریان جزر و مد

ویژگی های موج با نفوذ جزر و مد باعث تغییر هر دو در حالت عادی و عمق آب است. برای جداسازی این دو فرایند، ما تجزیه و تحلیل پی در پی خروجی از مدل دو موج استخراج می شود: بدون در نظر گرفتن سطح آب از سوی دیگر با مجموعه در حال حاضر به صفر است .

3.4.1. اثرات پوشش گیاهی بر ویژگی های موج تحت تاثیر جریان جزر و مد

در این بخش، ما تجزیه و تحلیل جریان در امواج، در صورت عدم وجود نوسانات سطح آب . به طور کلی، این امواج جزر و مدی در طول بزرگتر از طول جزر و مد به عنوان نرخ اتلاف انرژی موج فعلی کاهش می یابد و با مخالفت (جزر) افزایش فعلی (شکل 9-10) می شود. این امر به علت پوشش گیاهی باعث اتلاف موج ، 40 درصد کاهش در انرژی جریان و افزایش با ضریب دو در جزر نسبت به مورد غیر جزر و مدی (شکل 9B) با این وجود، ارتفاع موج بصورت قابل

توجهی بعد از پوشش گیاهی با جریان فعلی کوچک می شود (شکل 9a). به نظر می رسد که دوره موج ذاتی / نسبی نیز در کاهش می یابد (در جزر افزایش یافته است، نمایش داده نمی شود) ارتفاع موج را برای حفظ تراکم امواج کاهش می دهد. این نتیجه با Bacchi و همکاران موافق است. (2014) که نشان داد که میرایی توسط پوشش گیاهی در فرکانس موج بالاتر مهم تر است. علاوه بر این، واضح است (مطلق) طول موج نیز در کاهش می یابد و در جزر بعنوان یک نتیجه از اثر دوپلر افزایش یافته است؛ قطعه گیاهی باعث خنثی کردن جریان و در نتیجه تضعیف این فرایند نسبیتی می گردد: دوره موج مطلق و نسبی تقریباً همان که در قطعه است. علاوه بر تغییر فرکانس، جریان گردش در اطراف قطعه پوشش گیاهی موجب انکسار موج می گردد: انرژی موج که در بیرون از محدوده متمرکز و مسدود در تاقچه است (شکل 10)، که در نتیجه در انتهای محدوده بزرگ تر می شود.



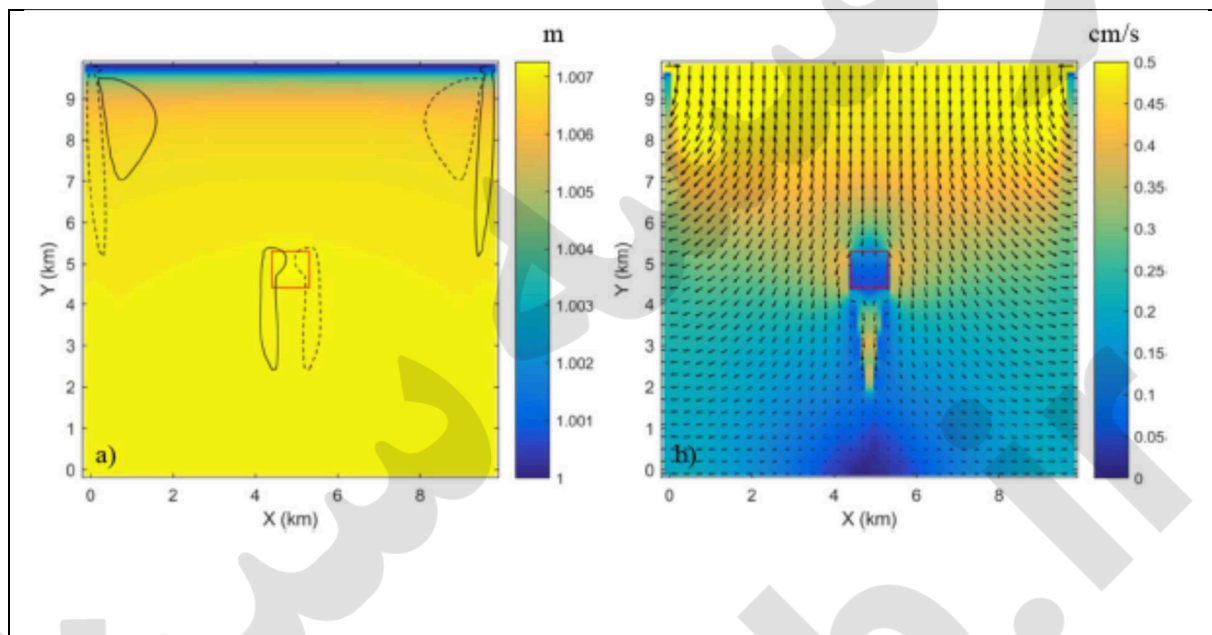
شکل. مشاهده 7. طرح یک) ارتفاع موج شاخص ، ب) متوسط دوره موج ، ج) متوسط طول موج λ ، و د) تیزی موج

