بررسی تاثیردامنه جزرومد بر سطح مقطع تعادلی در مصب‌ها

علی کرمی خانیکی[۱]، فیروزه بخشنده*[۲] و کامران لاری[۳]

۱ـ بخش حفاظت سواحل، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، وزارت جهاد کشاورزی و دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات
۲ـ گروه فیزیک دریا، دانشگاه آزا د اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران
۳ـ گروه فیزیک دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۹۰/۷/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۱۷

چکیده

مصب‌ها پیکره‌هایی مهم و تاثیرگذار بر کنترل حرکات رسوب و توزیع آن در سواحل می‌باشد. اندر کنش موج، جریان و رسوب می‌تواند تاثیر قابل توجهی بر مشخصات مصب‌ها داشته باشد. در محل گلوگاه در جایی که حداقل مقطع ورودی است، نیروی غالب برای انتقال رسوب، نوسان جزر و مد است. دامنه جزر و مد، یکی از عوامل تاثیر گذار بر سطح مقطع تعادلی می‌باشد. روابط تجربی شناخته شده میان حداقل مساحت سطح مقطع ورودی مصب (A) و منشور جزر و مدی توسط محققین مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. محققین بررسی گسترده‌ای در مورد روابط $A=CP^n$ انجام دادند. A حداقل مساحت مقطع دهانه (نسبت به میانگین تراز دریا)،P تایدل پریسم می‌باشد. درتحقیق زیر با استفاده از خروجی مدل سازی رابطه مساحت سطح مقطع کانال با منشور جزر و مدی(Tidal prism) بررسی شد، و ضرایب تجربی C، $۱۰^{-۵}\times$ ۲و ۶×۱۰^{-۶} و n=1 بدست آمد. سپس مقادیر این ضرایب با روابط تئوری(رابطه دین)، مقایسه شد. مقایسه نتایج با تحقیقات انجام شده، نشان دهنده توافق خوب بین آنها بود. همچنین مشاهده شد بین دو پارامتر مساحت سطح مقطع کانال با منشور جزر و مدی و دامنه جزرومدی رابطه مستقیم وجود دارد.

واژگان کلیدی

جریان جزر و مد، مساحت مقطع دهانه، منشور جزر و مدی

مقدمه

مصب یا دهانه به محل اتصال یک تالاب، خلیج یا رودخانه به دریا اطلاق میشود (Us Army Corps of Engineering, 2002)، روابط میان سطح مقطع کانال و منشور جزر و مدی توسط افراد مختلف بررسی شده است. در بسیاری از نقاط جهان در مصب‌های کشندی و خورها، معادله سطح مقطع و منشور جزر و مدی مشخص شده است. Leconte(1905) برای اولین بار با داده‌های اندازه گیری، تعدادی از مصب‌ها و بندرگاه‌ها در ساحل اقیانوس آرام، رابطه کیفی میان سطح مقطع و منشورجزر و مدی را بدست آورد. اولین تحقیق روی رابطه حداقل مساحت مقطع عرضی بر حسب جریان در سرتاسر مصب، از سوی O'Brein (1931و1969)، بدست آمد. اوبرین(O'Brein)، رابطه را A=CPn به طور گسترده مورد بررسی قرار داد. این کار توسط محققین دیگر مانند Jarret (1976) در مصب‌های ایالت متحده، Shigemura(1980) در ژاپن ادامه یافت. در نهایت نتایج این بررسی‌ها را مارسل جمع بندی و ارائه داد(Marcel & Rakhost, 2011).

* نگارنده پاسخگو:Bakhshandeh_daniz@yahoo. com

در رابطهA=CP ، Aمساحت سطح مقطع (نسبت به میانگین تراز دریا) و Pمنشور جزر و مدی مـی‌باشـد. لازم بـه ذکر است C یک ضریب بدون بعد نیست، و ابعاد ان به توان n وابسته است. مقـدار Cو nرا بـا روابـط تئـوری(رابطـه Dean (1971)، (رابطه بیان شده در۲و۲)) و مدل سازی محاسبه می‌گردد. درحالت کلی می‌توان رابطه‌ای بین حداقل مساحت مقطع عرضی گلوگاه در یک مصب تحت شرایط میانگین تراز کشـند و منشـور جـزر و مـدی تعیـین نمـود. Jarret تحلیل را ادامه داد و تحلیل رگرسیون (regression) را برای نـواحی مختلـف سـاحلی بـا مشخصـات متفـاوت کشندی انجام داد. یک معادله رگرسیون برای هریک از سواحل اقیانوس اطلس، آرام و خلـیج (Gulf) داده مـی‌شـود. برای برآورد منشور می‌توان از داده‌های سرعت (یا دبی) Qاستفاده نمود،منشور جزر و مدی حجم آبـی کـه از کانـال مصب در طول جریان مد وارد شده و سپس در طول جریان جزر خارج می‌شود، می‌باشد. با فرض تغییـرات سینوسـی دبی در کانال و انتگرال گیری از آن روی بخش جزر یا مد سیکل جزر و مدی دین روابط زیر بدست مـی‌آیـد(عطـایی آشتیانی و نجفی جیلانی، ۱۳۸۴).

$$P = \frac{TQ_{\max}}{\pi} \quad (۱)$$

$$A_C = \frac{\pi}{TU_m} p \quad (۲)$$

با توجه به روابط حداکثر سرعت و منشور جزر و مدی، با حداقل سرعت توام است (Tung, 2011).

