

الحمد لله الرحمن الرحيم



دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی

توسعه معادلات نیمرخ ساحلی برای نیمرخ های

چند پشته ای در سواحل جنوبی دریای خزر

نگارنده: فاطمه قنبری

استاد راهنما:

دکتر مهدی عجمی

بهمن ۱۳۹۷

پدر و مادرم

مهربان فرشتگانی که لفظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن،
عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگی، مدیون حضور سبز آنهاست.

تقدیر و تشکر:

حال که در سایه الطاف ایزد منان، نگارش و تدوین پایان نامه به اتمام رسیده، شایسته است که سخن خویش را با سپاس گزاری و یاد نیک از یکایک استادان و بزرگوارانی که در این مرحله از گذر علم و دانش اندوزی روشنگر راهم بودند، آغاز نمایم.

برخود لازم می دانم مراتب قدرشناسی خود را تقدیم اساتید ارجمندم جناب آقایان دکتر مهدی عجمی (استاد راهنما) و مهندس سهیل عطایی حسن کیاده (استاد مشاور) نمایم که در به ثمر رساندن این تحقیق با راهنمایی ها و مشاوره خود مرا مورد لطف قرار دادند.

همچنین از کلیه کسانی که در مراحل مختلف انجام این تحقیق به نحوی مرا یاری نمودند، خالصانه تشکر و قدردانی نمایم و از خداوند منان توفیق این عزیزان را خواستارم.

تعهد نامه

اینجانب فاطمه قنبری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران-گرایش سواحل، بنادر و سازه های دریایی دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه توسعه معادلات نیمرخ ساحلی برای نیمرخ های چند پشته ای در سواحل جنوبی دریای خزر تحت راهنمایی دکتر مهدی عجمی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

نیمرخ های عرضی سواحل ماسه ای نقش بهینه ای در تحلیل و طراحی مناطق بندری اعم از بنادر تجاری و ماهیگیری دارند، زیرا نیمرخ عرضی روند تغییرات عمق را در این محدوده مشخص می کند. این منطقه فعال معمولاً از خط ساحل تا نقطه ای در دور از ساحل که حرکت رسوب ناشی از موج موثر کوچک است، امتداد می یابد. معادلاتی که از سال های ۱۹۸۰ تا کنون در تعیین پارامتر های مهم مربوط به طراحی سازه های دریایی نظیر آبشکن ها، اسکله ها، دیوار های ساحلی و لوله های کف دریا که از منطقه ساحل عبور می کنند، بدست آمده است، همواره دارای خطاهایی بوده است که این امر باعث ایجاد ریسک طراحی بالاتر و در نتیجه آن هزینه های گزافی می شود.

در این تحقیق نیمرخ های عرضی سواحل جنوبی دریای خزر با توجه به داده های اندازه گیری شده توسط مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر مورد بررسی قرار گرفته و نوع نیمرخ های عرضی و تعداد پشته های آن تعیین می شود. در ادامه با توجه به داده های موجود و آنالیز رگرسیون و الگوریتم بهینه سازی TLBO، معادلات متغیر های هندسی نیمرخ عرضی که دارای کمترین خطا می باشند به عنوان معادلات منطبق بر نیمرخ های عرضی دریای خزر ارائه می شوند.

براساس نتایج بدست آمده، رفتار نواحی ساحلی دریای خزر ماهیتی طوفانی با ساحل فرسایشی دارد که امکان شکل گیری نیمرخ های چند پشته ای (سه پشته) در آن بسیار بالا است و پارامترهای هندسی نیمرخ های عرضی شامل فاصله ابتدای اولین پشته تشکیل شده تا خط ساحل و عمق آن، فاصله تاج مرتفع ترین پشته تا خط ساحل و عمق آن، فاصله انتهایی آخرین پشته تشکیل شده تا خط ساحل و عمق آن، حجم مرتفع ترین پشته و حجم کل پشته های تشکیل شده با استفاده از آنالیز رگرسیون و الگوریتم بهینه سازی TLBO با کمترین مقادیر خطا بدست آمده است.

کلید واژه: نیمرخ عرضی ساحل، نیمرخ عرضی طوفانی، پشته، شکل هندسی، دریای خزر، رگرسیون،

TLBO

مقالات برگرفته شده از پایان نامه:

1-Ghanbari, F., Adjami, M., Ataei, S.,2018,"An investigation on the formation of submerged bar's under waves in the Caspian sea costal region coastal region", The 13th International Conference on Coast, Ports and Marine Structures (ICOPMAS 2018),Tehran, Iran.

2- Ghanbari, F., Adjami, M., Ataei, S.,2018, " An investigation of Geometric shape on the formation of submerged bar's in the Caspian sea coastal region", International Journal of Coastal & Offshore Engineering,(IJCOE) (ارسال شده- در مرحله داوری)

