

۲-۱. پیشگفتار

تغییرات بستر دریا نتیجه مستقیم تغییرات در حمل و نقل رسوبات می باشد، چه به لحاظ حجم و چه به لحاظ زمان، هنگامی که انتقال رسوبات کاهش می یابد ارتفاع بستر افزایش یافته و برعکس با افزایش انتقال، فرسایش رخ می دهد. در نواحی دریایی، تغییرات بستر معمولا باعث تغییر موقعیت خط ساحل شده و این تغییر عامل تصمیم گیری در این خصوص است که آیا فرسایش روی داده است یا خیر.

گاهی اوقات تغییرات بستر در اثر یک طوفان ممکن است قابل ملاحظه باشد، در صورتی که تغییرات آب و هوایی و امواج در طول سال ممکن است تغییراتی را موجب شود که کوتاه مدت در نظر گرفته شود. انتقال عرضی رسوبات و در پی آن تغییرات نیمرخ ساحلی عموما نوسانات کوتاه مدت در نظر گرفته می شوند؛ در حالی که تغییرات دراز مدت خط ساحلی توسط انتقال رسوب کرانه ای به وقوع می پیوندند. بنابراین توجه لازم را بایستی ابتدا به توسعه و تغییرات نیمرخ های ساحلی معطوف نمود.

شکل نیمرخ های ساحلی و گوناگونی آنها عمدتا توسط حمل و نقل عرضی رسوبات پدید می آیند. این انتقال، رابطه نزدیکی با حرکت امواج داشته و به دلیل انواع مختلف امواج در طبیعت، این نیمرخ ها نیز گوناگون می باشند. این گوناگونی نزدیک ساحل بیشتر است، یعنی محلی که انتقال عرضی بیشتری روی می دهد.

در حالت کلی نیمرخ ها را به دو دسته تقسیم می کنند، نیمرخی که در اثر طوفان ها شکل می گیرد که آن را نیمرخ زمستانی و یا طوفانی می نامند و نیمرخی که در شرایط عادی دریا و در اثر امواج ملایم و جریانات متعادل عرضی شکل می گیرد که به آن نیمرخ تابستانی، معمولی و یا شیروانی می گویند. در طبیعت، شکل یک نیمرخ ساحلی که در حال تعادل دینامیکی بوده، توسط شرایط متداول امواج و عوامل دیگری چون تغییرات سطح آب و جریان های جزر و مدی تعیین می گردد. در طبیعت نیمرخ های ساحلی تحت اثر شرایط هیدرولیکی متغیر، به صورت پیوسته تغییر شکل می دهند؛ خصوصا در نواحی که این شرایط تغییرات عمیقی داشته باشند، یک نیمرخ متعادل هرگز تشکیل نمی شود. از

این جهت بسیار دشوار و یا حتی غیر ممکن است که بتوان رابطه دقیق و واقعی بین وضعیت هندسی نیمرخ در طبیعت و شرایط امواج تعیین نمود.

در بازه سال های ۱۹۷۰ میلادی تا به امروز محققین اندکی از جمله دین، ولینگا، کومار و ... سعی در ارائه معادلاتی متناسب با نحوه تغییرات شکل بستر دریا با توجه به پارامتر های مختلف از جمله قطر دانه های بستر، چگالی دانه ها، ارتفاع شکست موج و ... تحت عنوان نیمرخ تعادلی ساحل، نموده اند؛ این معادلات در تعیین پارامترهای مهم مربوط به طراحی سازه های ساحلی و بنادر همواره دارای خطاهایی بوده اند، که این امر باعث تحمیل ریسک طراحی بالاتر و در نتیجه آن صرف هزینه های گزافی می شود.

۲-۲. پارامترهای مؤثر در تغییر شکل بستر سواحل

سواحل به طور پیوسته در معرض هجوم امواج قرار داشته و بنابراین نیمرخ عرضی آنها به صورت متناوب در حال تغییر می باشد؛ این تغییرات عمدتاً در مجاورت ناحیه ساحلی که در آن اثرات ناشی از شکست امواج مشهودتر است، رخ می دهد. منظور از ناحیه ساحلی ناحیه ای است که از آن به بعد موج پیش رونده ایجاد شده در آب عمیق، وارد منطقه کم عمق ساحلی شده و اثرات بستر بر روی موج محسوس می باشد. عرض ناحیه ساحلی که در آن پدیده شکست امواج صورت می گیرد، تابعی از ارتفاع موج و وضعیت توپوگرافی بستر دریا می باشد. امواج دریا پس از رسیدن به محدوده مرز ناحیه ساحلی به دلیل افزایش ارتفاع موج نسبت به عمق محدود آب، دچار شکست شده و در اثر ریزش موج و جریان آشفته ناشی از شکست موج و تداخل هوا با آب، انرژی قابل توجهی از موج به بستر دریا منتقل می شود که این انرژی عامل عمده ای در تحریک ذرات بستر و نقل و انتقال رسوبات ساحلی در مجاورت سواحل می باشد.

عمقی را که امواج دریا شروع به جابجایی رسوبات کف بستر کرده و آنها را به پشت ساحل انتقال می دهند، عمق پایانی می نامند. این عمق با افزایش ارتفاع و پررود موج، افزایش می یابد و در حالت حداکثر خود به حدود ۳۰ متر می رسد (لشته نشایی و غبرایی، ۱۳۸۵). با حرکت موج به سمت ساحل به علت کاهش عمق، افزایش انتقال رسوب صورت می گیرد؛ به همین علت در نزدیکی ساحل یک شیروانی با شیب تندتر دیده می شود.

شرایط زمین شناسی^۱ بر روی اندازه ذرات و طبیعت بستر دریا اثر می گذارد. معمولاً دامنه تشکیل شیب بستر بسیار زیاد می باشد. منابع تأمین رسوب بر روی ویژگی های ساحل نقش مؤثری دارند؛ برای تشکیل ساحل باید به مقدار کافی رسوب وجود داشته باشد تا بر اثر امواج تجمع یابد. نوع رسوب، بر اساس اندازه رسوب و نوع کانی دسته بندی می شود. معمولاً سواحل از ذرات ریز تا متوسط ماسه (در عرض جغرافیایی کم تا متوسط) یا شن (در عرض جغرافیایی بالاتر) تشکیل شده اند. در اکثر مواقع اندازه رسوبات، بر روی شیب ساحل و انتقال رسوب اثر می گذارد. کانی اصلی موجود در ماسه سواحل، دانه های کوارتز با وزن مخصوص ۲/۶۵ می باشند. به جز سواحل سنگی^۲، در اکثر سواحل شنی و ماسه ای قطر دانه های بستر، در حدود ۰/۱ تا ۱ میلیمتر می باشد. معمولاً نماینده ذرات بستر یک ساحل و رسوبات آن، D_{50} است (یعنی قطری که ۵۰٪ دانه ها از آن ریزتر یا درشت ترند). به تجربه ثابت شده است که هرچه ساحل درشت دانه تر باشد، شیب آن تندتر خواهد بود (لشته نشایی و غبرایی، ۱۳۸۵).

موج همراه با رسوب، اساسی ترین نیاز برای تشکیل ساحل می باشد. با افزایش پررود موج، نوع ساحل دستخوش تغییر می گردد؛ همچنین، انرژی موج که موجب تغییر ساحل می گردد، تابعی از پررود و مربع ارتفاع موج می باشد. وجود جزر و مد برای تشکیل ساحل الزامی نیست، اما افزایش میزان جزر و مد در ترکیب با حالات موج در تغییر شکل بستر، نقش عمده ای دارد. ماسلینک و بلاک^۳ (۱۹۹۵)

¹ Geological Boundary Conditions

² Shingle

³ Masselink G. and Black K.P.

نشان دادند که وقتی محدوده جزر و مد افزایش می یابد، عرض ساحل زیادتر و شیب ساحل کمتر می گردد.

وزش باد و سرعت آن، عامل دیگری جهت تغییرات بستر و انتقال رسوبات است. بادهای ساحلی موجب انتقال رسوبات نهشته های بادی شده و ممکن است تپه های ماسه ای که به عنوان منبع ایجاد ساحل بکار می روند را از بین ببرند.

۲-۳. معادلات نیمرخ تعادلی سواحل ماسه ای

چهره بستر واژه ای است که بارل^۴ (۱۹۱۲) و جانسون^۵ (۱۹۱۹) برای تعریف بستر کرانه ساحل که دارای شیب کمتری نسبت به فراساحل بوده و شکستگی های متعددی در شیب آن دیده می شود، بکار برده اند. مشکل اساسی در تعریف چهره بستر، عدم وجود همیشگی شکستگی در شیب بستر است. عاملی که در تمام سواحل نقش اصلی را بازی می کند، امواج ثقلی (امواج بادی و خیزابی^۶) می باشند. این امواج به طور قطع عامل انتقال رسوبات و شکل گیری چهره بستر به صورت دو شکل مجزا می باشند، یعنی یک نیمرخ مقعر رو به بالا ناشی از عکس العمل رژیم امواج نواحی کم عمق در سمت دریا و یک نیمرخ مقعر دیگر در سمت ساحل و در قسمت میانی یک نیمرخ محدب دیده می شود. در قسمت فوقانی سطح بستر، فرسایش و تجمع رسوبات ارتفاع بستر را در هر سال تغییر می دهد. تغییرات بستر ساحل معمولاً در کرانه ساحل بیشتر بوده و به طور فزاینده ای این تغییرات با دور شدن از ساحل کاهش می یابد. با توجه به تعریف سطح بستر، به این نتیجه می رسیم که ناحیه ساحلی نیز در این منطقه قرار دارد. در طول فرسایش ساحل، نه تنها رسوبات ماسه ای به سمت پشته های ناحیه ساحلی حرکت می کنند، بلکه مقداری فاصله و کشیدگی در آن سوی ناحیه ساحلی ایجاد می شود؛

⁴ Barrell J.

⁵ Jonson B.

⁶ Swell

بنابراین قسمت درونی و بالای سطح بستر کوتاه شده و عرض ناحیه فراساحل زیاد می شود. تغییرات قائم بستر به دو دلیل موجب افزایش ناحیه ساحلی می شود: ۱- شدت حرکت آب در قسمت نزدیک بستر با دور شدن از ساحل کاهش می یابد. ۲- ستون های ماسه ای که همان تجمع رسوبات هستند، تحت اثر این حالت، از تجمع موضعی خارج شده و گسترش می یابند. معمولا سواحل عادی تعادل دینامیکی دارند، یعنی با این که در اثر تغییرات فصلی و طوفان های کوتاه مدت دائما شکل ساحل و حرکت رسوبات متغیر است، اما در دراز مدت (مثلا پرپود یک ساله) در نهایت بالانس و تعادل رسوبی در ساحل مشاهده می شود.

علاوه بر مطالعات انجام شده با هدف تعریف معیارهای تعیین نوع نیمرخ های ساحلی، تلاش های متعددی برای شرح نیمرخ تعادلی صورت گرفته است. بر اساس تحلیل های انجام شده در سواحل کالیفرنیا^۷ توسط بروون (۱۹۵۴) نیمرخ تعادلی با یک تابع ساده توانی تعریف گردید.