H_s / λ .

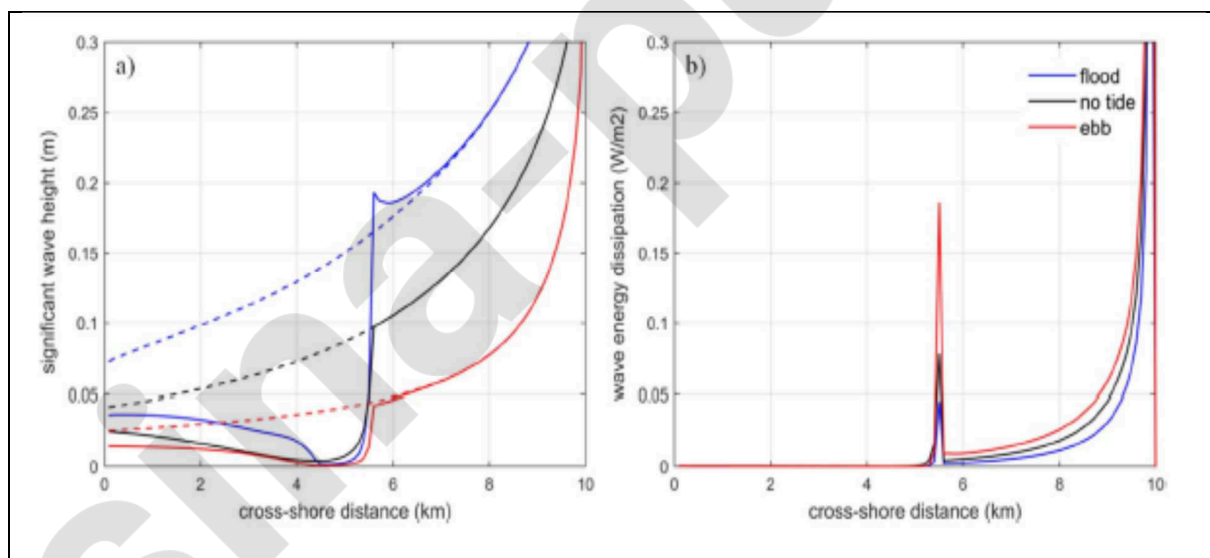
3.4.2 - پوشش گیاهی تحت تاثیر سطح ، تأثیری که آب بر روی ویژگی های موج

در این بخش، ما تجزیه و تحلیل نفوذ سطح آب در امواج ، در صورت عدم وجود جریان است. به طور کلی، افزایش در سطح آب موجب افزایش ارتفاع موج و طول موج می شود ، و بالعکس در مورد کاهش سطح آب است. ناهنجاری سطح آب مثبت بالادست قطعه گیاهی (شکل 6a) اجازه می دهد تا امواج بزرگتر به صورت محلی شکل بگیرد و در پی قطعه

پس از انتشار (شکل 11a) ناهنجاری برای سطح آب (پایین بالادست و تا پایین دست)، امواج کوچکتر وقتی آنها با قطعه برخورد می کند، اما آنها در پی پچ به عنوان یک نتیجه که کمتر می شود (در مقایسه با مورد سطح آب ثابت) در پچ (شکل 11b)