رابطه AC=CPn به طور گسترده توسط بسیاری از محققان استفاده شده است، زیرا به راحتی می‌توان نتایج آن را برای مورفودینامیک مدل‌های نیمه تجربی اسـتفاده نمـود. مقـادیر C و n کلـی و عمـومی نیسـتند و مقـدار آنهـا در مصب‌های مختلف، متفاوت است. دقت A به دقت داده‌های ورودی وابسته است. سطح مقطـع در رابطـه (۱) تنهـا بـا منشور جزر و مدی کنترل نمی شود و عوامل دیگری مانند واکنش موج و شکل کانال بر حسب نسبت پهنا بـه عمـق نیز عوامل تاثیر گذارند.

Tung(2011)، مصب ویتنام را با مدل سازی عددی مورد بررسی قرار داد. برای مدل سازی مورفودینامیکی از نـرم افزار Delft*3Dاستفاده کرد. در این مدل با تغییر پریود و دامنه کشند و مساحت حوضـچه و ابعـاد آن، محـیط‌هـای هیدرودینامیکی مختلف ایجاد و پایداری مصب و رابطه سطح مقطع ـ منشور جزر و مدی مورد بررسـی قـرار گرفـت. تفاوت‌های فصلی مصب و خورها باعث ایجاد پیچیدگی‌هایی در مسایل مربوط به آن می‌باشد. در ایـن تحقیـق مصـب کشندی و خور با موج غالب و میکروتایدال تحت تاثیر رودخانه سـیلابی درمرکـز ویتنـام قـرار دارد. رفتـار طبیعـی و پایداری مورفولوژی مصب کشندی که با حرکت کانال و کم عمق شدگی ورودی یا بسته شدن دهانه مشخص شـده و براساس داده‌های میدانی و تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی و داده‌های عمق سنجی تحلیـل شـده اسـت. بـه عنوان نتیجه این مدل سازی، مقادیر C و nمحاسـبه گردیـد و مقایسـه آن بـا روابـط تجربـی بدسـت آمـده از سـوی O'Brein(1969) و Jarret (1976)، نشان داد این روابط در توافق خوبی هستند. علاوه بر این پایـداری مصـب نیـز بـا دیاگرام اسکافسی(Escoffesi) نشان داده شد. با این بررسی مشخص شد مصب ویتنام یک مصب ناپایـدار اسـت و راه حل‌هایی از جمله احداث اسکله برای پایداری ان پیشنهاد گردید. الگوی رسوب گذاری و فرسایش به فاصـله میـان دو جتی و رنج جزر و مدی وابسته است(Tung, 2011).

Marcel و همکاران (2008)، رابطه بین حداقل مسـاحت کانـال ورودی ومنشـور جـزر و مـدی را بررسـی کـرد و ضرایب تجربی را بدست آورد. وی همچنین رابطه سایز رسوب و انتقال رسوب در امتداد ساحل و شعاع هیدرولیکی را با حداقل مساحت کانال ورودی بدست آورد.