۲-۳-۱. معادله نیمرخ تعادلی دین

با بررسی ملاحظات فیزیکی در خصوص نیروهای مختلف وارد شده بر نواحی ساحلی، دین (۱۹۷۷) تعریف زیر را ارائه نمود:

$$h = Ax^m \quad (1-2)$$

تصور کلی فوق بر اساس آنالیز های مبسوطی بر پاسخ ساحل بر امواج طوفانی به دست آمده است. با فرض یک مدل شکست ریزشی^۸ و زایل شدن یکنواخت انرژی موج در واحد حجم آب، m در معادله فوق با مقدار 0.67 ارائه خواهد شد. در ادامه، دین (۱۹۹۱) معادله تعادلی سواحل ماسه ای را با آخرین تغییرات مد نظر خود به صورت زیر ارائه داد:

⁷ California (USA)

⁸ Spilling

$$h = Ax^{2/3} \quad (2-2)$$

در این معادله h عمق آب از تراز سطح دریا تا بستر بر حسب متر است، A پارامتر مقیاس رسوبی و x فاصله افقی از خط ساحلی به سمت دریا بر حسب متر است. پارامتر مقیاس رسوبی از رابطه زیر محاسبه می شود (سم - بخش ۹۳، ۲۰۰۶):

$$A = 2.25 \left(\frac{W_f^2}{g} \right)^{1/3} \quad (3-2)$$

که در آن، W_f سرعت ته نشینی رسوبات بر حسب متر بر ثانیه می باشد و g شتاب ثقل زمین بر حسب متر بر مجذور ثانیه است. سرعت ته نشینی ذرات وابسته به قطر متوسط ذرات بستر است که با توجه به قطر ذرات به صورت زیر می توان آن را محاسبه کرد (ون راین، ۲۰۱۱):

$$W_f = \frac{(s-1)gD_{50}^2}{18\nu} \quad 0.001 < D_{50} < 0.1mm \quad (4-2)$$

$$W_f = \frac{10\nu}{D_{50}} \left[\left(1 + \frac{0.01(s-1)gD_{50}^3}{\nu^2} \right)^{1/2} - 1 \right] \quad 0.1 < D_{50} < 1mm \quad (5-2)$$

$$W_f = 1.1 \left[(s-1)gD_{50} \right]^{1/2} \quad D_{50} > 1mm \quad (6-2)$$

در معادلات بالا، s چگالی مخصوص ذرات بستر دریا که مقدار آن $2/65$ است، D_{50} قطر متوسط ذرات بستر بر حسب متر و ν چگالی سینماتیکی آب دریا که مقدار آن 10^{-6} است. مشاهده می شود که دین در معادله تعادلی خود، قطر متوسط ذرات بستر را به عنوان یک عامل اساسی و نیز شکل نیمرخ تعادلی ساحل را به صورت سهمی در نظر گرفته است.

⁹ CEM – Part III
¹⁰ Van Rijn L. C.

۲-۳-۲. معادله نیمرخ تعادلی اصلاحی دین

لارسن (۱۹۹۹) با تحقیقاتی که انجام داد متوجه شد که رفتار نیمرخ ساحل تا عمق فرورفتگی قبل از پشته با تقریب قابل قبولی نزدیک به رفتار خطی است. در نتیجه می توان رفتار نیمرخ تعادلی ساحل که توسط دین ارائه شده را با حفظ قالب اصلی که در معادله (۲-۲) آمده است و با اصلاح هندسی در ساختار x آن را به فرم زیر بهبود بخشید:

$$h = mx \quad x \leq x_0 \quad (۷-۲)$$

$$h = Ax^{2/3} \quad x > x_0 \quad (۲-۲)$$

در معادله (۷-۲)، m شیب محاسباتی بستر و x_0 فاصله افقی محل فرورفتگی قبل از پشته تا ساحل بر حسب متر می باشد. فاصله افقی محل فرورفتگی قبل از پشته تا ساحل از معادله زیر محاسبه می شود:

$$x_0 = \frac{h_t}{m} + \left(\frac{h_t}{A} \right)^{3/2} \quad (۸-۲)$$

که در آن h_t عمق فرورفتگی قبل از پشته بر حسب متر است. مقادیر عمق فرورفتگی قبل از پشته و نیز شیب محاسباتی بستر، به ترتیب از معادلات زیر محاسبه می شوند:

$$h_t = \frac{4}{9} \times \frac{A^3}{m^2} \quad (۹-۲)$$

$$m = 0.15 \left(\frac{W_f T}{H_b} \right)^{1/2} \quad (۱۰-۲)$$

در معادلات بالا، H_b ارتفاع حداکثر امواج در ناحیه شکست بر حسب متر و T پریود نظیر آن بر حسب ثانیه است.

۳-۳-۲. معادله نیمرخ تعادلی ولینگا

ولینگا (۱۹۸۶) با توجه به تقریب های معادله نیمرخ تعادلی اولیه دین که در سال ۱۹۷۷ ارائه داده بود و بر اساس مطالعات متعدد بر فرسایش تپه ها در هنگام امواج طوفانی، سعی در توسعه آن نمود تا نزدیک ترین معادله ممکن برای نیمرخ تعادلی را بتوان ترسیم نمود. وی یک توصیف ریاضی را برای فرسایش نیمرخ ها به دست آورد:

$$\left(\frac{7.6}{H_{0s}}\right)h = 0.47 \left[\left(\frac{7.6}{H_{0s}}\right)^{1.28} \left(\frac{W_f}{0.0268}\right)^{0.56} x + 18 \right]^{-0.5} \quad (11-2)$$

در این معادله، H_{0s} ارتفاع موج مشخصه در آب عمیق است؛ همچنین x فاصله از پای تپه ماسه ای به سمت دریا بر حسب متر است. واحد سایر پارامترها همانند معادلات قبل است.

۴-۳-۲. معادله نیمرخ تعادلی کومار

پس از ارائه معادله نیمرخ تعادلی ساحل توسط بادج^{۱۱} (۱۹۹۵)، دو محقق در سال ۱۹۹۴ سعی کردند تا با اعمال پارامترهای شیب واقعی بستر و ارتفاع و پیروود موج طوفان در معادله اولیه؛ نتایج دقیق تری را از نیمرخ تعادلی ساحل بدست آورند (کومار و مک دوگال^{۱۲}، ۱۹۹۴):

$$h = \frac{S_0}{k} (1 - e^{-kx}) \quad (12-2)$$

در این معادله، S_0 شیب ساحل در قسمت ناحیه ساحلی و k پارامتری وابسته به عمق پایانی و شیب ساحل هستند که از رابطه های زیر محاسبه می شوند:

$$k = \frac{1}{h_c} (S_0 - S_c) \quad (13-2)$$

¹¹ Bodge K.R.

¹² McDougal W.G.

$$S_0 = 0.12 \left[\frac{H_b^2}{gD_{50}T_b^2} \right]^{-1/4} \quad (14-2)$$

در معادله های بالا، h_c عمق پایانی، H_b حداکثر ارتفاع موج در ناحیه شکست، D_{50} قطر ذرات بستر بر حسب متر، T_b پریود نظیر ارتفاع شکست بر حسب ثانیه و S_c شیب طبیعی ساحل هستند. عمق پایانی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$h_c = 6.75H_s \quad (15-2)$$

H_s میانگین ارتفاع امواج در آب های عمیق بر حسب متر است. با توجه به رابطه هندسی مثلثی بین پارامترهای عمق و فاصله افقی و شیب بستر، شیب طبیعی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$S_c = \frac{h_c}{x_c} \quad (16-2)$$

۲-۳-۵. معادله نیمرخ تعادلی وانگ

در سال ۱۹۹۸، دو محقق بر روی معادله ای که اینمان^{۱۳} و همکارانش (۱۹۹۳) برای نیمرخ تعادلی ساحل ارائه داده بودند، کار کرده و آن را به فرم زیر بهینه و کاربردی نمودند (وانگ و دیویس^{۱۴}، ۱۹۹۸):

$$h = A_1 x^{m_1} \quad 0 < x \leq x_{tr} \quad (17-2)$$

$$h = h_{tr} + \frac{h_{bt} - h_{tr}}{x_{bt} - x_{tr}} (x - x_{tr}) \quad x_{tr} < x < x_{bt} \quad (18-2)$$

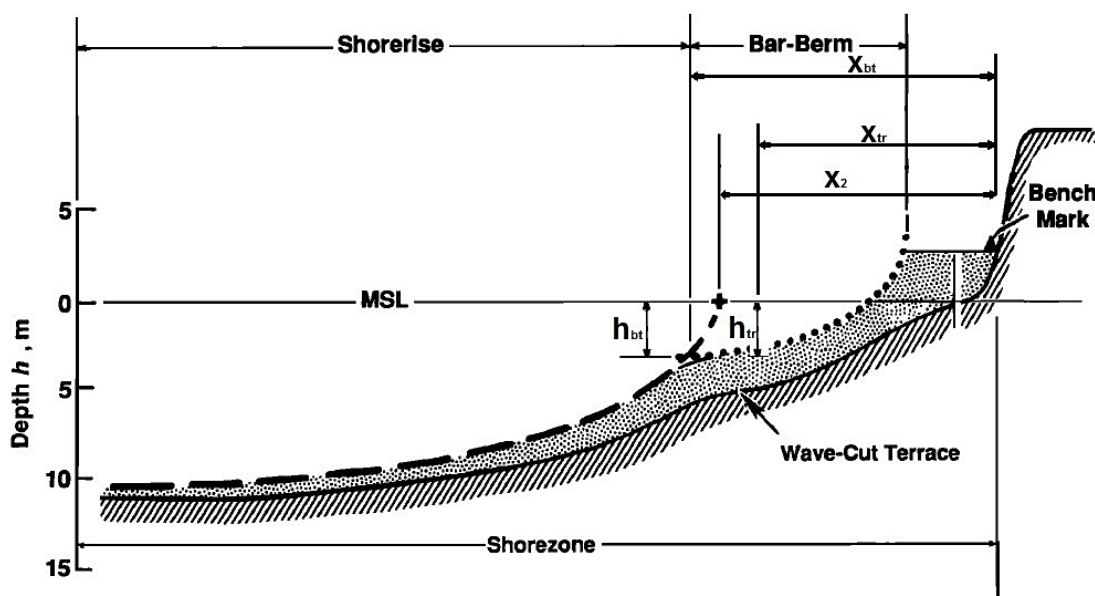
$$h = A_2 (x - x_2)^{m_2} \quad x_{bt} \leq x < x_c \quad (19-2)$$

که در معادلات بالا، A_1 و A_2 به ترتیب پارامتر مقیاس رسوبات مربوط به ناحیه ساحل تا فرورفتگی قبل

¹³ Inman D.L.

¹⁴ Davis Jr. R.A.

از پشته و ناحیه پشته تا عمق پایانی و m_1 و m_2 شیب تجربی ساحل در ناحیه خط ساحلی تا حوض قبل از تشکیل پشته و ناحیه قله پشته تا عمق پایانی که مقدار آنها به ترتیب $0/67$ و $0/8$ تا $0/85$ است، x_{tr} و h_{tr} به ترتیب عمق و فاصله ناحیه فرورفتگی قبل از پشته تا ساحل، h_{bt} و x_{bt} به ترتیب عمق و فاصله پشته تا ساحل و x_2 فاصله عرض از مبدأ ناحیه نزدیک به ساحل با تراز متوسط سطح آب می باشند (شکل ۱-۲).



شکل (۱-۲). نیمرخ پیشنهادی اینمان و همکاران (۱۹۹۳)

مقدار x_2 به صورت زیر بدست می آید:

$$x_2 = 0.652x_{bt} \quad (2-20)$$

معادله اینمان، رفتار نیمرخ ساحل را به شکل دو سهمی مقعر و یک سهمی محدب در نظر می گیرد (با توجه به تشکیل پشته در ناحیه شکست موج و نیز فرورفتگی قبل و بعد از آن)؛ که این کار باعث می شود تا رفتار معادله با رفتار نیمرخ طبیعی ساحل ماسه ای تشابه بیشتری داشته باشد.