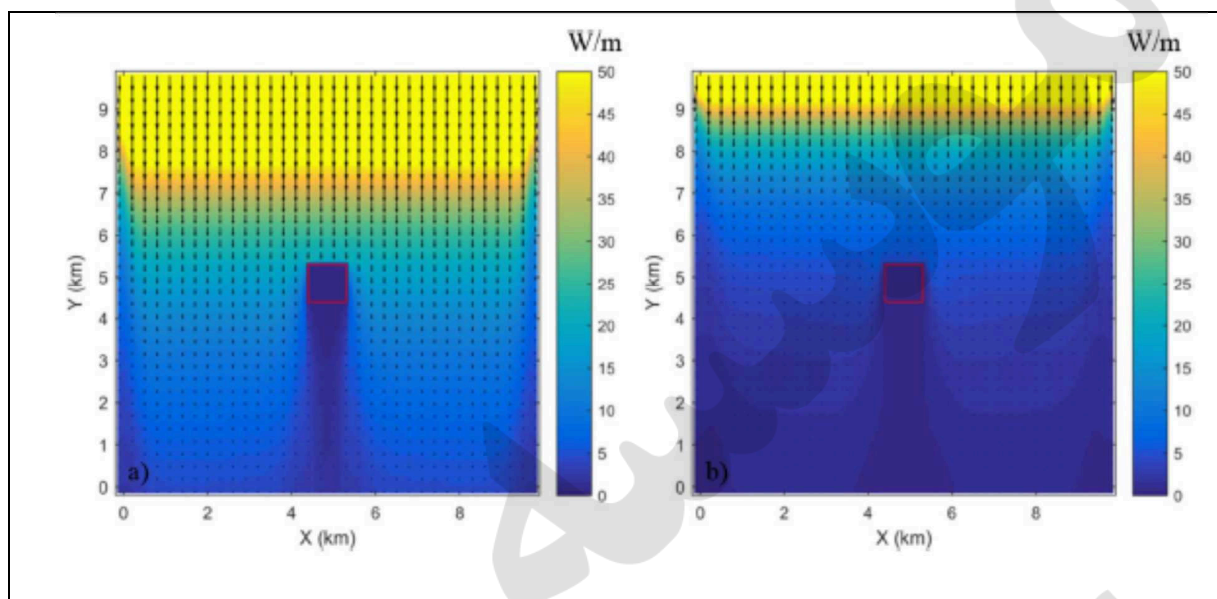
شکل 8. مشاهده. طرح یک ارتفاع متوسط آب ناشی از موج که در آن کانطور سطح شیب است - و ب) سرعت فعلی لاگرانژی زمان و عمق. توجه داشته باشید اختلاف از مقدار در مقیاس رنگ از شکل B 6 جریان آنی).