فهرست مطالب

فصل ۱ (تعاریف و کلیات).....	۱
۱-۱ - مقدمه	۲
۲-۱ - معرفی نواحی ساحلی	۲
۳-۱ - پارامترهای موثر در تغییر شکل بستر سواحل	۵
۴-۱ - دریای خزر	۹
۵-۱ - سوالات و فرضیه های پژوهش	۱۰
۶-۱ - ضرورت	۱۱
۷-۱ - اهداف و روش تحقیق	۱۱
۸-۱ - تحقیقات گذشته	۱۲
۹-۱ - ساختار پایان نامه و روند بررسی و تحلیل موضوع	۱۳
فصل ۲ (مروری بر تحقیقات انجام شده و اطلاعات منطقه مورد مطالعه).....	۱۵
۱-۲ - مقدمه	۱۶
۲-۲ - تحقیقات گذشته	۱۷
۳-۲ - تعیین و اندازه گیری پارامترهای هیدرودینامیکی دریای خزر	۳۱
۴-۲ - جمع بندی	۳۴
فصل ۳ (تعیین نوع و بررسی عوامل موثر بر شکل هندسی نیمرخ عرضی و مقایسه معادلات ارائه شده در گذشته).....	۳۷
۱-۳ - مقدمه	۳۸
۲-۳ - تعیین نوع نیمرخ های عرضی سواحل دریای خزر	۳۸
۳-۳ - بررسی تاثیر عوامل موثر بر پارامترهای هندسی نیمرخ های عرضی	۴۰
۴-۳ - تحلیل معادلات ارائه شده توسط سایر محققین در سواحل دریای خزر	۴۵

۵۰	۳-۵- جمع بندی
۵۳	فصل ۴ (تحلیل نیمرخ های عرضی سواحل دریای خزر)
۵۴	۴-۱- مقدمه
۵۴	۴-۲- آنالیز رگرسیون
۵۵	۴-۲-۱- رگرسیون خطی
۵۶	۴-۲-۲- رگرسیون غیر خطی
۵۷	۴-۳- معرفی الگوریتم بهینه سازی TLBO
۶۱	۴-۳-۱- مراحل الگوریتم TLBO
۶۲	۴-۴- آنالیز نیمرخ های عرضی توسط رگرسیون و الگوریتم بهینه سازی TLBO
۷۱	۴-۵- جمع بندی
۷۳	فصل ۵ (نتیجه گیری و پیشنهادات کار)
۷۴	۵-۱- نتیجه گیری
۷۶	۵-۲- پیشنهادات ادامه کار
۷۹	پیوست ها
۸۷	منابع
۸۸	مراجع فارسی
۹۰	مراجع انگلیسی

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱- جزئیات قسمت های مختلف ناحیه ساحلی (برگی، ۱۳۹۴) ۳
- شکل ۱-۲- پیش بینی پیشروی آب دریا بر اثر افزایش سطح آب در حالت مد حداکثر و شرایط طوفانی (اتحادیه دانشمندان نگران، ۲۰۱۳) ۸
- شکل ۱-۳- نمودار تغییرات تراز سطح آب دریای خزر از سال ۱۸۴۰ تا ۲۰۰۶ میلادی..... ۹
- شکل ۱-۴- روند بررسی و تحلیل موضوع پایان نامه ۱۴
- شکل ۱-۲- نیمرخ عرضی طوفانی و نمایش پارامترهای هندسی آن ۱۸
- شکل ۲-۲- نیمرخ عرضی (سو، ۱۹۹۸) ۲۰
- شکل ۳-۲- نیمرخ عرضی (گونایدن و کابداسلی، ۲۰۰۳ و ۲۰۰۵) ۲۱
- شکل ۴-۲- نیمرخ عرضی (کومارسی و همکارانش، ۲۰۰۷) ۲۳
- شکل ۲-۵- نیمرخ عرضی طوفانی ارائه شده توسط از لور (۲۰۰۷)..... ۲۴
- شکل ۲-۶- فلوم آزمایش تشکیل نیمرخ عرضی (دمیرسی و همکارانش ۲۰۱۱)..... ۲۶
- شکل ۲-۷- نیمرخ عرضی (ازلو و همکارانش ۲۰۱۴) ۲۷
- شکل ۲-۸- روندجابجایی پشته ها در طی ۶ ماه در بخش های شمالی و جنوبی بندر والنسیا..... ۲۹
- شکل ۲-۹- مقایسه ضرایب R^2 و MAPE بدست آمده از ANN با معادلات بدست آمده..... ۳۰
- شکل ۲-۱۰- نواحی مورد مطالعه (عطایی و همکاران، ۲۰۱۸)..... ۳۲
- شکل ۲-۱۱- نیمرخ های عرضی مناطق مورد مطالعه؛ الف: انزلی، ب: دستک، پ: نمک آبرود، ت: محمودآباد، ث: لاریم، ج: میانکاله (مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، ۲۰۱۶)..... ۳۴
- شکل ۱-۳- پارامتر های هندسی نیمرخ ساحلی ۴۰
- شکل ۲-۳- نمودار مقایسه پارامتر های بی بعد شده نیمرخ ساحلی با نسبت تیزی موج ۴۲
- شکل ۲-۳- نمودار مقایسه پارامتر های بی بعد شده نیمرخ ساحلی با نسبت تیزی موج (ادامه) ۴۳
- شکل ۳-۳- نمودار مقایسه پارامتر های بی بعد شده نیمرخ ساحلی با نسبت $\frac{H_0}{S}$ (ادامه)..... ۴۴
- شکل ۱-۴- توزیع چگالی احتمال نمرات دانش آموزان ۵۸