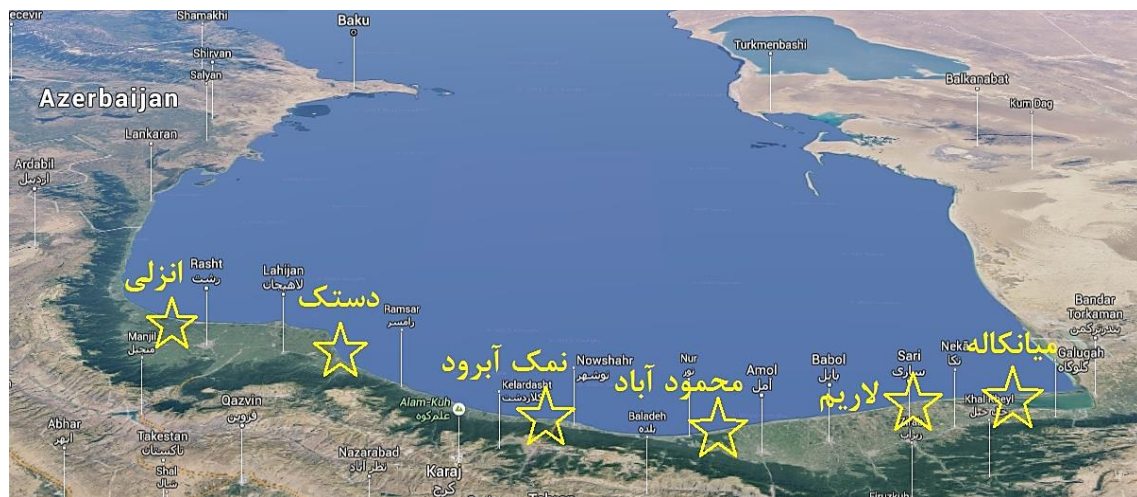
۲-۴. نیمرخ سواحل جنوبی دریای خزر

در این تحقیق جهت دست یابی به نتایجی دقیق و قابل قبول، سعی شده است تا داده های عمق آب از بیشترین سواحل شهرهای موجود واقع در نواحی جنوبی دریای خزر برداشت شود. در این راستا سواحل انزلی و دستک از استان گیلان، سواحل نمک آبرود، محمودآباد و لاریم از استان مازندران و ساحل میانکاله از استان گلستان مورد بررسی قرار گرفته اند. در جدول ۲-۱ اطلاعات اندازه متوسط ذرات رسوبی و اطلاعات امواج آمده است؛ همچنین در شکل ۲-۲ نمای ناحیه جنوبی دریای خزر مشاهده می شود.

جدول (۲-۱). اطلاعات امواج دریای خزر (مدل سازی امواج دریاهای ایران، جلد اول: دریای خزر، ۱۳۸۷)

پارامترها	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمودآباد	لاریم	میانکاله
اندازه متوسط ذرات بستر (m)	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۱۷
تغییرات تراز آب دریا (۱۳۹۲ تا ۱۳۹۳ - m)	-۰/۱۳۲	-۰/۱۳۲	-۰/۱۳۲	-۰/۱۳۲	-۰/۱۳۲	-۰/۱۳۲
ارتفاع حداکثر امواج در آب عمیق (m)	۵/۸۶	۵/۸۶	۶/۳	۶/۳	۵/۳۲	۵/۳۲
متوسط ارتفاع امواج در آب عمیق (m)	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۷	۰/۶۷
پریود حداکثر امواج در آب عمیق (sec)	۱۲/۹۳	۱۲/۹۳	۱۳/۲۵	۱۳/۲۵	۱۲/۰۲	۱۲/۰۲
پریود متوسط امواج در آب عمیق (sec)	۴/۸۶	۴/۸۶	۴/۲۵	۴/۲۵	۴/۷	۴/۷
ارتفاع حداکثر امواج در ناحیه شکست (m)	۵/۲۲	۵/۲۲	۵/۸۰	۵/۸۰	۴/۷۹	۴/۷۹
ارتفاع متوسط امواج در ناحیه شکست (m)	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۶	۰/۶۶
پریود حداکثر امواج در ناحیه شکست (sec)	۱۳/۱	۱۳/۱	۱۳/۴۲	۱۳/۴۲	۱۲/۱۹	۱۲/۱۹
پریود متوسط امواج در ناحیه شکست (sec)	۴/۸۷	۴/۸۷	۴/۲۶	۴/۲۶	۴/۷۲	۴/۷۲

همان طور که در جدول ۱-۲ مشاهده می شود، اندازه متوسط ذرات در سواحل دریای خزر محدوده تقریباً یکسانی دارد و در حدود $0/0002$ متر است؛ البته همین اختلاف اندک در اندازه متوسط ذرات موجب می شود که تابع رفتاری نیمرخ ها با یکدیگر متفاوت باشند و در نتیجه هر ساحل رفتار مختص به خود را داشته باشد. با توجه به داده های مربوط به دوره بازگشت ۱۲ ساله در سواحل جنوبی دریای خزر، ارتفاع حداکثر امواج در آب های عمیق در شرایط طوفانی معادل $5/8$ متر و پریود نظیر آن نیز در حدود $12/7$ ثانیه است که در این حالت ارتفاع امواج در ناحیه شکست موج چیزی در حدود ۵ متر خواهد بود؛ این اعداد نشان می دهند که دریای خزر ماهیتی تقریباً طوفانی دارد. در شرایط طبیعی و میانگین امواج در طول دوره ۱۲ ساله، ارتفاع آن در آب های عمیق چیزی در حدود $0/67$ متر با پریود $4/7$ ثانیه است، که این شرایط حاکی از رفتار نرمال دریای خزر در شرایط جوی خوب و آرام خواهد داشت.



شکل (۲-۲). ناحیه جنوبی دریای خزر - Google Maps

۲-۴-۱. نیمرخ ساحلی انزلی

شهرستان انزلی در استان گیلان و در ناحیه جنوب غربی دریای خزر واقع شده است که از شرق به شهرستان رشت و از سمت غرب به شهرستان رضوانشهر و از جنوب به شهرستان صومعه سرا متصل

است. انزلی یکی از مهمترین شهرهای بندری ایران واقع در دریای خزر است که بزرگترین خط ترانزیتی دریایی ایران با کشورهای حاشیه دریای خزر به حساب می آید.

شیب متوسط اندازه گیری شده سواحل انزلی $0/011$ است؛ همچنین قطر متوسط ذرات بستر در حدود $0/0002$ متر و سرعت ته نشینی آن نیز $0/0257$ متر بر ثانیه است (مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، ۱۳۹۴). سرعت ته نشینی ذرات بستر در ناحیه پشته تا عمق پایانی نیز برابر $0/01$ متر بر ثانیه است (لشته نشایی و غبرایی، ۱۳۸۵).

۲-۴-۲. نیمرخ ساحلی دستک

بخش دستک زیر مجموعه شهرستان آستانه اشرفیه در استان گیلان و در ناحیه جنوبی دریای خزر واقع شده است. آستانه اشرفیه از سمت شرق و غرب به ترتیب با شهرستان های لاهیجان و رشت همسایه است.

شیب متوسط اندازه گیری شده سواحل دستک $0/011$ است؛ همچنین قطر متوسط ذرات بستر در حدود $0/00019$ متر و سرعت ته نشینی آن نیز $0/0238$ متر بر ثانیه است (مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، ۱۳۹۴). سرعت ته نشینی ذرات بستر در ناحیه پشته تا عمق پایانی نیز برابر $0/01$ متر بر ثانیه است (لشته نشایی و غبرایی، ۱۳۸۵).

۲-۴-۳. نیمرخ ساحلی نمک آبرود

شهر نمک آبرود در استان مازندران واقع شده است که به چالوس و کلارآباد متصل است. این شهر در ناحیه شمالی خود، بخشی از سواحل جنوبی دریای خزر را در بر می گیرد.

شیب متوسط اندازه گیری شده سواحل نمک آبرود برابر با $0/013$ است؛ قطر متوسط ذرات بستر این سواحل $0/00023$ متر و همچنین سرعت ته نشینی آنها نیز $0/0314$ متر بر ثانیه است (مرکز ملی

مطالعات و تحقیقات دریای خزر، ۱۳۹۴). سرعت ته نشینی ذرات بستر در ناحیه پشته تا عمق پایانی نیز برابر ۰/۰۱ متر بر ثانیه است (لشته نشایی و غبرایی، ۱۳۸۵).

۴-۴-۲. نیمرخ ساحلی محمودآباد

شهرستان محمودآباد در ناحیه مرکزی استان مازندران واقع شده است که به شهرستان های نور و بابلسر متصل است. این شهرستان در ناحیه شمالی خود، بخشی از سواحل جنوبی دریای خزر را در بر می گیرد.

شیب متوسط اندازه گیری شده سواحل شهرستان محمودآباد برابر با ۰/۰۱۵ است؛ قطر متوسط ذرات بستر این سواحل ۰/۰۰۰۱۹ متر و همچنین سرعت ته نشینی آنها نیز ۰/۰۲۳۸ متر بر ثانیه است (مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، ۱۳۹۴). سرعت ته نشینی ذرات بستر در ناحیه پشته تا عمق پایانی نیز برابر ۰/۰۱ متر بر ثانیه است (لشته نشایی و غبرایی، ۱۳۸۵).

۵-۴-۲. نیمرخ ساحلی لاریم

منطقه لاریم در استان مازندران و در ناحیه جنوب شرقی دریای خزر واقع شده است که از سمت غرب به بابلسر و از جنوب به ساری و نیز از سمت شرق به میانکاله متصل است.

شیب متوسط اندازه گیری شده سواحل لاریم ۰/۰۱۰ است؛ همچنین قطر متوسط ذرات بستر در حدود ۰/۰۰۰۱۷ متر و سرعت ته نشینی آن نیز ۰/۰۲۰۰ متر بر ثانیه است (مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، ۱۳۹۴). سرعت ته نشینی ذرات بستر در ناحیه پشته تا عمق پایانی نیز برابر ۰/۰۱ متر بر ثانیه است (لشته نشایی و غبرایی، ۱۳۸۵).

۲-۴-۶. نیمرخ ساحلی میانکاله

میانکاله در ناحیه غربی استان گلستان واقع شده است که به شهرهای بهشهر و گلوگاه متصل است. این شهر در ناحیه شمالی خود، بخشی از سواحل جنوبی دریای خزر را در بر می گیرد. شیب متوسط اندازه گیری شده سواحل میانکاله برابر با ۰/۰۰۵ است؛ قطر متوسط ذرات بستر این سواحل ۰/۰۰۰۱۷ متر و همچنین سرعت ته نشینی آنها نیز ۰/۰۲۰۰ متر بر ثانیه است (مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، ۱۳۹۴). سرعت ته نشینی ذرات بستر در ناحیه پشته تا عمق پایانی نیز برابر ۰/۰۱ متر بر ثانیه است (لشته نشایی و غبرایی، ۱۳۸۵).

۲-۵. مقایسه معادلات نیمرخ تعادلی ساحل با نیمرخ سواحل دریای خزر

محققین سعی بر ارائه معادله تعادلی نیمرخ ساحلی داشتند تا بتوان رفتار سواحل را بر اساس تئوری‌ها به بهترین شکل توصیف کرد تا از آنها در مطالعات علم مهندسی سواحل و همچنین طراحی سازه‌های ساحلی و بندری استفاده کرد. با بررسی این معادلات با داده‌های سواحل مورد مطالعه نواحی جنوبی دریای خزر واقع در ایران، می‌توان رفتار هر یک از این معادلات را با رفتار سواحل مورد نظر و در کل مجموعه رفتاری نواحی ساحلی دریای خزر در منطقه ایران مقایسه نمود. در جدول ۲-۲ مقادیر پارامترهای محاسبه شده از معادلات اشاره شده در بالا، جهت تعیین نیمرخ‌های تعادلی ساحل آمده است.