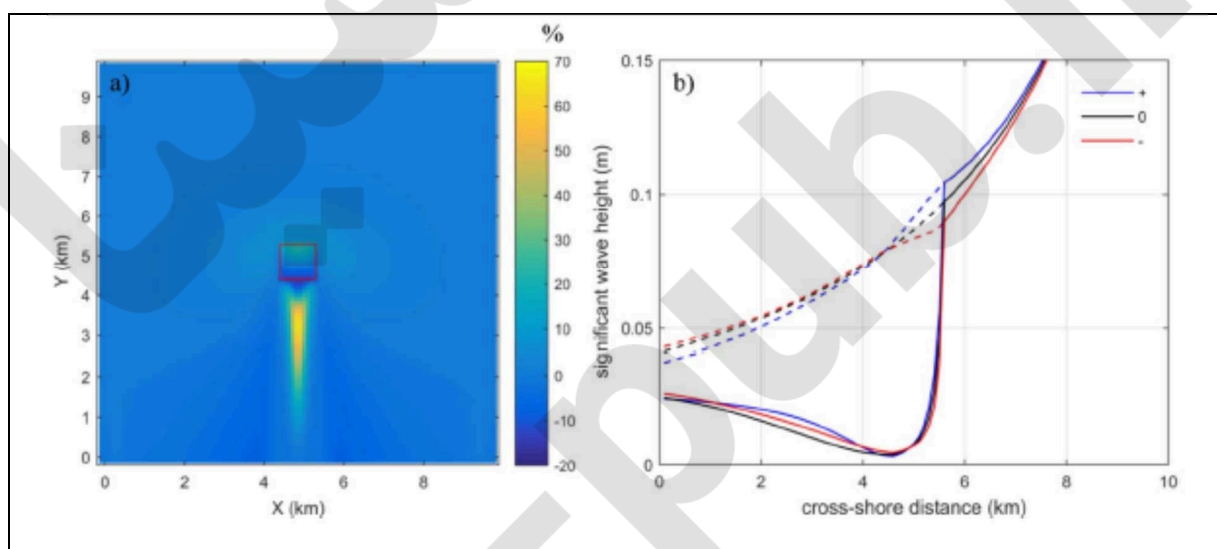
شکل 9. تقاطع ساحل همراه محور Y الف) تنوع از یک ارتفاع موج قابل توجهی نیست و ب) کل اتلاف انرژی موج در وسط دامنه آبی در اوج ، تاقچه بیرون قسمت اوج (قرمز)، و بدون هیچ جزر و مد (سیاه و سفید). در پانل سمت چپ، خطوط خط تیره نتایج بدون پوشش گیاهی است. انتشار موج از سمت راست شکل به سمت چپ شکل است. (برای تفسیر ارجاع به رنگ در این شکل، به نسخه وب این مقاله اشاره شده است).

3.5. اثرات پوشش گیاهی-تحت تاثیر امواج بر جریان جزر و مد

در این بخش، ما نفوذ امواج در جریان جزر و مدی (سناریو FW) تجزیه و تحلیل می کنیم . همکاری ، موج را مجبور به تعادل حرکت ناچیز در سیل در مقطع نشان داده شده می کند. شکل 5 اما آشکار است (10-20٪ افزایش در عمق سرعت متوسط) در لبه قطعه پوشش گیاهی که در آن موج ناشی از جریان استوکس تعامل با خود جریان قوی، و به عنوان یک نتیجه حداکثر سرعت جریان با کمی تغییر طولی در جهت انتشار موج در گوشه ها (شکل 6b) می باشد . در حالی که سرعت جریان در لبه جانبی قطعه گیاهی افزایش یافته ، ~ 20٪ نسبت به بالادست آن کاهش می یابد ، ~ 75٪ بیشتر نسبت به قطعه پوشش گیاهی ، و در شکل V ~ 35٪ دنباله موج پایین دست توسط آن کاهش می یابد. (شکل 6b) در مورد تنها جزر و مد است ، متوسط سرعت جریان ~ 10، 80 و 20 درصد کاهش یافته بود، به این ترتیب در سراسر قطعه پوشش گیاهی است. بنابراین، ظرفیت پوشش گیاهی به منظور کاهش سرعت جریان در حضور امواج افزایش یافته است.



شکل 10. حمل انرژی موج در طول یک جریان و (ب) جزر و مد جزر.



شکل 11.

4. بحث

4.1. پیشرفت ابزار مدل سازی منبع باز

طوفان ساحلی به طور کلی ترکیبی از تغییرات سطحی شدید آب، بادهای قوی، امواج بزرگ، و بارش شدید می باشد. شبیه سازی این حوادث نیاز به محاسبه در رابطه با تعاملات باد، موج و جریان است. پیوستگی اتمسفر، اقیانوس،

موج ، انتقال رسوب (COAWST) سیستم مدل سازی شده در شرایط مختلف طوفان در چندین محیط ساحلی و مصب با موفقیت انجام شده است(به عنوان مثال، وارنر و همکاران، 2010، Olabarrieta و همکاران، 2011، رالستون و همکاران ، 2013). ماژول پوشش گیاهی جریان موج اکنون کمیتی برای ارزیابی اثرات پوشش گیاهی آبی و مستغرق بر موج طوفان، امواج، و انتقال رسوب، که می تواند در رابطه با مدیریت ریسک ساحلی مبتنی بر اکوسیستم مورد استفاده قرار گیرد.