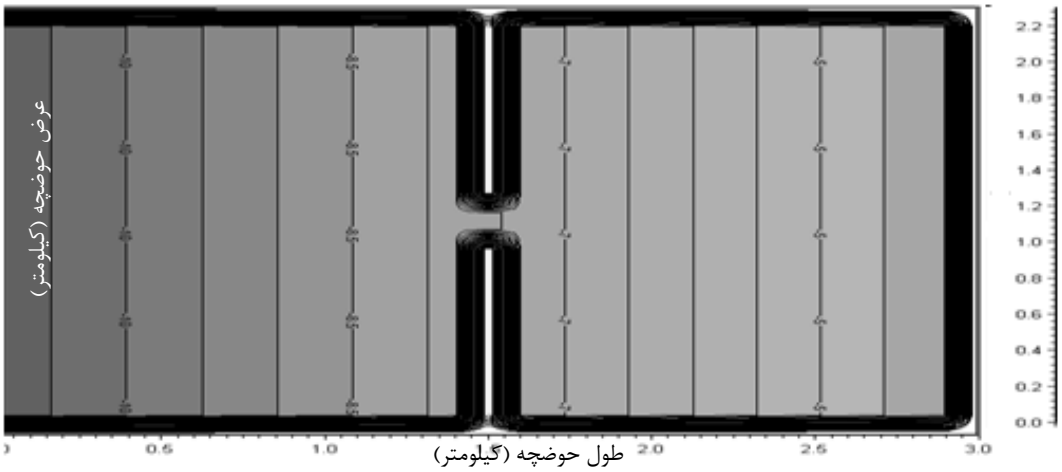
---

[2]- Dean

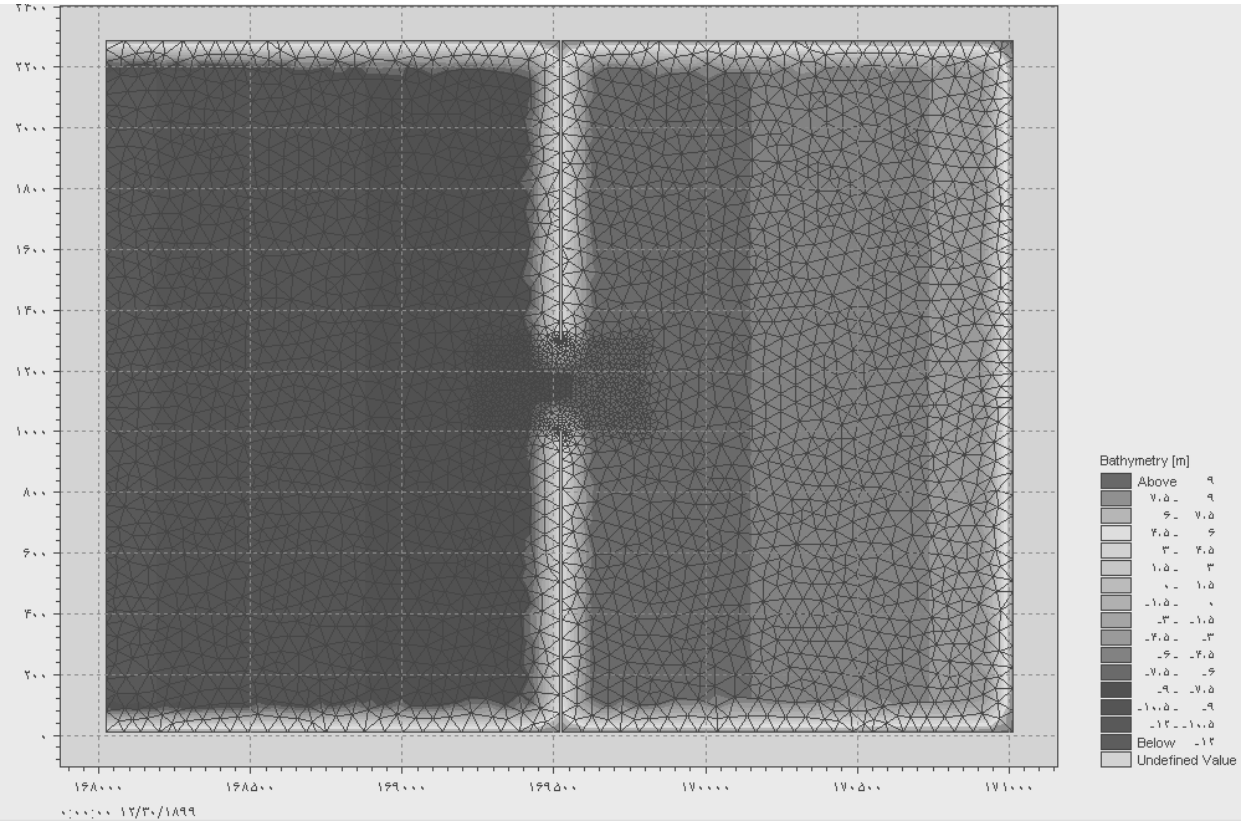
در تحقیقی دیگری آزمایش‌های سطح مقطع مصب کشندی بر روی چند نمونه آزمایشگاهی انجام گردید. در ایـن تحقیق، آنها با استفاده از مدل سازی فیزیکی و مقایسه نتایج آن با داده‌های آزمایشگاهی و میـدانی، روابطـی را بـرای تعیین سطح مقطع عرضی مصب ارائه نمودند(Seabergh *etal.*, 2001). هدف از انجام تحقیـق حاضـر بررسـی رابطـه سطح مقطع و منشور جزر و مدی تحت تاثیر ترازهای مختلف جزر و مدی با پریود ۱۲ ساعت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق حوضچه‌ای برای بررسی‌های عددی مورد استفاده قرارگرفت. طول این حوضـچه ۳کیلـومتر، عـرض ۲/۲کیلومتر متر و شیب بستر آن ۰/۰۰۰۱۵ و عرض دهانه مصب ۱۷۰ متر است (شکل ۱). برای شبیه سازی از یـک شبکه مثلثی ساختارنیافته (Unstructured flexible mesh)، با ابعاد ۱۰ تا ۵۰ متری، در یک مدل تفاضل محدود بـا گام زمانی۱ ثانیه استفاده گردید. ابعاد توپو گرافی بستر(شکل۱) و شبکه بندی و مش بنـدی آن نیـز)شـکل ۲(نشـان داده شده است.