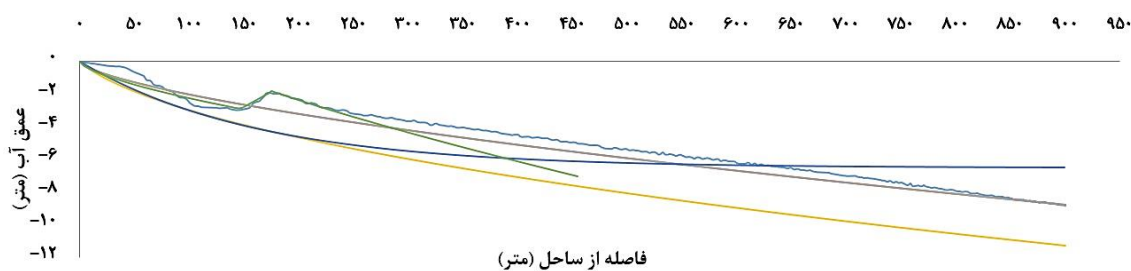
جدول (۲-۲). مقادیر پارامترهای محاسبه شده جهت تعیین نیمرخ‌های تعادلی ساحل

میانکاله	لاریم	محمودآباد	نمک آبرود	دستک	انزلی	پارامترها
۰/۰۲۰۰	۰/۰۲۰۰	۰/۰۲۳۸	۰/۰۳۱۴	۰/۰۲۳۸	۰/۰۲۵۷	سرعت ته نشینی رسوبات (m/s)
۰/۰۷۷۵	۰/۰۷۷۵	۰/۰۸۷۰	۰/۱۰۴۶	۰/۰۸۷۰	۰/۰۹۱۶	پارامتر مقیاس رسوبی ($m^{1/3}$)
۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۰۳۵	۰/۰۴۰	۰/۰۳۷	۰/۰۳۸	شیب محاسباتی بستر - معادله لارسن (m)

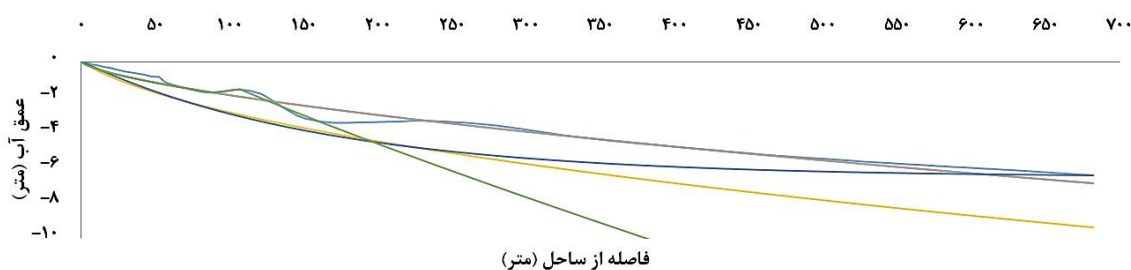
جدول (۲-۲). مقادیر پارامترهای محاسبه شده جهت تعیین نیمرخ های تعادلی ساحل (ادامه)

۰/۱۸۰	۰/۱۸۰	۰/۲۳۶	۰/۳۱۱	۰/۲۱۷	۰/۲۳۵	عمق فرورفتگی قبل از پشته - معادله لارسن (m)
۸/۸۷۰	۸/۸۷۰	۱۱/۱۶۲	۱۲/۸۲۰	۹/۸۸۱	۱۰/۲۶۸	فاصله افقی محل فرورفتگی قبل از پشته تا ساحل (m)
۴/۵۲۳	۴/۵۲۳	۴/۳۸۸	۴/۳۸۸	۴/۷۹۳	۴/۷۹۳	عمق پایانی (m)
۸۸۵/۳۶۹	۴۵۴/۸۵۸	۲۹۶/۸۰۵	۳۲۷/۸۵۶	۴۵۱/۰۴۴	۴۵۴/۴۳۷	فاصله خط ساحل تا عمق پایانی (m)
۰/۰۰۵	۰/۰۱۰	۰/۰۱۵	۰/۰۱۳	۰/۰۱۱	۰/۰۱۱	شیب طبیعی ساحل
۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۸	۰/۰۴۰	۰/۰۳۹	۰/۰۴۰	شیب ساحل در ناحیه ساحلی - معادله کومار
۰/۰۰۷۴۲	۰/۰۰۶۳۵	۰/۰۰۵۲۷	۰/۰۰۶۰۲	۰/۰۰۶۰۲	۰/۰۰۶۱۵	ضریب وابسته به عمق پایانی - معادله کومار (K)
۱/۸۹۷	۳/۵۲۳	۱/۱۰۷	۳/۲۵۳	۱/۷۶۰	۲/۹۷۳	عمق ناحیه فرورفتگی قبل از پشته (m)
۱۰۱/۷۵۹	۱۵۹/۳۳۸	۳۱/۷۱۵	۹۷/۱۰۷	۸۷/۸۴۳	۱۴۳/۷۰۶	فاصله ناحیه فرورفتگی قبل از پشته تا ساحل (m)
۱/۲۱۷	۲/۱۰۰	۱/۰۳۰	۲/۶۰۷	۱/۵۸۰	۱/۹۰۰	عمق پشته (m)
۱۲۲/۴۲۹	۱۸۶/۷۸۸	۴۹/۶۹۵	۱۳۴/۲۶۶	۱۰۶/۱۱۳	۱۷۳/۰۱۶	فاصله پشته تا ساحل (m)
۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۲۰	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۰۰۲۳	اندازه متوسط ذرات رسوبی در ناحیه ساحل تا حوض - معادله وانگ (m)
۰/۰۰۰۱۰	۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۱۵	اندازه متوسط ذرات رسوبی در ناحیه پشته تا عمق پایانی - معادله وانگ (m)
۰/۰۲۲	۰/۰۱۹	۰/۰۲۶	۰/۰۳۰	۰/۰۲۴	۰/۰۳۱	سرعت ته نشینی رسوبات در ناحیه ساحل تا حوض - معادله وانگ (m/s)
۰/۰۰۸	۰/۰۱۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱۶	۰/۰۱۵	۰/۰۱۶	سرعت ته نشینی رسوبات در ناحیه پشته تا عمق پایانی - معادله وانگ (m/s)
۰/۰۸۳	۰/۰۷۶	۰/۰۹۲	۰/۱۰۰	۰/۰۸۹	۰/۱۰۳	پارامتر مقیاس رسوبی در ناحیه ساحل تا حوض - معادله وانگ ($m^{1/3}$)
۰/۰۴۲	۰/۰۴۸	۰/۰۵۹	۰/۰۶۷	۰/۰۶۴	۰/۰۶۶	پارامتر مقیاس رسوبی در ناحیه پشته تا عمق پایانی - معادله وانگ ($m^{1/3}$)
۷۹/۸۲۴	۱۲۱/۷۸۶	۳۲/۴۰۱	۸۷/۵۴۱	۶۹/۱۸۶	۱۱۲/۸۰۶	فاصله عرض از مبدأ ناحیه ساحلی با تراز متوسط سطح آب - معادله وانگ (m)

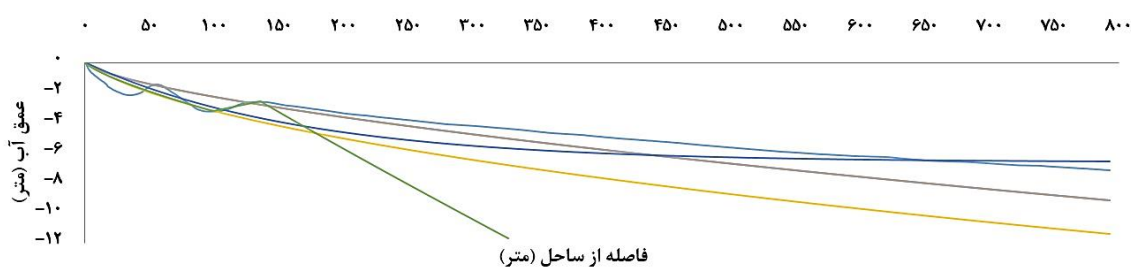
با توجه به جدول ۲-۲ و محاسبه پارامترهای موثر در تعیین نیمرخ‌های تعادلی، نتایج حاصل از تحلیل معادلات تعادلی و مقایسه آنها با نیمرخ طبیعی سواحل مورد مطالعه در شکل‌های ۲-۳ تا ۲-۷ آمده است.



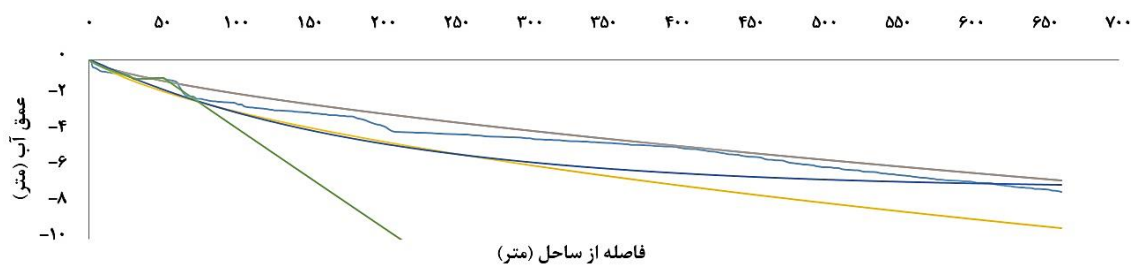
شکل (۲-۳). مقایسه نیمرخ ساحل انزلی با سایر نیمرخ‌های تعادلی حاصل از معادلات



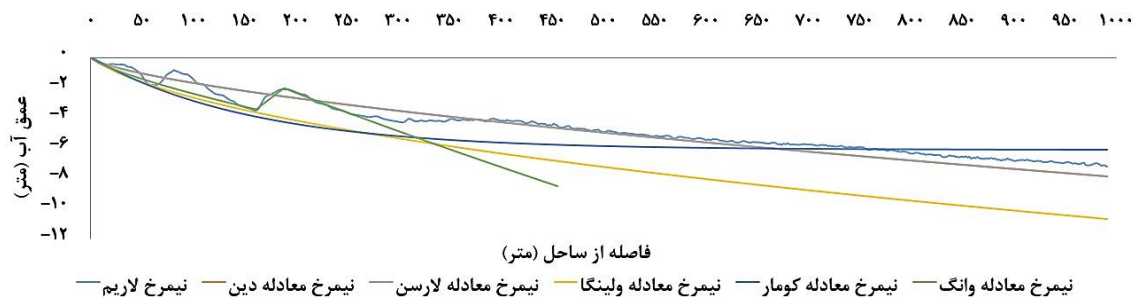
شکل (۲-۴). مقایسه نیمرخ ساحل دستک با سایر نیمرخ‌های تعادلی حاصل از معادلات