COAWST همچنین از ادغام یک مدل با یک مدل که بر اساس آن یک ماده غذایی، فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، و مدل ریزه زیستی می باشد (رازیانه و همکاران، 2006) و یک مدل میرایی نور که به اثر غلظت رسوبات معلق، مواد آلی، و فیتوپلانکتونها (دل باریو و همکاران همکاران، 2014) بستگی دارد. مدل موج ، جریان و پوشش گیاهی دارای ارتباط جدید برای ارزیابی نیروهای هیدرودینامیکی بر روی یک صفحه علف دریایی است و در نتیجه رسوبات معلق و تاج علف دریایی که تأثیری بر میزان دسترسی نور دارند ، به نوبه خود پتانسیل تولید علف دریایی را دارند. در نسخه های آینده شامل تغییرات زیستی در بالا و پایین توده گیاهی بر اساس نور و در دسترس بودن مواد مغذی می باشد.

4.2. محدودیت ها و بهبود شرایط ممکن

4.2.1. محاسبه تنش برشی بستر

طبق فرض سرعت لگاریتمی در نزدیکی بستر تاج پوشش گیاهی به عنوان تنش برشی بستر محاسبه می گردد . به طور خاص، مدل در وضعیت فعلی خود نمی تواند منجر به افزایش تنش برشی نسبت به رسوبات خالص سنگی که حاصل غربالگری گل و لای بستر پوشش گیاهی است (ون کاتویک و همکاران، 2010 نشان در تاج پوشش پراکنده؛ Nepf، 2012). علاوه بر پارتیشن بندی تنش برشی بستر برای عایق نمودن اصطکاک پوسته مربوط به انتقال رسوب، محاسبه کل تنش برشی بستر (جا به جایی اصطکاک سطح) مقدار آشفستگی تاج پوشش گیاهی محاسبه می گردد. اگر چه محاسبه ساختار آشفستگی نزدیک به بستر می تواند در مدل های ساحلی سخت باشد ، استفاده از تنش رینولدز (یا انرژی جنبشی متلاطم) به جای گرادیان سرعت عمودی برای محاسبه کل تنش برشی بستر می تواند منجر به بازتولید "چگالی / انعطاف پذیری" در روند وابسته به تنش برشی بستر شود (شکل b4). با توجه به اصول ثبت شده کنونی این

مدل محیط های گیاهی تمایل به سمت استفاده از رسوبات برای تاثیر بر کاهش سرعت بدست آمده دارد ، که این روند یک واکنش بیولوژیکی مهم در سیستم ساحلی می باشد .

4.2.2 پارامتر انعطاف حرکتی تاج

حرکات موجی تاج های منعطف ، در زمانی که پیچش ها مداوم اتفاق می افتند MONAMI نامیده می شوند ، در مقایسه با تاج های سخت و بدون انعطاف مقدار انتقال گشتاور لحظه ای تا 40٪ کاهش می یابند. (Ghisalberti and Nepf 2006). مدل های LES بسیاری طراحی شدند تا ساختار های گردابه ای کوچک در بخش های لایه ای گیاهی و حرکات توامان گیاهیشان را حل کنند (به عنوان مثال، ایکدا و همکاران، 2001، دوپونت و همکاران، 2010)، باتوجه به مسائل علمی ثبت شده پارامترهای ویسکوزیته گردابه ای در تاثیرات متقابل وجود ندارد . اتلاف موجهای ناشی از پوشش گیاهی درمدل جریان SWAN موجب حرکات نوسانی گیاهان می شود (Luhar و Nepf (2016). به تازگی تاثیر عملیاتی طول ساقه ها در جریان های ثابت در جریان ای غیر ثابت اعمال (Nepf و Luhar 2011 ، و برای محاسبه انعطاف گیاهی و مدل های اتلاف حرکتی موج بکار می رود . فرمول آنها بعد از تغییر ارتفاع پوشش گیاهی با توجه به COAWST همراه با گسترش بعد افقی در SWAN اجرا می گردد. با این وجود، در تحقیقات باقی مانده پیش رو تجدید نظر در مورد انعطاف پوشش گیاهی تحت تاثیر ترکیبی از موج و جریان های متقابل آن صورت می گیرد.