- شکل ۴-۲- توزیع چگالی احتمال نمرات دانش آموزان (مرحله آموزش)..... ۵۹
- شکل ۴-۳- نمودار چگالی احتمال نمرات دانش آموزان (مرحله یادگیری)..... ۵۹
- شکل ۴-۴- نمودار چگالی احتمال نمرات دانش آموزان (مرحله یادگیری)..... ۶۰
- شکل ۴-۵- مراحل الگوریتم TLBO..... ۶۱
- شکل ۴-۶- پارامترهای هندسی نیمرخ ساحلی..... ۶۳
- شکل ۴-۷- مقایسه منطبق ترین معادلات بدست آمده از معادلات قبلی با معادلات بدست آمده در این تحقیق..... ۷۰
- شکل ۴-۷- مقایسه منطبق ترین معادلات بدست آمده از معادلات قبلی با معادلات بدست آمده در این تحقیق (ادامه)..... ۷۱

فهرست جدول ها

جدول ۲-۱- پارامترهای اندازه گیری شده از سواحل جنوبی دریای خزر (سازمان بنادر و دریانوردی ۲۰۱۶، عطایی و همکارانش ۲۰۱۶).....	۳۲
جدول ۳-۱- دسته بندی نیمرخ های عرضی و تعداد پشته ها	۳۹
جدول ۳-۲- پارامترهای هندسی نیمرخ های عرضی.....	۴۱
جدول ۳-۳- مقادیر محاسبه شده پارامتر $X_{b,stormy}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$	۴۶
جدول ۳-۴- مقادیر محاسبه شده پارامتر $X_{b,normal}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$	۴۶
جدول ۳-۵- مقادیر محاسبه شده پارامتر $h_{b,stormy}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$	۴۷
جدول ۳-۶- مقادیر محاسبه شده پارامتر $h_{b,stormy}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$	۴۷
جدول ۳-۷- مقادیر محاسبه شده پارامتر $X_{t,stormy}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$	۴۷
جدول ۳-۸- مقادیر واقعی و محاسبه شده پارامتر $X_{t,normal}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$	۴۷
جدول ۳-۹- مقادیر واقعی و محاسبه شده پارامتر $h_{t,stormy}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$	۴۸
جدول ۳-۱۰- مقادیر واقعی و محاسبه شده پارامتر $h_{t,normal}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$	۴۸
جدول ۳-۱۱- مقادیر واقعی و محاسبه شده پارامتر $X_{s,stormy}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$	۴۸
جدول ۳-۱۲- مقادیر واقعی و محاسبه شده پارامتر $X_{s,normal}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$	۴۸
جدول ۳-۱۳- مقادیر واقعی و محاسبه شده پارامتر $h_{s,stormy}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$	۴۹
جدول ۳-۱۴- مقادیر واقعی و محاسبه شده پارامتر $h_{s,normal}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$	۴۹
جدول ۳-۱۵- مقادیر واقعی و محاسبه شده پارامتر $V_{T,stormy}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$	۴۹
جدول ۳-۱۶- مقادیر واقعی و محاسبه شده پارامتر $V_{T,normal}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$	۴۹
جدول ۴-۱- ضرایب بدست آمده از بهینه سازی رگرسیون خطی.....	۶۴
جدول ۴-۲- ضرایب بدست آمده از بهینه سازی رگرسیون توانی.....	۶۶

فهرست علامت های اختصاری

پارامتر	واحد	تعریف پارامتر
B_0	–	پارامتر تعیین تعداد پشته
b_i	–	ضرایب معادله رگرسیون
C	–	پارامتر تعیین نوع پروفیل
D_{50}	m	اندازه متوسط ذرات رسوبی
D_{BW}	m	تفاوت عرض سواحل
E	–	خطای مطلق
g	m/s^2	شتاب گرانش (ثقل) زمین
H_0	m	ارتفاع موج در آب عمیق
H_b	m	ارتفاع شکست موج
H_m	m	متوسط ارتفاع موج
$H_{0stormy}$	m	ارتفاع موج مشخصه در وضعیت طوفانی
$H_{0normal}$	m	ارتفاع موج مشخصه در وضعیت عادی
h	m	عمق آب
h_b	m	عمق ابتدای اولین پشته تشکیل شده
h_d	m	حداکثر عمق فرسایش
h_m	m	فاصله عمودی خط ساحلی تا نقطه حداکثر فرسایش
h_t	m	عمق تاج مرتفع ترین پشته
h_s	m	عمق انتهای آخرین پشته

پارامتر	واحد	تعریف پارامتر
K	–	شاخص تعیین نوع نیمرخ
L_0	m	طول موج
$L_{0stormy}$	m	طول موج در وضعیت طوفانی
$L_{0normal}$	m	طول موج در وضعیت عادی
L_y	m	طول تپه
,MAPE	–	متوسط خطای نسبی
R^2	–	ضریب تعیین
RMSE	–	خطای جذر میانگین مربعات
S	–	تغییرات تراز آب دریا
T	sec	پریود موج
$T_{0stormy}$	sec	پریود موج در وضعیت طوفانی
$T_{0normal}$	Sec	پریود موج در وضعیت عادی
$\tan \beta$	–	شیب بستر
x_s	m	فاصله عمق پایانی تا خط ساحل
X_b	m	فاصله افقی ابتدای اولین پشته تا خط ساحلی
X_d	m	فاصله افقی از تاج پشته تا عمق پایانی
X_m	m	فاصله افقی خط ساحل تا نقطه حداکثر فرسایش
X_t	m	فاصله افقی تاج مرتفع ترین پشته تا خط ساحلی
X_s	m	فاصله افقی انتهای آخرین پشته تا خط ساحلی