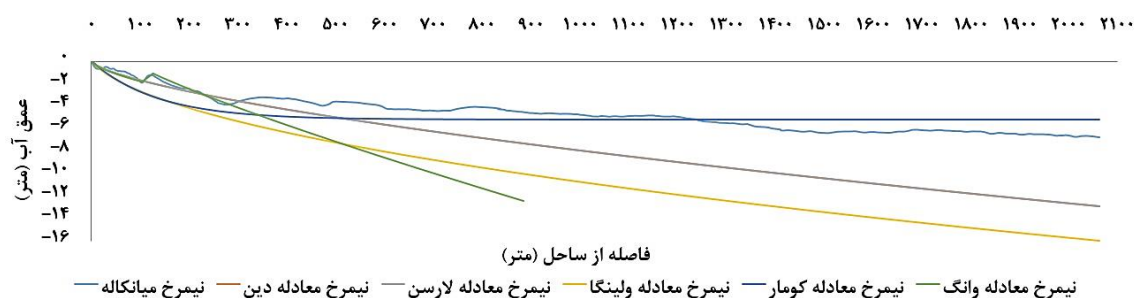
شکل (۲-۵). مقایسه نیمرخ ساحل نمک آبرود با سایر نیمرخ‌های تعادلی حاصل از معادلات



شکل (۲-۶). مقایسه نیمرخ ساحل محمودآباد با سایر نیمرخ‌های تعادلی حاصل از معادلات



شکل (۷-۲). مقایسه نیمرخ ساحل لاریم با سایر نیمرخ های تعادلی حاصل از معادلات



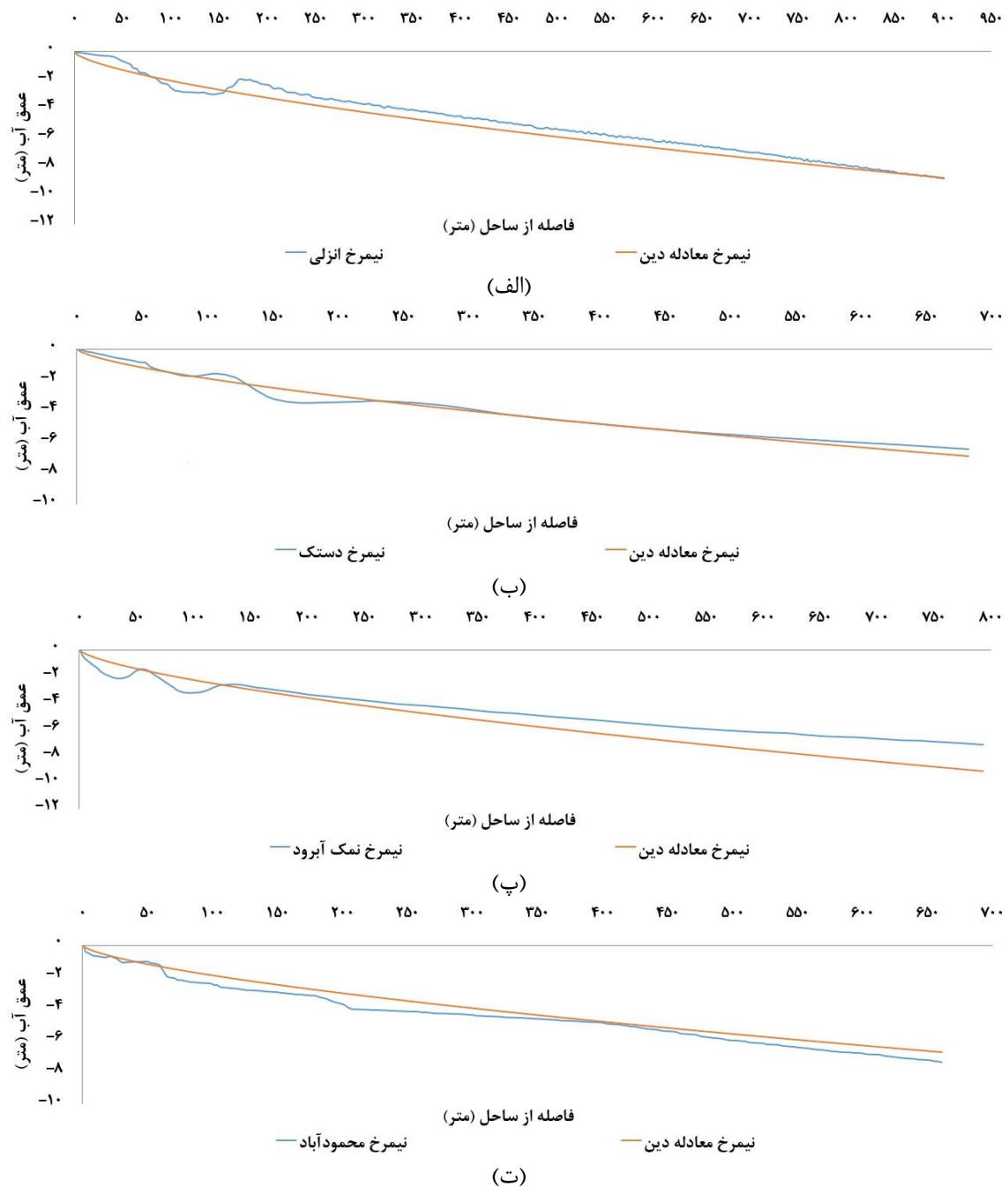
شکل (۸-۲). مقایسه نیمرخ ساحل میانکاله با سایر نیمرخ های تعادلی حاصل از معادلات

همانطور که از نمودارها مشاهده می شود، معادلات تعادلی نیمرخ عرضی ساحل که تا کنون ارایه شده است رفتار سواحل ماسه ای را می توانند تا حدودی پیش بینی نمایند، اما رفتار سواحل سنگی (صخره ای) و تا حدودی ریزدانه که رس دار هستند را قادر به پیش بینی دقیقی نیستند. در پیوست الف برای نمونه، جدول محاسبات نیمرخ انزلی آمده است.

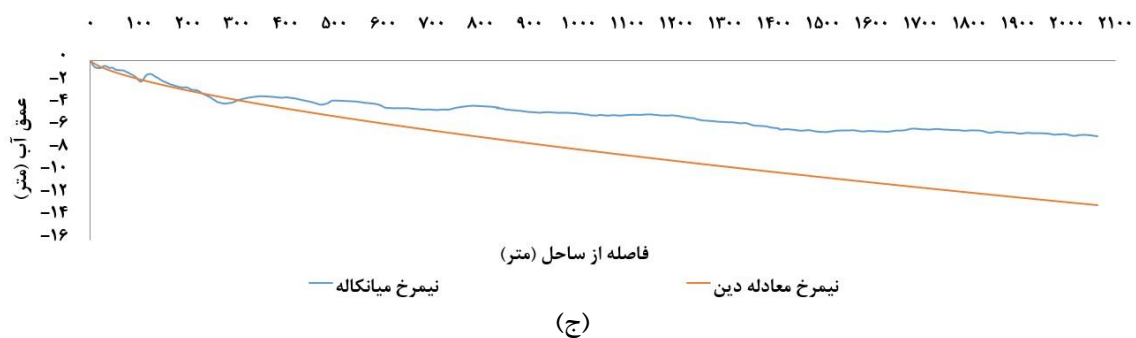
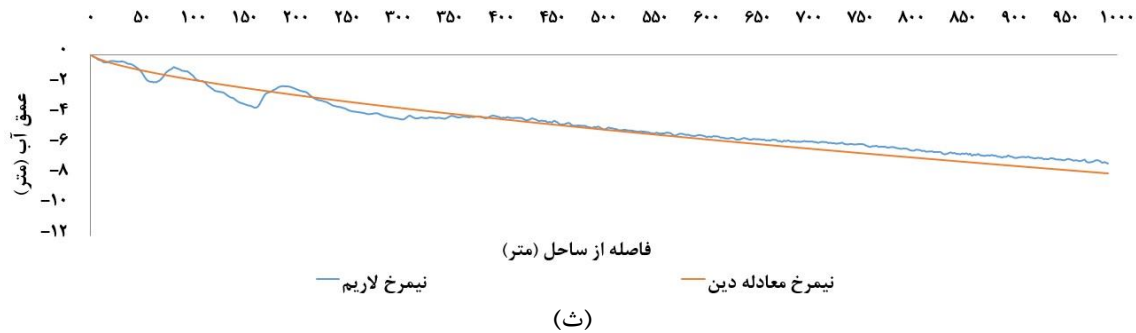
۲-۵-۱. تحلیل نیمرخ تعادلی دین

دین در معادله خود نیمرخ تعادلی ساحل را سهمی شکل در نظر گرفته است و بر اساس اندازه متوسط ذرات بستر، نیمرخ را ترسیم می کند. همان طور که در شکل ۲-۹ مشاهده می شود، معادله نیمرخ تعادلی دین، به جز منطقه میانکاله در تمامی سواحل پیش بینی خوب و منطقی ای را بر اساس هندسه نیمرخ تعادلی نشان می دهد. منطقه میانکاله با توجه به ماهیت منطقه ای، دارای بستری ریزدانه و از جنس ترکیبی رس و ماسه است (علیزاده و همکاران، ۲۰۰۹)؛ به دلیل خاصیت چسبنده بودن خاک های رسی، شیب این منطقه نسبت به شیب سایر سواحل مورد مطالعه کمتر است و تفاوت جنس

بستر باعث بروز خطا در محاسبات نیمرخ های تعادلی شده است. البته با توجه به نمودار منطقه میانکاله، معادله پیشنهادی دین تا فاصله ۳۰۰ متری ساحل پیش بینی خوبی را انجام داده است.



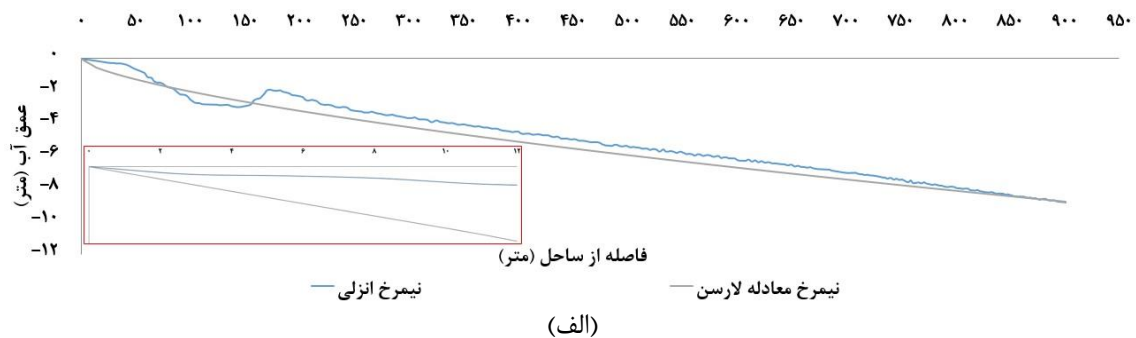
شکل (۲-۹). مقایسه نیمرخ تعادلی دین با نیمرخ طبیعی سواحل مورد مطالعه؛ الف) انزلی، ب) دستک، پ) نمک آبرود، ت) محمودآباد، ث) لاریم، ج) میانکاله.