شکل۱ـ ابعاد و توپوگرافی بسترحوضچه مورد استفاده



شکل ۲ـ شبکه‌بندی و مش بندی مدل

انتخاب محدوده اجرای مدل و یا به عبارت دیگر طراحی مدل، گام نخست در بررسی‌های این بخش است. ابعـاد و محدوده مدل به محل قرار گیری مرز و وجود اطلاعات مرزی مدل بستگی دارد. بـرای بررسـی تـاثیر جـزر و مـد بـر فرآیند رسوب گذاری، سطح مقطع تعادلی و تایدال پریسم، مـدل عـددی حوضـچه تحـت تـاثیر سـه مقـدار مختلـف دامنه‌های جزر و مدی با مقادیر ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ متر اجرا گردید. جدول(۱) مقادیر متغیرها را در هر یک از حالـت‌هـا نشان می‌دهد. انتخاب محدوده زمانی مناسب که نتایج حاصل در آن بازه، قابلیت تعمیم به زمان‌های دیگـر را داشـته باشد بسیار مهم است. در تحقیق حاضر زمان شبیه سازی ۱۲ ساعت انتخاب شده است. در همـه مـدل‌هـایی کـه بـا روش تفاضل متناهی کار می‌کنند، پایداری و همگرایی مدل به مشخصات پارامترهای خاصـی همچـون گـام زمـانی و گام مکانی مدل بستگی دارد. در مدل هیدرودینامیک، عدد شاخصی برای تعیین شرایط پایداری مدول تعریـف شـده است. این عدد که عدد کورانت (Courant Number) نام دارد، به منظور دستیابی به پایداری کامل، حدود ۰/۸در نظر گرفته شد. همچنین گام زمانی یک ثانیه و اندازه شبکه‌ها ۵۰ متر در نظر گرفته شد. در مرز داده‌های جـزر و مـد بـه صورت یک موج سینوسی با سه دامنه مختلف مطابق جدول (۱) به مدل داده شد. همچنین در مرزهای بـالا و پـایین مدل، سرعت جریان عمود بر مرز، معادل صفر در نظر گرفته شد.

جدول ۱ـ پارامترهای متغیر در اجرای مدل

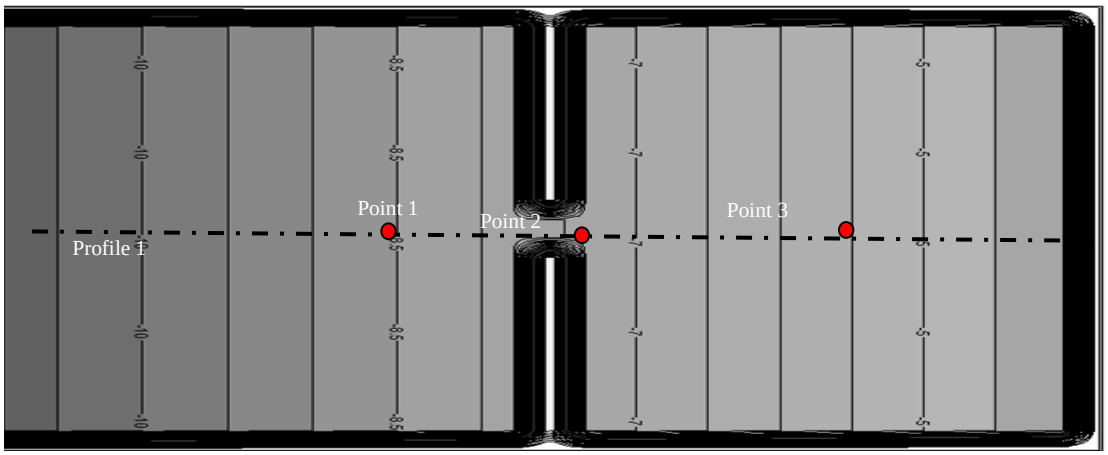
عمق آب در دهانه(متر)	دامنه جزر و مد(متر)	پریود جزر و مد (ساعت)	حالت اجرا
۳/۱	۰/۵	۱۲	۱
۳/۱	۱/۵	۱۲	۲
۳/۱	۲/۵	۱۲	۳

نرم‌افزار کامپیوتری مشهور به مایک ۲۱که توسط انستیتو هیدرولیک دانمارک و با همکاری انسـتیتو کیفیـت آب (Hydraulic Danish Institute) & Water Quality Institute) پایه‌ریزی و به مرور زمان تکمیل و توسعه یافته است، دارای قابلیت‌های محاسباتی و گرافیکی بالایی در زمینه مدل کـردن پدیـده مربـوط بـه خورهـا، دریاچـه‌هـا، نـواحی کم‌عمق ساحلی، خلیج‌ها و دریاها است.