پارامتر	واحد	تعریف پارامتر
x, x_i	–	متغیر های مستقل خطی
y, y_i	–	متغیر وابسته
ε	–	خطای تصادفی
β_i	–	ضریب متغیر مستقل در معادلات رگرسیون خطی
S	–	مجموع مربعات انحراف ها
V_f	m/s	سرعت ته نشینی رسوبات
V_H	m^3	حجم مرتفع ترین پشته
V_T	m^3	حجم کل پشته های تشکیل شده
Z_B	m	ارتفاع پشته
ℓ_{tc}	m	فاصله مرکز جرم پشته تا ابتدای پشته
ξ	–	عدد اربین
ξ_i	–	متغیر های مستقل غیر خطی
$\theta_{H_{max}}$	deg	زاویه موج با ارتفاع حداکثر
θ_i	–	ضریب متغیر مستقل در معادلات رگرسیون غیر خطی
Δ	–	درصد خطای نسبی

فصل ۱

تعاریف و کلیات

۱-۱ - مقدمه

بیش از ۹۰ درصد سواحل دنیا ماسه ای هستند. نیمرخ های عرضی^۱ سواحل ماسه ای نقش بهینه ای در تحلیل و طراحی مناطق بندری اعم از بنادر تجاری و ماهیگیری دارند زیرا نیمرخ عرضی تعیین کننده رفتار دریا در محدوده ساحلی خواهد بود و روند تغییرات عمق را در این محدوده مشخص می کند. این منطقه فعال معمولاً از پرتگاه ساحلی، تپه ساحلی یا خط سازه تا نقطه ای در دور از ساحل که حرکت رسوب ناشی از موج موثر کوچک است، امتداد می یابد. اطلاعات مربوط به مقطع ساحلی برای درک و توصیف فرآیند ها اهمیت زیادی دارند. پوش کلی تغییرات فصلی نیمرخ بستر را باید به عنوان مثال برای طراحی سازه های دریایی نظیر آبشکن ها، اسکله ها، دیوارهای ساحلی و لوله های کف دریا که از منطقه ساحلی عبور می کنند و همینطور برای طراحی پروژه های بازیابی ساحل، تعریف کرد. شیب ساحل، جنس بستر دریا، جریان های دریایی، تغییرات تراز آب دریا، انتقال رسوب، امواج و باد از جمله عواملی هستند که نیمرخ های عرضی را تحت تاثیر قرار می دهند.

۱-۲ - معرفی نواحی ساحلی

شکل ۱-۱ مقطع ساحلی تقریباً ایده آل را نشان می دهد. خط ساحلی یعنی محل تلاقی خشکی و دریا، جایی که در معرض حمله امواج، جزر و مد و بادهای قرار می گیرد و خشکی برای مقابله با این حملات و اتلاف انرژی دریا به نحوی واکنش نشان می دهد. در واقع خط ساحل، محدوده پس کرانه^۲ را شامل می شود که تقابل خشکی و دریا در این ناحیه در طول سال بسیار زیاد است.

به ناحیه ای که از ابتدای خط ساحل با مرز خشکی آغاز می شود و تا ناحیه عمق پایانی^۳ ادامه پیدا می کند، وجه ساحل^۴ گفته می شود. در این ناحیه بیشترین فعل و انفعالات ساحلی و اتلاف انرژی و جابجایی رسوبی رخ می دهد. به عمقی از آب دریا که بعد از آن فعل و انفعالات رسوبی رخ نمی دهد و

^۱ Cross shore profiles

^۲ Backshore

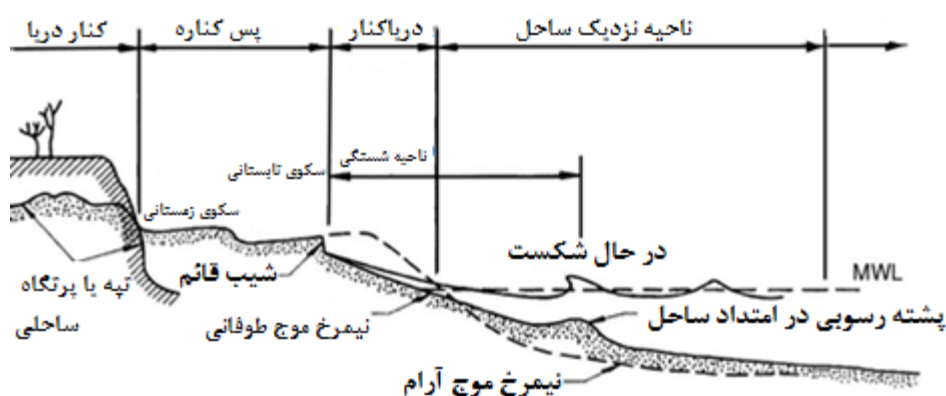
^۳ Closure depth

^۴ Shore face

مرز بین وجه ساحل با ناحیه دور از ساحل است، را عمق پایانی می نامند. این عمق با افزایش ارتفاع و پرید موج، افزایش می یابد (لشته نشایی و غبرایی، ۱۳۸۵).