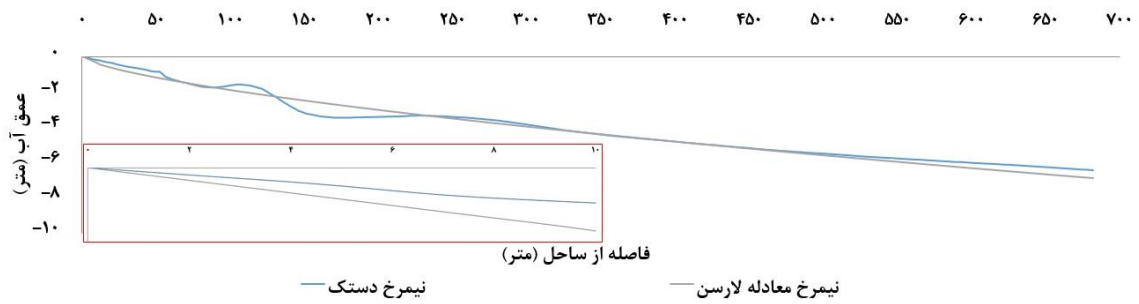
شکل (۲-۹). مقایسه نیمرخ تعادلی دین با نیمرخ طبیعی سواحل مورد مطالعه (ادامه)

۲-۵-۲. تحلیل نیمرخ تعادلی اصلاحی دین

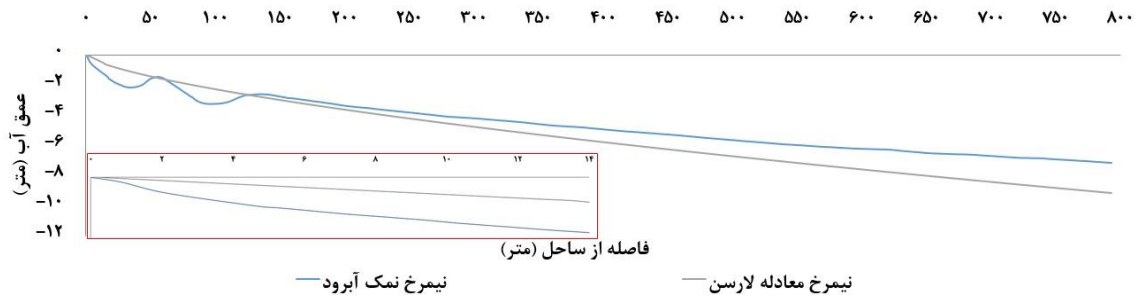
بر اساس معادله اصلاحی که لارسن ارائه نموده است، رفتار ناحیه ابتدایی ساحل (حد فاصل خط ساحل تا حدوداً ۱۴ متری مناطق مورد مطالعه) را خطی در نظر می‌گیرد و بعد از آن را همان رفتار سهمی معادله دین لحاظ می‌کند. اما تحلیل‌ها حاکی از این هستند که لزوماً سواحل در ناحیه ابتدایی خود رفتار خطی ندارند؛ این رفتار غیر خطی را در سواحل نمک‌آبرود، محمودآباد و لاریم می‌توان به وضوح مشاهده نمود. در شکل ۲-۱۰ تحلیل نیمرخ تعادلی اصلاحی دین آمده است.



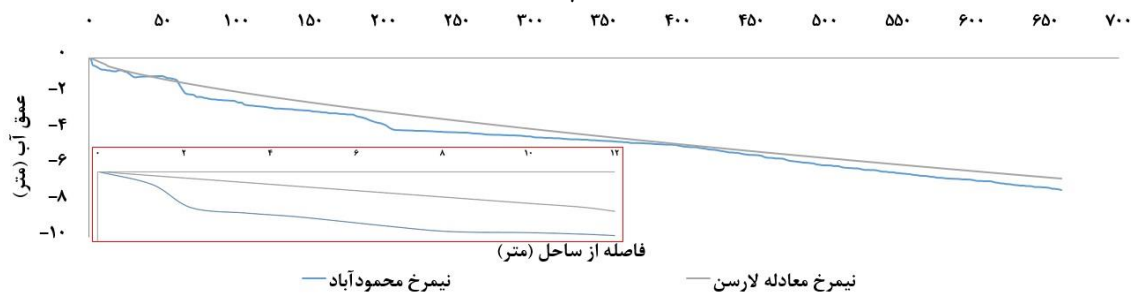
شکل (۲-۱۰). مقایسه نیمرخ تعادلی اصلاحی دین با نیمرخ طبیعی سواحل مورد مطالعه؛ الف) انزلی، ب) دستک، پ) نمک‌آبرود، ت) محمودآباد، ث) لاریم، ج) میانکاله.



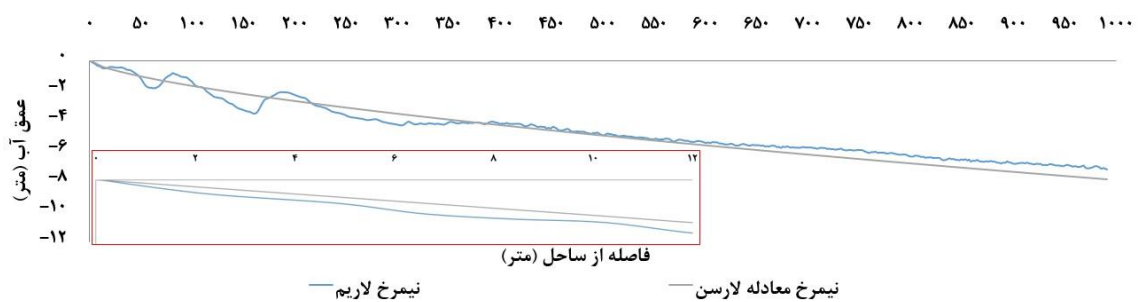
(ب)



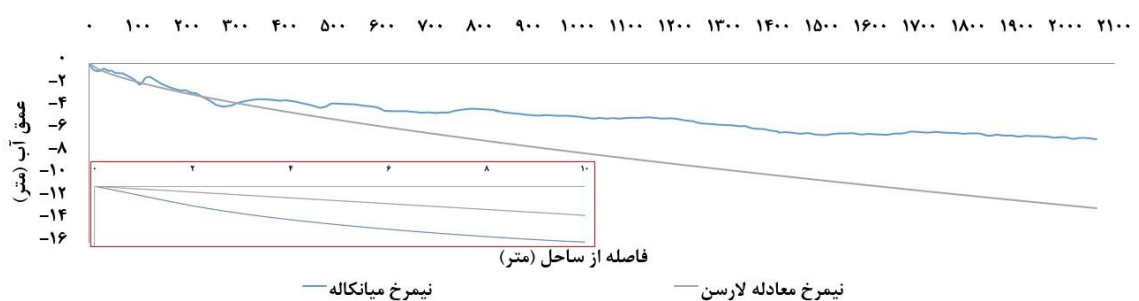
(پ)



(ت)



(ث)

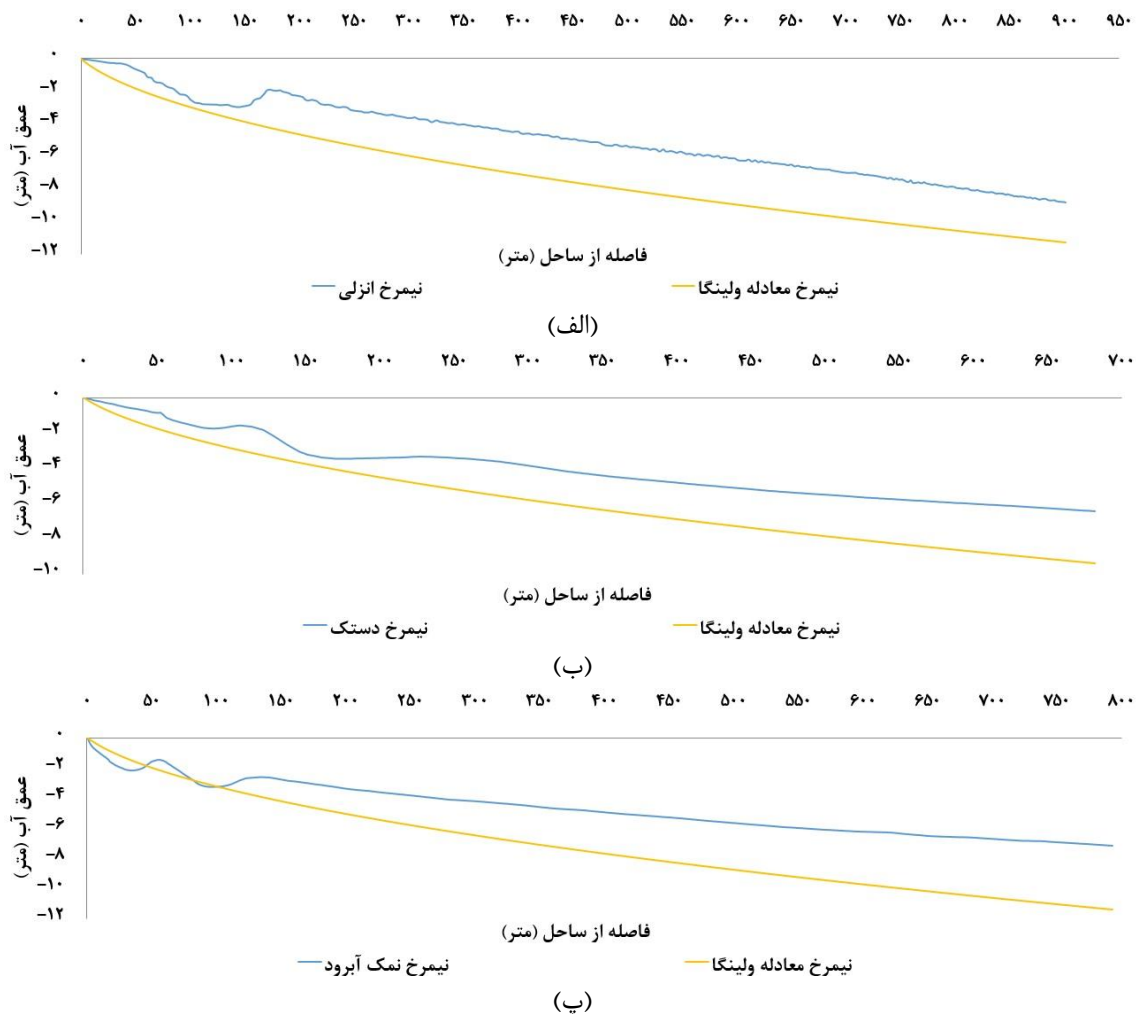


(ج)