4.2.3 هزینه محاسباتی، موانع و ملاحظات آینده

ما در هزینه های محاسباتی با استفاده از ماژول پوشش گیاهی نسبت به رویکرد ساده سازی که با استفاده از زبری پایین برای مقایسه افزایش کشیدگی در حوزه مدل محاسبه کردیم. افزایش هزینه های محاسباتی ناشی از قطعات مختلف مدل، به طور عمده در دانه های D2 و D3 و مدل اختلاط عمودی GLS است که محاسبه مقادیر آشفستگی را انجام می دهد (جدول 2). به طور کلی، هزینه محاسباتی ماژول پوشش گیاهی و اجرای قطعه پوشش گیاهی توسط رسوبات درشت دانه بیش از 6 درصد افزایش را نشان داده است. افزایش از محاسبه کشیدن پوشش گیاهی و شرایط

آشفتگی در ماژول پوشش گیاهی رخ می دهد. این شرایط پس از آن به هسته D2، D3 معادلات مومنتم، و پارامتر اختلاط عمودی اضافه شده است.

پیاده سازی این قابلیت در COAWST چند موانع عددی و مفهومی، که تحقیقات آینده و عیب یابی نیاز به روبرو شد. به عنوان مثال، رام مدل هیدرودینامیک مورد نیاز یک گام زمان کاهش می یابد با ماژول گیاهی (به عنوان مثال 1 بازدید کنندگان به جای 10 بازدید کنندگان) برای از بین بردن بی ثباتی ناشی از شیب سرعت تیز. ما همچنین دریافتیم که خاصیت شناوری و برشی افقی شرایط در مدل تلاطم نیاز به ناهموار شود برای جلوگیری از آشفتگی در گوشه ای از پیچ پوشش گیاهی است. یک راه حل ممکن است به تدریج تا سطح شیب دار تراکم پوشش گیاهی در وصله، که هر دو می توانید از طریق اصلاح کاتیون فی دهی اولیه فی لو انجام می شود، یا از طریق یک فی کاتیون برنامه نویسی مودی. مدل SWAN در حال حاضر برای انواع پوشش گیاهی چند حساب نمی کند و انرژی موج (با توجه به پوشش گیاهی) طیفی پراکنده نیست؛ به عنوان مثال اتلاف به صورت یکنواخت در سراسر طیف موج استفاده می شود. در مورد نوع پوشش گیاهی چند تراکم ساقه معادل تعریف در رام و قو است. در نسخه های آینده از SWAN برای خواص گیاه مکانی متغیر را به عنوان در رام حساب. در نهایت، یک مطالعه پارامتر نظام مند عدم اطمینان از پارامتر مدل های متعدد اجرا در اینجا محدود. توسعه این ابزار منبع باز اجازه خواهد داد که این مطالعات به آغاز شود. پیاده سازی این قابلیت در COAWST چند موانع عددی و مفهومی، که تحقیقات آینده و عیب یابی نیاز به روبرو شد. به عنوان مثال، رام مدل هیدرودینامیک مورد نیاز یک گام زمان کاهش می یابد با ماژول گیاهی (به عنوان مثال 1 بازدید کنندگان به جای 10 بازدید کنندگان) برای از بین بردن بی ثباتی ناشی از شیب سرعت تیز. ما همچنین دریافتیم که خاصیت شناوری و برشی افقی شرایط در مدل تلاطم نیاز به ناهموار شود برای جلوگیری از آشفتگی در گوشه ای از پیچ پوشش گیاهی است. یک راه حل ممکن است به تدریج تا سطح شیب دار تراکم پوشش گیاهی در وصله، که هر دو می توانید از طریق اصلاح کاتیون فی دهی اولیه فی لو انجام می شود، یا از طریق یک فی کاتیون برنامه نویسی مودی. مدل SWAN در حال حاضر برای انواع پوشش گیاهی چند حساب نمی کند و انرژی موج (با توجه به پوشش گیاهی) طیفی پراکنده نیست؛ به عنوان مثال اتلاف به صورت یکنواخت در سراسر طیف موج استفاده

می شود. در مورد نوع پوشش گیاهی چند تراکم ساقه معادل تعریف در رام و قو است. در نسخه های آینده از SWAN برای خواص گیاه مکانی متغیر را به عنوان در رام حساب. در نهایت، یک مطالعه پارامتر نظام مند عدم اطمینان از پارامتر مدل های متعدد اجرا در اینجا محدود. توسعه این ابزار منبع باز اجازه خواهد داد که این مطالعات به آغاز شود.