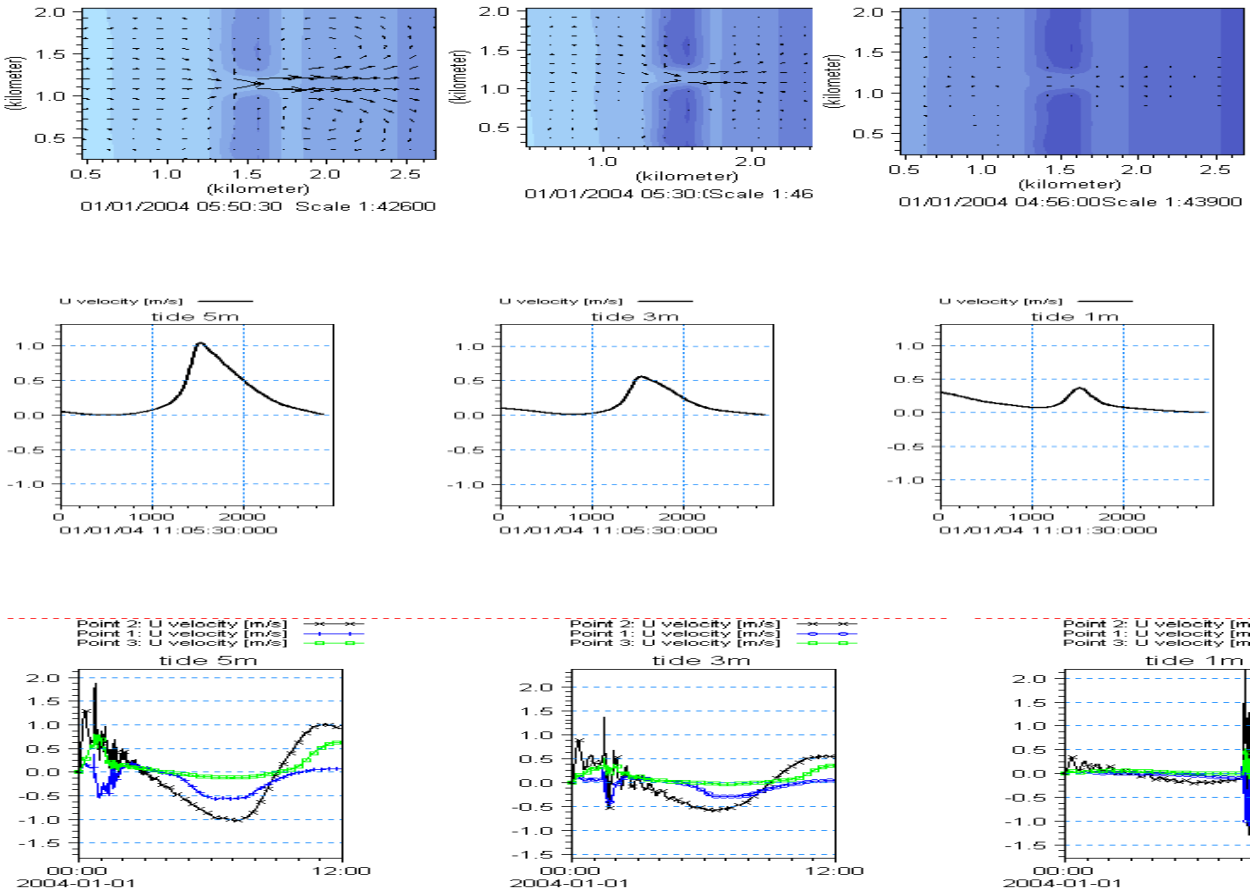
مدول هیدرودینامیکی، مدول محاسباتی اصلی نرم‌افزار مایک ۲۱ به حساب می‌آید که بسیاری از مدول‌های دیگـر ابن مدل بر اساس نتایج حاصل از اجرا مدول فوق پی‌ریزی شده‌اند. مدولCOUPLED MODEL FM، بـا بکـارگیری این مدول می‌توان تغییرات سطح آب و جریان‌ها را در هر مکـان از منطقـه مـورد مطالعـه بررسـی نمـود. ایـن مـدل جریان‌ها را در یک سیال تک لایه (به طور عمودی همگن) شبیه‌سازی می‌کند. مدول انتقـال رسـوب مایـک ۲۱(ST) برای مطالعه میزان انتقال رسوبات غیر چسبنده تحت اثر جریان و موج بکار میرود. جریانها شامل جریان ناشی از بـاد، جریان کشند، جریان ناشی از موج یا ترکیبی از این سه می‌باشد. دو فرمول مختلف انتقال رسوب در مـدول ST قابـل دسترس هستند که عبارتند از: روش انتقال بار کلی بایکر ومدلSTP انتقال رسوب DHIاست. داده‌های موج و جریـان توسط سایر مدول‌های نرم افزارمایک ۲۱ محاسبه می‌شود.