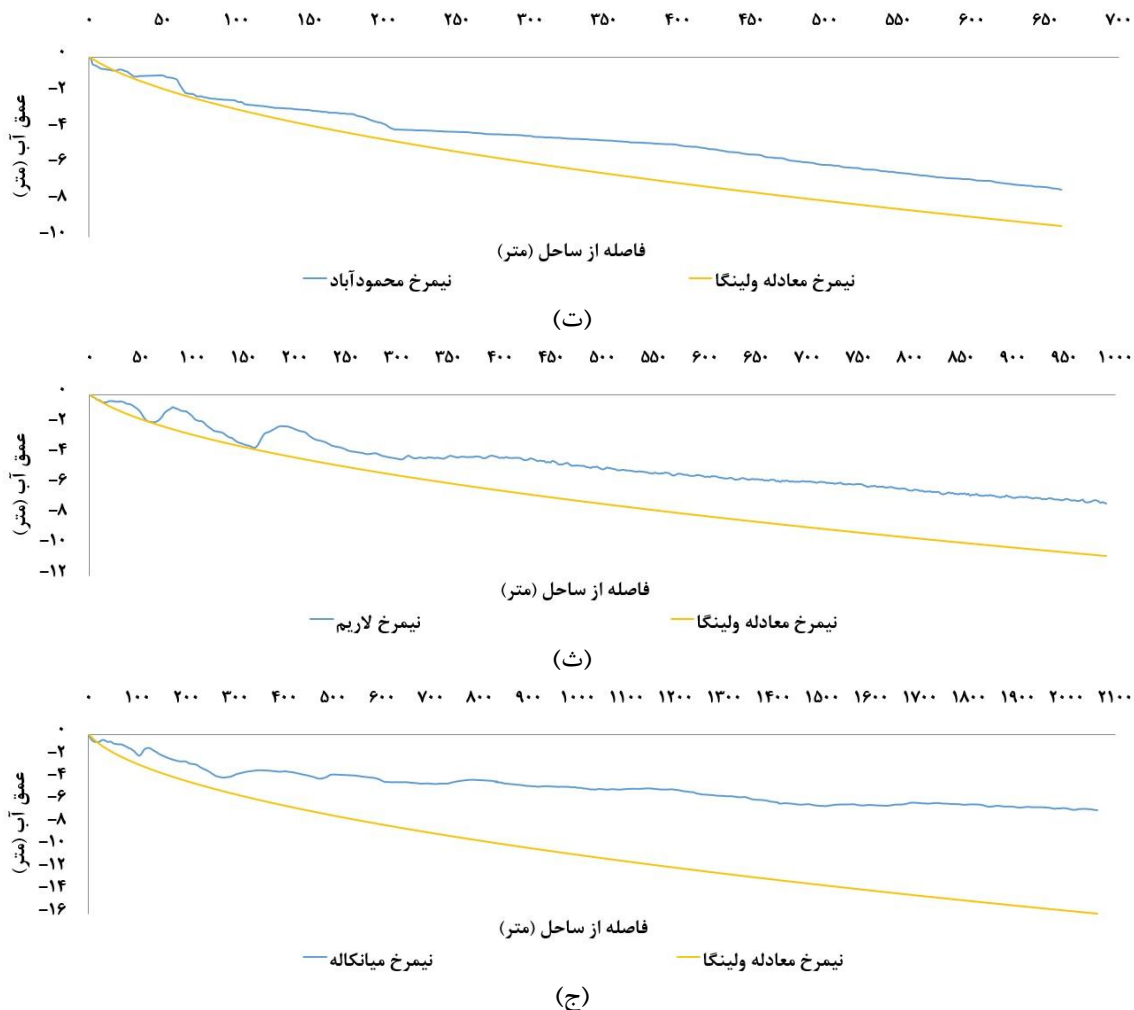
شکل (۲-۱۰). مقایسه نیمرخ تعادلی اصلاحی دین با نیمرخ طبیعی سواحل مورد مطالعه (ادامه).

۲-۵-۳. تحلیل نیمرخ تعادلی ولینگا

ولینگا در معادله پیشنهادی خود، اندازه متوسط ذرات بستر که تعیین کننده سرعت ته نشینی آن در آب است را به همراه ارتفاع حداکثر امواج در آب عمیق در نظر گرفته است. مدل ولینگا نیز مانند مدل دین، رفتار ساحل را به صورت سهمی نشان می دهد، اما نیمرخ تعادلی ساحل را نسبت به معادله دین با خطای بیشتری تخمین می زند. شکل ۲-۱۱ خروجی معادله ولینگا را به همراه نیمرخ طبیعی سواحل مورد مطالعه نشان می دهد.



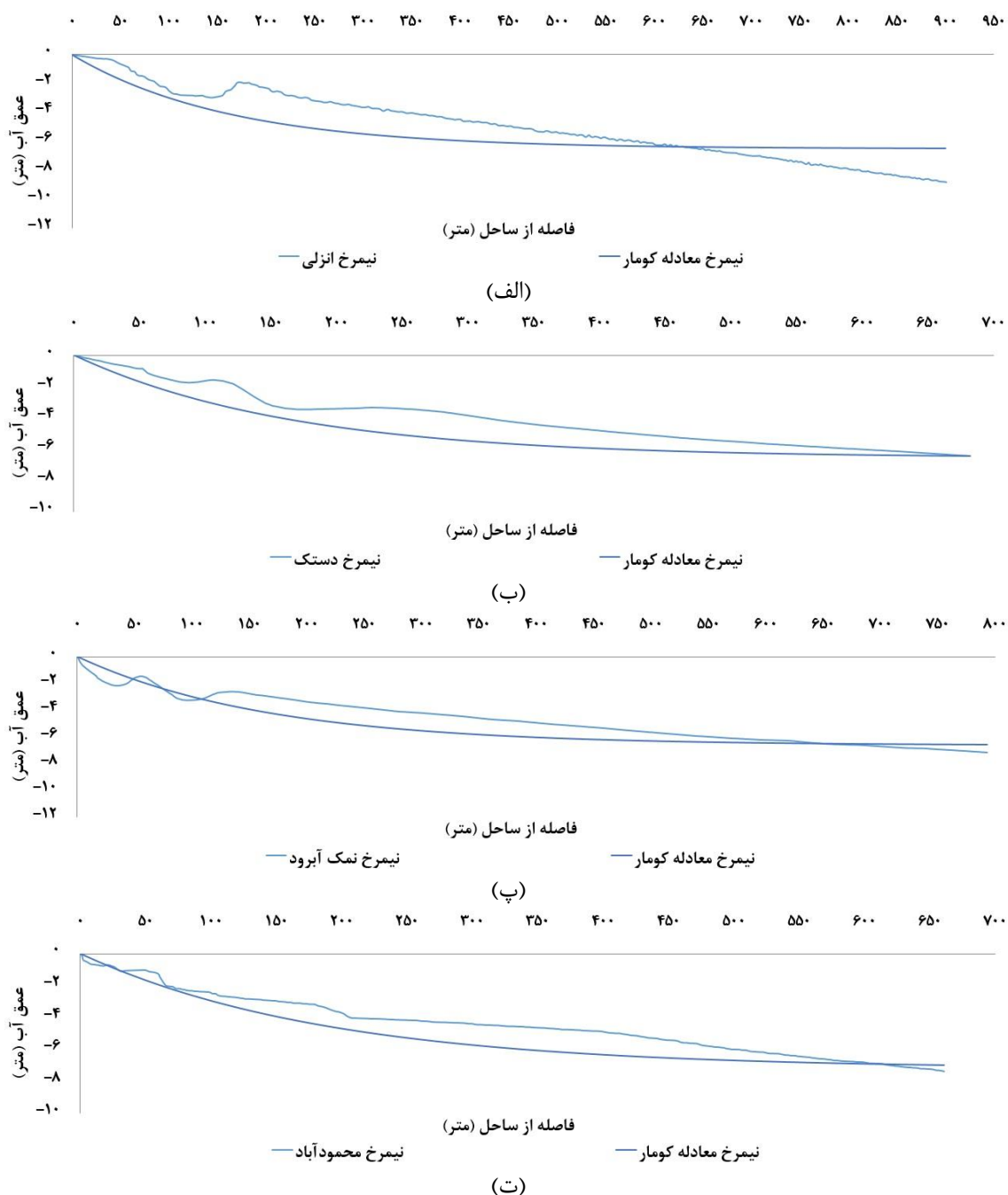
شکل (۲-۱۱). مقایسه نیمرخ تعادلی ولینگا با نیمرخ طبیعی سواحل مورد مطالعه؛ الف) انزلی، ب) دستک، پ) نمک آبرود، ت) محمودآباد، ث) لاریم، ج) میانکاله.



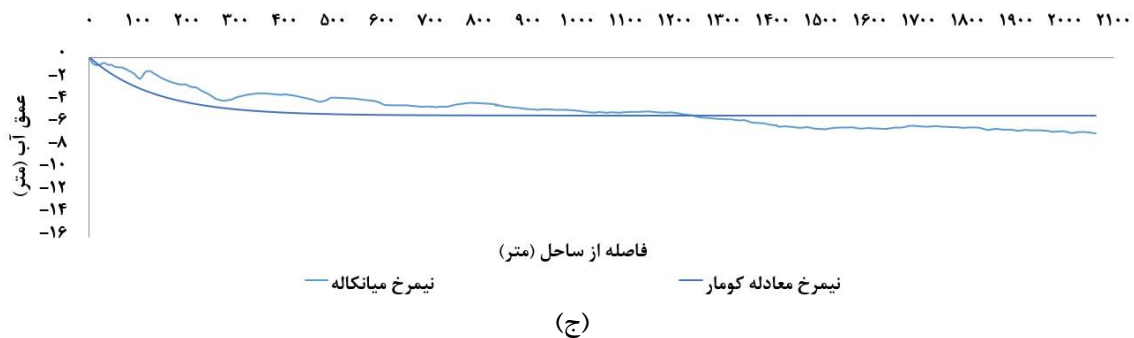
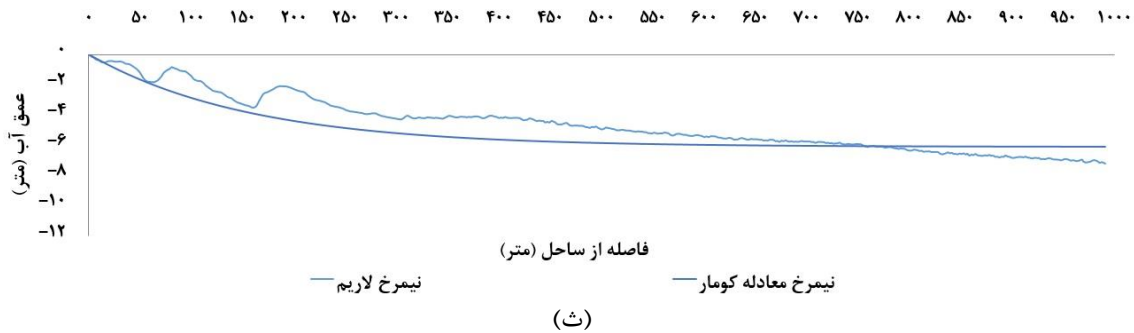
۲-۵-۴. تحلیل نیمرخ تعادلی کومار

کومار و مک دوگال در معادله ای که توسعه دادند با اعمال پارامتر هایی چون ارتفاع متوسط امواج در آب عمیق، عمق پایانی و شیب ساحل نسبت به عمق پایانی، اندازه متوسط ذرات بستر، ارتفاع حداکثر امواج در ناحیه شکست و تعریف شیب بستر در ناحیه ساحلی توانستند نیمرخ تعادلی سهمی شکلی را ارائه دهند که مانند معادله پیشنهادی دین رفتار نیمرخ ساحل را به نسبت خوب پیش بینی کند؛ با این حال شیب ابتدایی نیمرخ در ناحیه ساحلی کمی بیش از نیمرخ طبیعی ساحل مشاهده می شود و درواقع نیمرخ های پیشنهادی با شیب تندتری افزایش عمق می گیرند و با توجه به شکل ۲-۱۲ در اکثر موارد زیر نیمرخ طبیعی ساحل قرار می گیرند. کومار و مک دوگال با اعمال پارامتر های موثر بیشتری

در معادله تعادلی خود، پیش بینی تغییرات نیمرخ های ساحلی را با دامنه وسیع تری از اندازه ذرات بستر ممکن ساختند؛ همان طور که مشاهده می شود، این معادله پیش بینی مناسبی را برای ساحل ماسه ای - رسی میانکاله انجام داده است.



شکل (۲-۱۲). مقایسه نیمرخ تعادلی کومار با نیمرخ طبیعی سواحل مورد مطالعه؛ (الف) انزلی، (ب) دستک، (پ) نمک آبرود، (ت) محمودآباد، (ث) لاریم، (ج) میانکاله.



شکل (۲-۱۲). مقایسه نیمرخ تعادلی کومار با نیمرخ طبیعی سواحل مورد مطالعه (ادامه).