5. خلاصه و نتیجه گیری

ما یک ماژول موج-جریان پوشش گیاهی همراه در سیستم مدل سازی COAWST قابل اجرای پوشش گیاهی در رودخانه، دریاچه، دهانه رودخانه و محیط های ساحلی را توسعه داده ایم. قطعات جدید روشی در مدل جریان ROM به اجرا در آمد، کشیدگی سه بعدی یعنی قسمت وابسته به وضعیت، مخلوط کردن عمودی، و جریان می باشد. مدل موج باز تولید شده ویژگی های کلیدی جریان پوشش گیاهی و تعامل هیدرودینامیک، به ویژه لایه های برشی قوی در بالای یک تاج پوشش زیردریایی که در ارتفاع به عنوان خم گیاهان متفاوت است. چارچوب نیز به روز شده است، تبادل متغیرهای مربوط به پوشش گیاهی بین جریان و SWAN مدل موج برای اتلاف موج توسط پوشش گیاهی در حضور جریان ها و نوسانات سطح آب محاسبه شده است. نمایش نتایج: از مورد آزمون آرمانی در آب کم عمق، وابستگی متقابل غیرخطی بین (جزر و مد) جریان و موج دارای ویژگی هایی در حضور یک قطعه پوشش گیاهی است. به طور خاص، همراه موج، جریان مدل پوشش گیاهی نشان می دهد که اصلاح پوشش گیاهی ویژگی های موج (ارتفاع، دوره، شیب، و جهت) در درجه اول با اتلاف انرژی موج ناشی از کار بر روی پوشش گیاهی ساقه ها توسط نیروی پسا عبوری از قطعه و در وهله بعد توسط سطح آب و میدانهای فعلی: الف) هر (مثبت یا منفی) شیب تراز سطح آزاد در سراسر قطعه پوشش گیاهی ناشی از میرایی موج کاهش می دهد؛ ب) نرخ اتلاف موج کاهش / افزایش زمانی که امواج به فرستنده / در برابر جریان، در حالی که (درونی) فرکانس موج افزایش می یابد / برای حفظ تراکم موج باعث افزایش پخش شدگی می گردد / اتلاف موج توسط اصطکاک تخت و کشیدن پوشش گیاهی است. به موازات، نفوذ امواج جریان؛ بنابراین، تغییر ظرفیت امواج عبوری از پوشش گیاهی برای کاهش سرعت و تنظیم سطح آب است. این مدل به درک بهتر از نحوه پوشش گیاهی آبی در محیط فیزیکی کمک می کند و به طور کلی، یک ابزار چند رشته ای برای اطلاع رسانی در تصمیم گیری از پتانسیل اکولوژیک و اقتصادی مزایای پوشش گیاهی آبی فراهم می کند.

سپاسگذاری

این مطالعه پاسخ به بخشی از نواحی مصبی فیزیکی پروژه طوفان (GS2-2D)، با حمایت وزارت مربوطه، برنامه داخلی طوفان شنی بازیابی شد. منافع این مقاله از بحث با آلفردو ارتخابالتا، دن Nowacki و هایدی Nepf، و از بازنگری داخلی جسیکا توری می باشد. مدل در حالت (V3.2 COAWST) فعلی آن آزادانه در دسترس می باشد (<http://woodshole.er.usgs.gov/>) عملیات / مدل سازی / COAWST / index.html را) و توسعه مدل که به عنوان یک بحث قابل تغییر می باشد. ما از نظراتی که در آینده ادامه خواهد یافت و به اضافه کردن ویژگی های جدید و مدل قوی تر برای کاربران و توسعه دهندگان کمک می کند حمایت می کنیم.