به منطقه شکست موج^۱ تا ابتدای وجه ساحل از سمت دریا، ناحیه زوال موج^۲ می گویند؛ در این ناحیه موج پس از شکست با از دست دادن انرژی به ساحل نزدیک می شود. به ناحیه ای که موج مرده بر روی ساحل حرکت رفت و برگشتی را انجام می دهد، ناحیه شستگی^۳ یا دریا کنار^۴ گفته می شود.

ناحیه نزدیک ساحل^۵، به ناحیه ای اطلاق می شود که از عمق پایانی آغاز می گردد و تا ابتدای ناحیه شستگی از سمت دریا پیش می رود؛ در واقع امواج در این محدوده می شکنند.



شکل ۱-۱- جزئیات قسمت های مختلف ناحیه ساحلی (برگی، ۱۳۹۴)

با حرکت موج به سمت ساحل به دلیل کاهش عمق، انتقال رسوب افزایش می یابد؛ بنابراین در نزدیکی ساحل یک شیروانی با شیب تندتر دیده می شود. خط چین ها در شکل ۱-۱ نیمرخی را تعریف می کنند، که در این نوع نیمرخ ها انتقال رسوب به سمت ساحل به نحوی ادامه پیدا می کند که رسوبات به بالا ترین ناحیه ساحلی حمل می شوند و ایجاد تپه^۶ تابستانی می کنند. در این شرایط شیب ساحل به سمت دریا تندتر خواهد بود. نیمرخ هایی که بر اثر امواج در شرایط طوفانی شکل

^۱ Breaker zone

^۲ Surf zone

^۳ Swash zone

^۴ Foreshore

^۵ Nearshore

^۶ Berm

می گیرند را نیمرخ های طوفانی^۱ یا زمستانی می گویند (خط پر)؛ در این نوع نیمرخ ها به دلیل ماهیت وحشی امواج، رسوبات فرصت رسیدن به ناحیه پسرانه را به طور کامل بدست نمی آورند و فقط مقدار کمی از رسوبات به شکل تپه زمستانی در این ناحیه انباشته می شوند و اکثر رسوبات به شکل پشته^۲ در محدوده شکست امواج انباشته خواهند شد، که براساس یافته های دالی^۳ (۱۹۸۷)، شکل گیری پشته ها ارتباط زیادی به شکست امواج داشته و در هر یک از حالت های شکست موج از جمله ریزشی یا شیرجه ای، امکان شکل گیری پشته وجود دارد. در واقع در پی شکست امواج، با فرسایش بستر بعد از شکست و انباشت رسوبات قبل از شکست موج، پشته ها تشکیل می شوند. در ادامه با شکل گیری مجدد موج و شکست دوباره موج پشته های دیگری شکل گرفته و نیمرخ های عرضی چند پشته ای به وجود می آیند. هندسه پشته های رسوبی نزدیک ساحل و وسعت آن به طور دقیقی پاسخ به عملکرد موج غالب می باشد. به گونه ای که با امواج بلندتر، پشته به طرف دریا حرکت می کند و اندازه پشته رسوبی نیز بزرگتر خواهد شد؛ اما در حالت امواج بسیار کوچکتر، پشته رسوبی تشکیل نخواهد شد (برگی، ۱۳۹۴).

حال با توجه به وضعیت نیمرخ های عرضی سواحل، در وضعیت امواج آرام نیمرخ های عرضی به شکل ساده تری تشکیل می شوند و عمدتاً به صورت سهمی هستند که به این گونه نیمرخ ها، نیمرخ های تعادلی^۴ می گویند. اما در وضعیت امواج بلند همانطور که در بالا ذکر شد، به دلیل انرژی زیاد در موج های پیش رونده^۵ و شکست امواج و تخلیه انرژی زیاد، پشته هایی در ناحیه شکست^۶ ایجاد می شود. بنابراین در این نوع از نیمرخ های عرضی در حالت تعادل یک یا چند پشته به وجود می آید که به این نوع نیمرخ ها، نیمرخ های عرضی تعادلی - طوفانی^۷ می گویند.

^۱ Winter profile

^۲ Bar

^۳ Dally

^۴ Equilibrium profile

^۵ Propagation waves

^۶ Breaker zone

^۷ Erosional-equilibrium cross shore profile

در اکثر نقاط ساحلی، امواج طوفانی غالباً در ماه های زمستان روی داده و امواج آرام تر در تابستان اتفاق می افتد. بنابراین عناوین نیمرخ های تابستانی^۱ و زمستانی اغلب جهت تعریف دو نوع نیمرخ بستر بکار می رود. 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. نیمرخ های ساحلی در طبیعت تحت اثر شرایط هیدرودینامیکی^۲ متغیر، به صورت پیوسته تغییر شکل می دهند؛ خصوصاً در نواحی که این شرایط تغییرات زیادی داشته باشند، یک نیمرخ متعادل هرگز تشکیل نمی شود. از این جهت بسیار دشوار است که بتوان رابطه دقیق و واقعی بین وضعیت هندسی نیمرخ در طبیعت و شرایط امواج تعیین نمود.

۱-۳- پارامترهای موثر در تغییر شکل بستر سواحل

سواحل به طور پیوسته در معرض هجوم امواج قرار داشته، بنابراین نیمرخ عرضی آنها به صورت متناوب در حال تغییر می باشند؛ 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^۳ بستر دریا می باشد. امواج 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 انتقالات رسوبات ساحلی در مجاورت سواحل می باشد.