نتایج

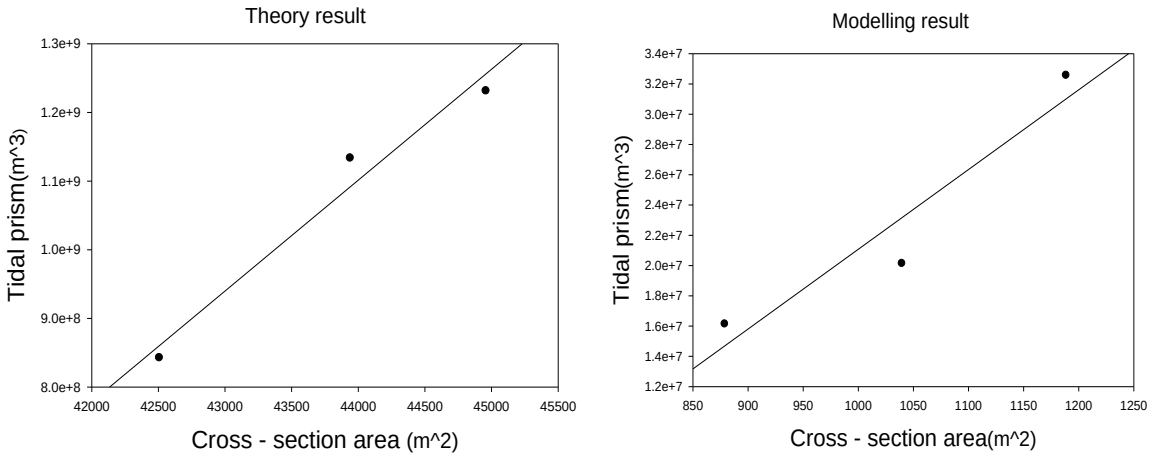
نتایج حاصله از اجرای مطالعه در شکل (۴) ارائه شده است. در این شکل توزیع مکانی سرعت در پلان و در مقطع طولی حوضچه و نیز توزیع زمانی آنها برای ۳ نقطه مشخص شده(شکل۳)، تحت دامنـه‌هـای مختلـف جزرومـد ارائـه گردیده است. شکل (۵)، برای ۳ دامنه مختلف سطح مقطع تعـادلی بـر حسـب تایـدال پریسـم بـا اسـتفاده از نتـایج مدلسازی و با رابطه تجربی دین نشان داده شده است. سپس نتایج این شکل بر نتایج حاصـل از محققـین امریکـا بـر ۲۸ مصب مختلف(شکل۶)، منطبق شده است. نتایج این محاسبات به دست آمـده از مدلسـازی و تئـوری بـه صـورت جدول(۲ و ۳) نشان داده شده است. همچنین اختلاف فاز بین تراز آب و سرعت جریان برای دامنه‌های مختلف جـزر ومدی در شکل(۷) نشان داده شده است و نتایج این شکل در جدول (۴) به صورت اختلاف فاز بر حسـب ضـریب پـر کنندگی برای دامنه‌های مزبور محاسبه شد تا نوع انتقال رسوب در این دامنه‌ها نیز مشخص شود.



شکل ۳ـ نقاط و مقطع گرفتن داده‌ها



شکل۴ـ مقادیرسرعت به ازای دامنه‌های مختلف جزرومدی با پریود ۱۲ ساعت



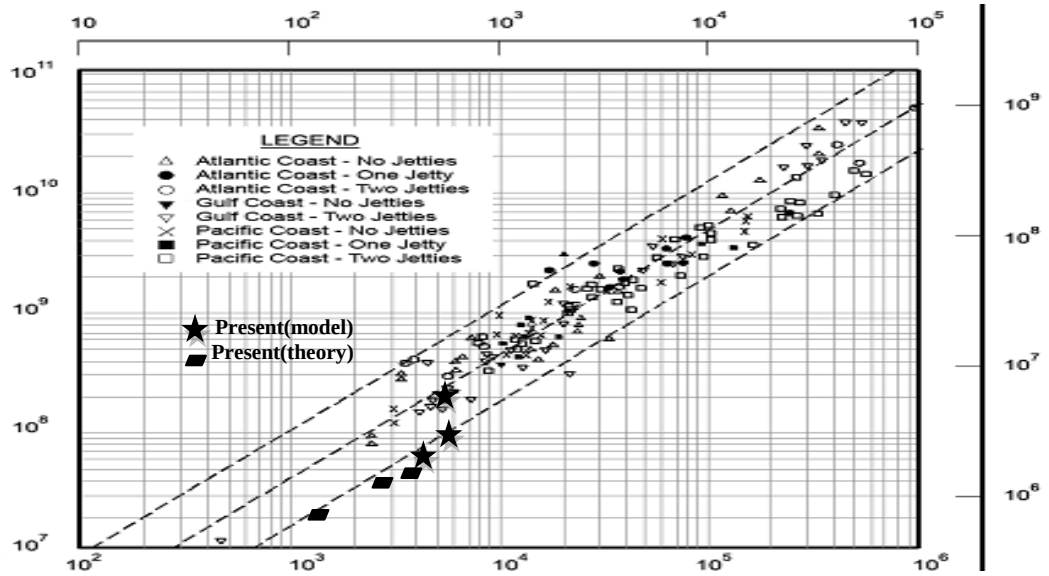
ب ـ نتایج با تئوری (رابطه دین) **الف ـ نتایج مدل سازی**