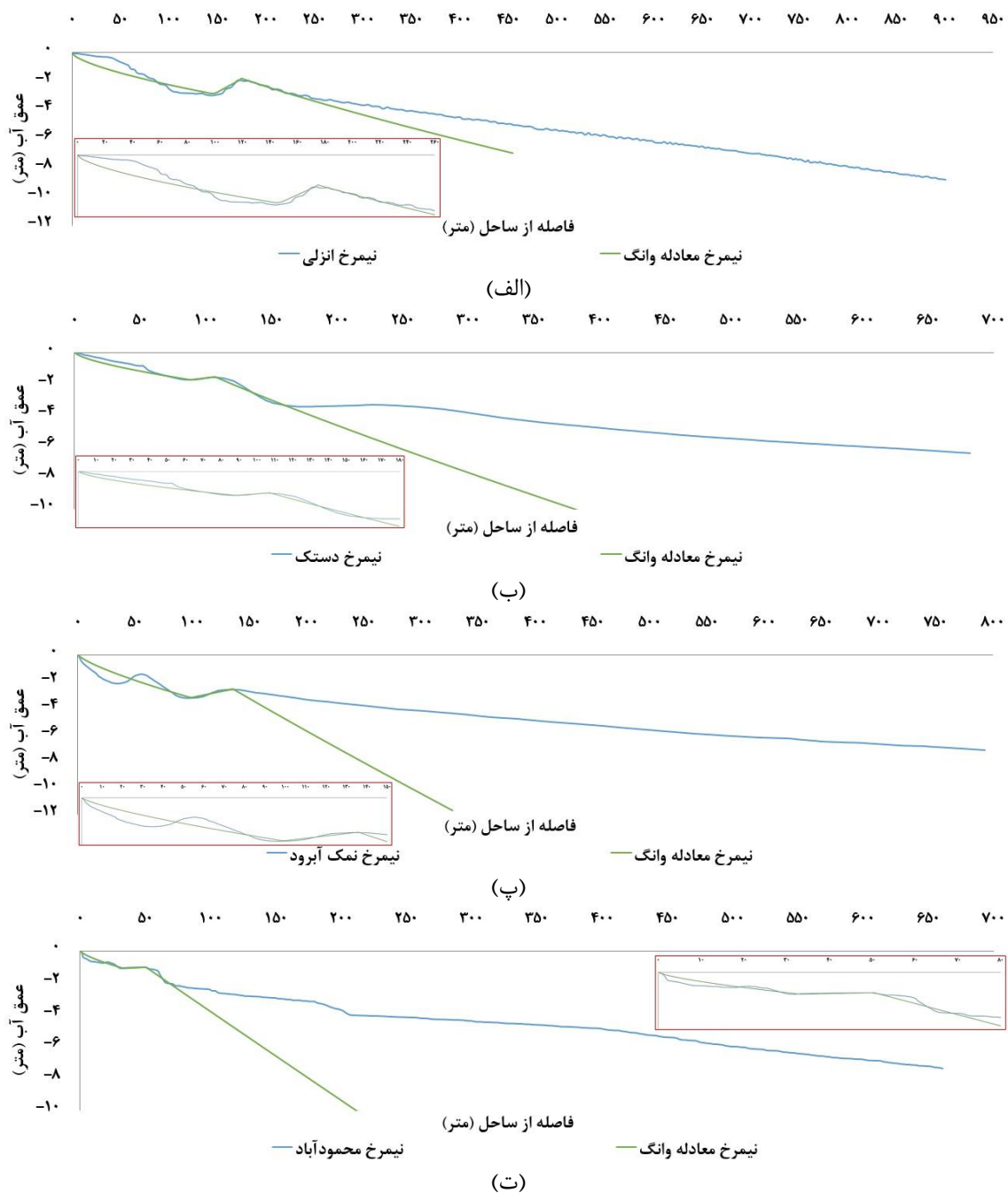
۲-۵-۵. تحلیل نیمرخ تعادلی وانگ

واقعیت این است، هرچقدر هم که شرایط امواج دریا آرام باشد، اما نیمرخ تعادلی ساحل دست کم در ناحیه کم عمق ساحلی رفتار سهمی ندارند و حداقل یک پشته با ارتفاع کم تشکیل خواهد شد؛ بنابراین معادله ارائه شده توسط اینمان و همکارانش (۱۹۹۳) که وانگ و دیویس آن را در سال ۱۹۹۸ توسعه دادند. با توجه به در نظر گرفتن این شرایط در معادله تعادلی و تفکیک آن به سه معادله سهمی شکل که ساحل را به سه ناحیه خط ساحلی تا حوض قبل از محل پشته، ناحیه پشته و ناحیه بعد از پشته تا عمق پایانی تقسیم می کند، رفتار طبیعی ساحل بهتر نشان داده می شود.

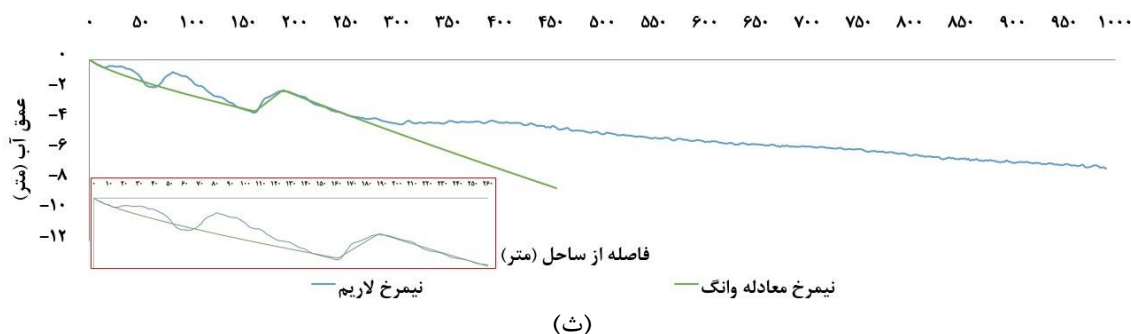
کومار و دیویس با در نظر گرفتن پارامترهایی مانند قطر متوسط ذرات بستر، عمق آب در ناحیه حوض و پشته و همچنین تفکیک ساحل به دو ناحیه قبل و بعد از پشته و در نظر گرفتن دو شیب با مقادیر تجربی از تحلیل سواحل فلوریدا^{۱۵} برای ساحل (ناحیه خط ساحل تا قبل از پشته و ناحیه بعد از پشته تا عمق پایانی)، تحلیل منطقی ای از رفتار نیمرخ تعادلی انجام دادند. این معادله از ناحیه پشته تا عمق

¹⁵ Florida

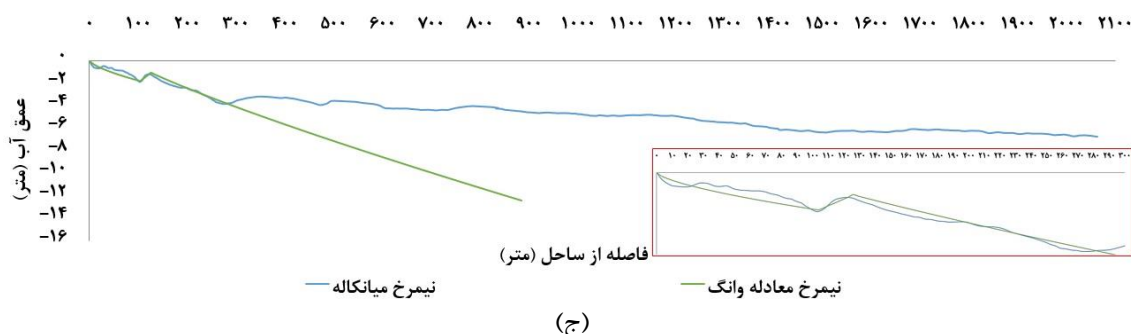
پایانی (سهمی سوم) را با خط تخمین می زند. مقایسه نمیرخ های معادله وانگ با نمیرخ طبیعی سواحل مورد مطالعه در شکل ۲-۱۳ نشان داده شده است.



شکل (۲-۱۳). مقایسه نیمرخ تعادلی وانگ با نمیرخ طبیعی سواحل مورد مطالعه؛ الف) انزلی، ب) دستک، پ) نمک آبرود، ت) محمودآباد، ث) لاریم، ج) میانکاله.



(ث)



(ج)

شکل (۲-۱۳). مقایسه نیمرخ تعادلی وانگ با نیمرخ طبیعی سواحل مورد مطالعه (ادامه).

۲-۶. جمع بندی

معادله ولینگا با توجه به اختلاف قابل توجه آن با نیمرخ های طبیعی، جهت تحلیل و بررسی آن در سواحل جنوبی دریای خزر قابل استناد نخواهد بود. همچنین معادله اصلاحی دین که لارسن آن را توسعه داد، تنها تفاوت آن با معادله دین، خطی در نظر گرفتن تغییرات نیمرخ در ناحیه کم عمق ساحلی است که با مقایسه آن با نیمرخ های طبیعی ساحل مشاهده شد که رفتار ساحل عموماً خطی نیست. نیمرخ های حاصل از معادله وانگ با توجه به سه سهمی در نظر گرفتن شکل نیمرخ، تجربه موفق و زیبایی را از رفتار نیمرخ ساحل در ناحیه ساحلی تا محل تشکیل پشته حاصل نمود؛ اما عدم پیش بینی منطقی و درست نیمرخ ساحلی از ناحیه تشکیل پشته به سمت فراساحل و همچنین محدودیت پیش بینی نیمرخ عرضی تا عمق پایانی باعث خواهد شد که این معادله جهت تخمین نیمرخ تعادلی ساحل با خطای تقریباً زیادی همراه باشد.

نیمرخ معادله کومار با توجه به استفاده از پارامتر های موثر بیشتری در ناحیه ساحلی، شکل درستی از نیمرخ تعادلی ساحل پیش بینی می کند و حتی در سواحل با جنس بستر ماسه - رسی تحلیل های

نزدیکی را انجام می دهد؛ اما به دلیل در نظر گرفتن قوس ابتدایی زیاد در نیمرخ (ایجاد ناحیه شکمی در ناحیه عمق کم که در اکثر مناطق زیر نیمرخ طبیعی قرار می گیرد) باعث می شود که خطای پیش بینی نسبت به معادله دین کمی قابل توجه باشد.

دین با سهمی در نظر گرفتن نیمرخ تعادلی ساحل با توجه به ماهیت نیمرخ های تابستانی و زمستانی ساحل و نیز اعمال پارامتر اندازه متوسط ذرات بستر در معادله پیشنهادی خود، بهترین نیمرخ تعادلی را برای سواحل ماسه ای ترسیم نموده است. با توجه به نمودارهای ارائه شده، مشاهده می شود که معادله تعادلی دین با تمامی سواحل ماسه ای به خصوص پنج منطقه انزلی، دستک، نمک آبرود، محمود آباد و لاریم هماهنگی بسیاری دارد و ماهیت سهمی شکل این سواحل را به نحوی متناسب و قابل قبول پیش بینی می کند.

با توجه به مقایسه نیمرخ های تعادلی با هم و نیز با نیمرخ طبیعی سواحل ماسه ای جنوبی دریای خزر و همچنین بررسی عوامل تاثیر گذار در هر یک از معادلات نیمرخ تعادلی ساحل، مشاهده می شود که بهترین و نزدیک ترین معادله تعادلی با نیمرخ سواحل طبیعی، معادله تعادلی دین و کومار است که می توان از آن در حوزه علم مهندسی سواحل و همچنین طراحی های سازه های دریایی در نواحی جنوبی دریای خزر بهره برد.