^۱ Summer profile

^۲ Hydrodynamic conditions

^۳ Topography

شرایط زمین شناسی^۱ بر روی اندازه ذرات و طبیعت بستر دریا اثر می گذارد. منابع تامین رسوب بر روی ویژگی های ساحل نقش موثری دارند؛ برای تشکیل ساحل باید به مقدار کافی رسوب وجود داشته باشد تا بر اثر امواج تجمع یابد. نوع رسوب، براساس اندازه رسوب و نوع کانی دسته بندی می شود. معمولاً سواحل از ذرات ریز تا متوسط ماسه^۲ (در عرض جغرافیایی کم تا متوسط) یا شن^۳ (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 چگالی ۲/۶۵ می باشند. به جز سواحل سنگی، در اکثر سواحل شنی و ماسه ای قطردانه های بستر، در حدود ۰/۱ تا ۱ میلی متر 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). هر چه ساحل درشت دانه تر باشد، شیب آن تندتر خواهد بود (برگی، ۱۳۹۴).

موج همراه با رسوب اساسی ترین نیاز برای تشکیل ساحل می باشد. با افزایش پریود موج، نوع ساحل دستخوش تغییر می گردد؛ همچنین، انرژی موج که موجب تغییر ساحل می گردد، تابعی از پریود 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^۴ (۱۹۹۵) نشان دادند که وقتی محدوده جزر و مد افزایش می یابد، عرض ساحل زیادتر و شیب ساحل کمتر می گردد.

از دیگر عوامل موثر بر تغییر شکل نیمرخ های ساحلی، انواع جریان های دریایی می باشند؛ به دلیل متفاوت بودن توپوگرافی مناطق ساحلی، الگوهای جریان های نزدیک ساحل پیچیده هستند. جریان های ساحلی می توانند تحت تاثیر عوامل مختلفی شکل بگیرند. به طور کلی از عوامل اصلی که در به

^۱ Geological Boundary Conditions

^۲ sand

^۳ Shingle

^۴ Masselink G. and Black K.P.

وجود آمدن جریان های ساحلی نقش دارند می توان به شکست امواج، نوسانات جزر و مدی، باد و امواج محلی اشاره نمود. این مجموعه جریان ها علاوه بر پتانسیل انتقال رسوب، بر الگوی پخش آلودگی در نواحی نزدیک ساحل نیز موثر هستند (چگینی، ۱۳۹۰، عطایی آشتیانی و همکاران، ۱۳۸۴).

الف) جریان های موازی با ساحل^۱: عامل اصلی ایجاد این نوع جریان ساحلی، شکست امواج و تاثیر باد های محلی است. شدید ترین مقدار این نوع جریان ها در بخش داخلی ناحیه شکست موج رخ می دهد و با حرکت به سمت دور از ساحل، به سرعت از شدت آن کاسته می شود. به طور کلی این نوع جریان ها سرعتی در حدود ۰/۳ متر بر ثانیه یا کمتر دارند؛ همچنین تغییرات سرعت جریان در عمق برای اینگونه جریان ها ناچیز می باشد (چگینی، ۱۳۹۰).

ب) جریان های عمود بر ساحل^۲: مولفه سرعت جریان عمود بر ساحل که حاصل از شکست امواج است، دلیل اصلی به وجود آمدن جریان های عمود بر ساحل می باشد. بر خلاف امواج موازی با ساحل، تغییرات سرعت برای جریان های عمود بر ساحل در راستای عمق قابل صرف نظر کردن نیست (چگینی، ۱۳۹۰).

ج) جریان های بازگشتی^۳: جریان های بازگشتی، جریان های قوی با عرض کم و رو به دریا هستند که در ناحیه شکست شکل می گیرند. این جریان ها در واقع حرکت برگشتی آبی هستند که تحت تاثیر امواج وارد شده به ناحیه شکست و امواج ناشی از باد، در منطقه کرانه ساحلی انباشته شده و بار دیگر به سمت دریا باز می گردند. این گونه جریان ها اغلب به صورت دوره ای در امتداد عمود بر خط ساحل ایجاد می شوند (چگینی، ۱۳۹۰).