شکل۵ـ محاسبه سطح مقطع تعادلی و منشور جزر و مدی با تئوری و مدل

حداقل مساحت مقطع عرضی کانال مصب (متر مربع)

منشور

منشور



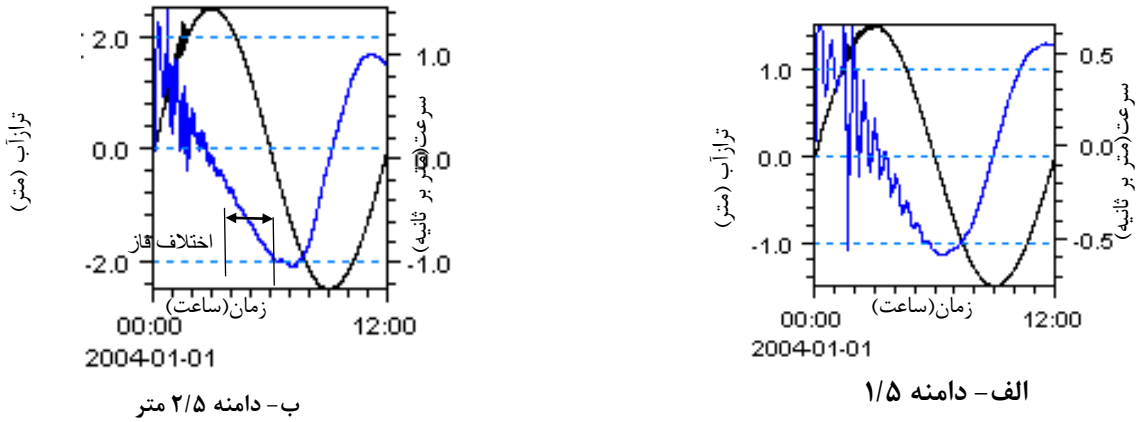
شکل۶ـ بررسی حجم منشوری به ازای سطح مقطع عرضی کانال (رابطه دین و مدل سازی)

جدول ۲ـ محاسبه سطح مقطع تعادلی و منشور جزر و مدی با رابطه دین

$Q_{max}(m^3/s)$	U_m (m/s)	T	$P(m^3) = T\times Q_{max}/3/14$	$A_C(m^2)=3/14\times p/T\times U_m$	دامنه جزر و مد (متر)
۶۱۲۶۱/۷	۱/۳	۴۳۲۰۰	$3/7\times10^7$	۱۴۱۶/۹	۰/۵
۳۹۹۸۲/۷	۱/۸	۴۳۲۰۰	$4/1\times10^7$	۱۴۹۸/۵	۱/۵
۸۹۵۱۵/۷	۲/۱	۴۳۲۰۰	$2/8\times10^8$	۱۴۶۴/۶	۲/۵

جدول۳ـ محاسبه سطح مقطع تعادلی و منشور جزر و مدی با مدل سازی

$A_C(m^2)$	$P(m^3)$	دامنه جزر ومد (متر)
۸۷۶۲/۸	$10^7\times1/6$	۰/۵
۱۰۳۹/۵۲	$10^7\times2/01$	۱/۵
۱۱۸۸/۵۰	$10^7\times3/2$	۲/۵



ب- دامنه ۲/۵ متر

الف- دامنه ۱/۵

شکل۷ـ اختلاف فاز بین تراز آب و سرعت جریان در مصب برای دامنه‌های مختلف جزر و مد

جدول۴ـ مقادیر ضریب پرکنندگی با توجه به اختلاف فاز برای دامنه‌های مختلف جزر و مدی

محدوده جزر و مدی	ضریب پرکنندگی K	اختلاف فاز درجه
۰/۵	۱	۳۰
۱/۵	۰/۷۸	۳۹
۲/۵	۰/۵۸	۴۸