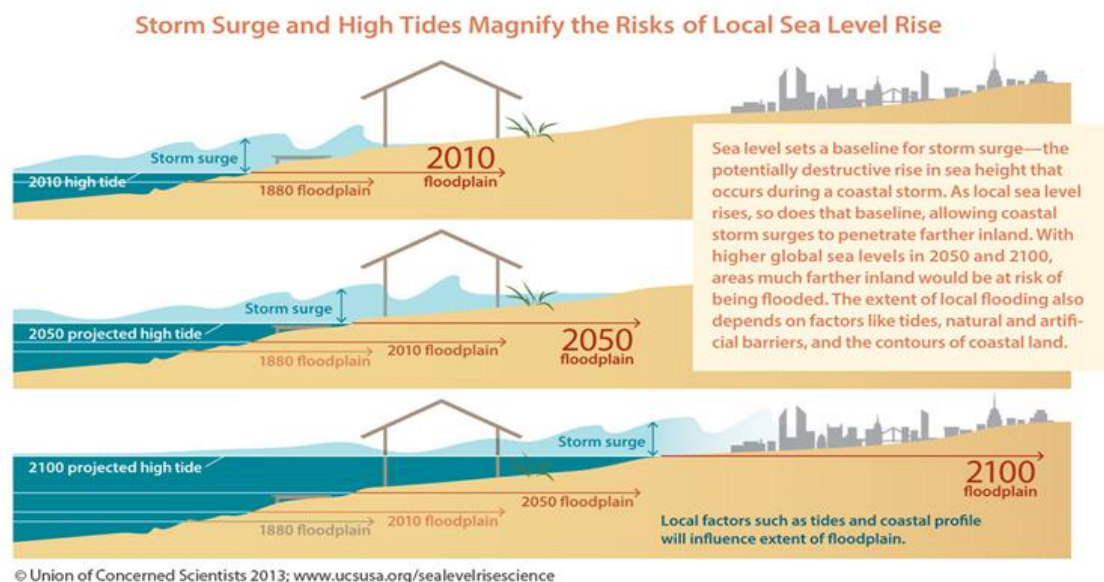
^۱ Longshore currents

^۲ Cross shore currents

^۳ Rip current

وزش باد و سرعت آن عامل دیگری جهت تغییرات بستر و انتقال رسوبات است. باد های ساحلی موجب انتقال رسوبات نهشته های بادی^۱ شده و ممکن است تپه های ماسه ای که به عنوان منبع ایجاد ساحل بکار می روند را از بین ببرند و یا بر حجم آن بیافزایند.

با توجه به عواملی نظیر گرمای هوا و روند ذوب شدن یخ های قطبی که باعث افزایش سطح تراز آب دریا^۲ می شوند، می توان به صورت شماتیک این پیشروی را برای سال های ۲۰۱۰ و ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ میلادی در شکل ۱-۲، برای آب های آزاد مشاهده کرد؛ در این شکل اثرات مد حداکثری و طوفان نیز لحاظ شده است.



شکل ۱-۲- پیش بینی پیشروی آب دریا بر اثر افزایش سطح آب در حالت مد حداکثر و شرایط طوفانی (اتحادیه دانشمندان نگران^۳، ۲۰۱۳)

با غرقاب شدن نیمرخ در اثر افزایش نسبی سطح تراز متوسط دریا، که همراه با انتقال ماسه به دور از ساحل می باشد، نیمرخ عرضی بازآرایی شده و موقعیت سطح تراز متوسط در وجه ساحل به سمت خشکی جابجا می گردد، که این امر باعث عقب نشینی در خط ساحلی می شود (برگ، ۱۳۹۴).

^۱ Dune

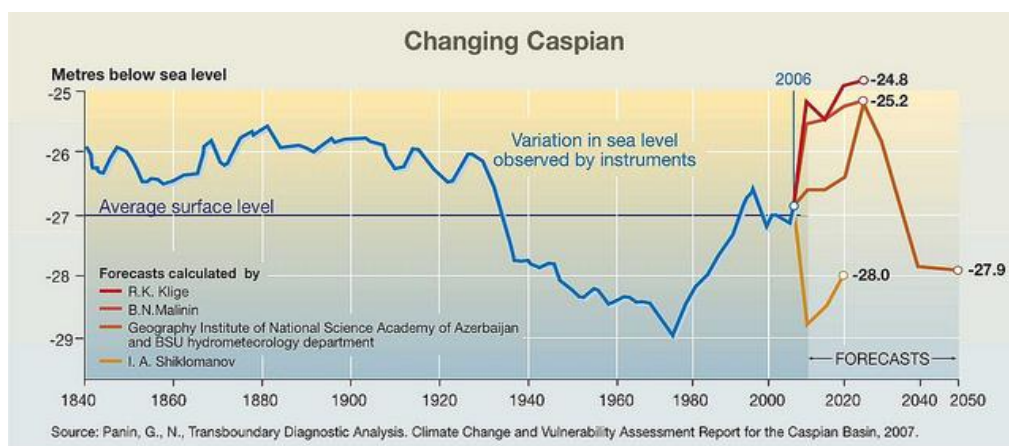
^۲ Level Rise

^۳ Union of concerned scientists

۴-۱- دریای خزر^۱

دریای خزر به عنوان بزرگترین آبگیر بسته کره زمین است. طول آن ۱۲۰۰-۱۰۳۹ کیلومتر و عرض آن ۴۳۵ کیلومتر می باشد. وسعت آن ۳۷۸-۳۹۰ هزار کیلومتر مربع و حجم آب آن ۷۶-۷۸ هزار کیلومتر مکعب که برابر ۴۴ درصد ذخیره آب دریاچه های جهان است. ایران در ناحیه جنوبی این دریاچه بزرگ قرار دارد. دریای خزر در حقیقت دریاچه ای بسیار بزرگ است که با آب های آزاد در ارتباط نیست، البته در سال های اخیر روسیه از طریق رودخانه ولگا^۲ و ایجاد کانال ولگا، این دریاچه را از طریق دریای سیاه به آب های آزاد مرتبط کرده است. اصلی ترین منبع ورودی آب به دریای خزر از طریق رودخانه ها، از جمله رودخانه ولگا است که در حدود ۸۰ درصد آب های ورودی به دریای خزر از آن رودخانه تامین می شود. بیشترین عمق دریای خزر در حدود ۱۰۲۵ متر است و در مجموع عمیق ترین نواحی این دریا نزدیک به سواحل ایران است؛ همچنین تراز متوسط سطح آب دریای خزر ۲۷ متر زیر سطح آب های آزاد است (شاهینی، ۱۳۸۵).