بحث و نتیجه گیری

یکی از پارامترهای مهم برای محاسبه سطح مقطع تعادلی، منشور جزر و مدی می‌باشد کـه در مصـب‌هـا مفـاهیم سطح مقطع تعادلی برای حداقل سطح مقطع ورودی دهانه مهم و موثر می‌باشد. هدف از این تحقیـق بررسـی رابطـه سطح مقطع و منشور جزر و مدی تحت تاثیر ترازهای مختلف جزر و مدی با پریود ۱۲ ساعت می‌باشد که این حداقل سطح مقطع، حداکثر سرعت و منشور جزر و مدی را کنترل می‌کنند. در این تحقیق ابتدا رابطه میان منشـور جـزر و مدی و حداقل سطح مقطع به صورت جدول(۳) بدست آورده شد. در مرحله بعدی منشور جزر و مدی و سطح مقطع تعادلی با روابط تجربی دین محاسبه گردید و به صورت جدول(۲) نشان داده شد. این مقادیر در شـکلی کـه از سـوی جارت بدست آمده بود، نیز نشان داده شد. ضرایب تجربی (n) و (c)، نیز محاسبه گردید. نتـایج نشـان داد کـه رابطـه تئوری و مدل سازی، برای دامنه جزرومدی۲/۵ و۱/۵ و۵/ به صورت می‌باشد. که بـه ترتیـب، مقـادیر ضـریب تجربـی تئوری و مدل سازی، (n=1)،(c) به صورت ۶×۱۰^{-۶} و ۲×۱۰^{-۵} می‌باشدکه با نتایج محققین مختلف در توافق است.

جدول (۳) و (۲)، سطح مقطع تعادلی و منشور جزر و مدی را برای دامنه‌های مختلف نشان می‌دهـد، طبـق ایـن جدول با افزایش دامنه سطح مقطع تعادلی افزایش یافته و منشور جزر و مـدی افـزایش مـی‌یابـد. شـکل(۴)، پـلان و پروفیل و سری زمانی برای جزر و مد با دامنه‌های ۰/۵ و ۱/۵ و ۲/۵ متری می‌باشد. مطابق شـکل مقـادیر سـرعت بـا افزایش دامنه افزاایش می‌یابد. شکل(۵)، سطح مقطع تعادلی بر حسب منشور جزر و مدی را نشان می‌دهد کـه شـکل الف یک بار بانتایج جدول۱، با رابطه تجربی بدست آورده شد و بار دیگردر شکل(۵ـ ب)، با نتایج مدل سـازی بدسـت آورده شد. برای هر دو مورد نتایج مشابهی بدست آمد، ولی ضرایب رگراسیون در رابطه تجربی بالاتر بود.

تفاوت نرخ رشد دلتای جزر و مدی را از تحلیل Keulegan می‌توان بدست آورد. طبق این تحلیل هر چقدر تـاخیر فاز بین جریان و تراز آب در مصب بیشتر باشد(ضریب پراکندگی کمتر باشد)، اندازه تفاوت ابعاد دلتـای جـزر و مـدی بیشتر خواهد بود. با توجه به شکل (۷) مقادیر تاخیر فاز برای هر دامنه جزر و مد بدسـت آمـده و بـه همـراه مقـادیر ضریب پراکندگی، در جدول (۴) ارائه شده است. مطابق با تحلیل Keulegan می‌توان گفـت کـه در دامنـه‌هـای ۱و۳ متری که k بزرگتر از۰/۸است، انتقال رسوب در حالت مد غالب بوده است. در دامنـه نـیم متـری کـه k کمتـر از ۰/۶ می‌باشد، انتقال رسوب در حالت جزر غالب است.

منابع

عطایی آشتیانی.ب. و نجفی جیلانی،ع. ۱۳۸۴. مهندسی سـواحل هیـدرودینامیک سـواحل. جهـاد دانشـگاهی، واحـد صنعتی امیر کبیر. تهران، ایران.

Dean, R.G. 1971. Hydraulics of inlets, COEL/UFL-7 1 /019. Department of Coastal and Oceanographic Engineering, University of Florida, Gainesville.

DHI. 2007. Mike21‘s User Manual. Danish Hydraulics Institute. Denmark.

Jarrett, J. T. 1976. Tidal Prism-Inlet Area Relationships U.S. Army Engineer waterways. Experiment Station. Vicksburg, MS.

LeConte, L.J. 1905. Discussion on the paper, Notes on the improvement of river and harbor outlets in the United States, paper No. 1009. Trans. ASCE 55 (December): 306-308.

Marcel, J.F. Stive & Rakhors, R.D.2008. Review of empirical relationships between inlet cross-section and tidal prism. Journal of Water Resources and Environmental Engineering, 23: 89- 95.

O'Brien, M. P. 1931. Estuary tidal prisms related to entrance areas. Civil Engineering, 100: 738-739.

O'Brien, M. P.1969. Equilibrium flow areas of inlets on Sandy Coasts. Journal of the Waterways and Harbors Division. American Society of Civil Engineers, 1364:43-52.

Seabergh, W.C., King D.B. & Stephens, B. E. 2001. Tidal inlet equilibrium area experiments. Inlet laboratory investigations, Engineer Research and Development Center. Vicksburg, USA.

Shigemura, T. 1980. Tidal prism-throat area relationships of the Bays of Japan. Shore and Beach, 48 (3): 30-35.

Tung.T.T. 2011. Morphodynamics of seasonally closed coastal inlets at the central coast of Vietnam. - UNESCO-IHE, Delft.

US Army Corps of Engineering. 2002. Coastal Engineering Manual. US Government Publish Service. Washington D.C.