بر طبق بررسی های انجام گرفته در گذشته، تغییرات سطح آب دریای خزر مورد مطالعه قرار گرفته است که این بررسی توسط نموداری در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.



شکل ۱-۳- نمودار تغییرات تراز سطح آب دریای خزر از سال ۱۸۴۰ تا ۲۰۰۶ میلادی (پانین، ۲۰۰۷)

^۱ Caspian sea

^۲ Volga

^۳ Panin G.N.

بر اساس نمودار شکل ۱-۳ و همچنین مطالعات صورت گرفته می توان چرخه تغییرات سطح تراز آب دریای خزر را مورد بررسی قرار داد. از سال ۱۹۳۳ تا ۱۹۴۰ میلادی، سطح تراز آب دریای خزر چیزی در حدود ۲ متر پایین آمد و سپس این روند تا سال ۱۹۷۷ میلادی با نرخ کمتری (در حدود ۳ سانتی متر در هر سال) ادامه پیدا کرد. از سال ۱۹۷۸ میلادی، سطح تراز آب دریای خزر با نرخ متوسط ۱۲ سانتی متر در هر سال شروع به افزایش کرد، که این روند صعودی تا سال ۱۹۹۳ میلادی ادامه پیدا کرد، در واقع در طی ۱۵ سال چیزی در حدود ۱/۸ متر بالا آمد (کازناوا و همکارانش^۱، ۱۹۹۷). با توجه به نمودار شکل ۱-۳، واضح است که در سال های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۰ میلادی، تراز سطح آب دریای خزر در حدود ۵۰ سانتی متر کاهش یافته و بین سال های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۶ میلادی تقریباً ثابت باقی مانده است. نوسانات تراز آب دریا یکی از عوامل مهم در تغییر شکل هندسی نیمرخ های عرضی می باشد.

۱-۵- سوالات و فرضیه های پژوهش

اندازه گیری نیمرخ های عرضی در طول منطقه فعال فرآیند های ساحلی در مطالعات مهندسی سواحل از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا نیمرخ عرضی، تعیین کننده رفتار دریا در محدوده ساحل خواهد بود و روند تغییرات عمق را در این محدوده مشخص می کند. نیمرخ های عرضی در اثر طوفان های دریایی دچار تغییرات بسیاری می شوند و با توجه به شدت طوفان ها این تغییرات متفاوت خواهد بود.

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

^۱ Cazenava A.

سوالات مطرح شده در این زمینه :

- امواج و ارتفاع آنها چه اثری بر شکل گیری پشته ها دارد؟
- جریان های ساحلی در شکل گیری و از بین رفتن پشته های رسوبی چه نقشی را ایفا می کنند؟
- اندازه ذرات بستر چه نقشی بر انتقال رسوب ساحلی و شکل گیری پشته ها دارند؟
- چه عواملی باعث ایجاد چند پشته در نیمرخ های ساحلی می شود؟
- ارتفاع این پشته ها به چه میزانی می باشد؟ و این ارتفاع با نزدیک شدن به ساحل افزایش می یابد یا خیر؟

۱-۶- ضرورت

با توجه به پیش بینی ها و برآوردهای انجام گرفته در خصوص افزایش سطح آب های آزاد و همچنین تغییر تراز سطح آب دریای خزر، این امر الزامی است که در مورد عواملی نظیر تغییرات نیمرخ ساحلی، نرخ انتقال رسوب و ... که از این موضوع تاثیر پذیر هستند، بررسی های کامل و علمی به عمل آید تا در جهت برآورد مسایل و مشکلات احتمالی بوجود آمده در زمینه های توریستی، تفریحی، از جمله ساحل سازی ها و محدوده های شنا و همچنین اقتصادی و حمل و نقل، از جمله نگهداری، بهسازی و بهره برداری سازه ها و ابنیه موجود و ساخت بنادر جدید و حمل و نقل دریایی در سواحل کشور و نیز مسایل زیست محیطی، اقدامات کامل و جامعی صورت پذیرد.

۱-۷- اهداف و روش تحقیق

در مورد نیمرخ های ساحلی و تغییرات آنها و همچنین تعداد پشته های موجود در این نیمرخ ها، تحقیقاتی در گذشته انجام شده است و پارامتر های مختلفی جهت بررسی بهتر و دقیق تر این تغییرات در معادلات پیش بینی شده اعمال شده است، اما تاکنون در مورد تعیین پارامتر های هندسی نیمرخ های چند پشته ای و جا نمایی آنها بر روی نیمرخ های ساحلی در سواحل جنوبی دریای خزر

مطالعاتی انجام نشده است. در این تحقیق هدف این است که با بررسی معادلاتی که تا کنون جهت توصیف نیمرخ های ساحلی ارائه شده و با در نظر گرفتن ویژگی های نیمرخ های ساحلی دریای خزر معادلات جدیدی را ارائه داده تا این معادلات بتوانند نیمرخ های ساحلی دریای خزر را با چند پشته تحلیل کنند. این معادلات باید به گونه ای باشند که تغییرات نیمرخ های ساحلی را با دخالت دادن عوامل تاثیر گذار بیشتر، بهتر و دقیق تر پیش بینی کنند. با شناسایی و پیش بینی بهتر رفتار نیمرخ های عرضی، خطا های طراحی سازه های ساحلی از جمله موج شکن ها و بنادر تجاری کاهش خواهد یافت و همچنین باعث صرفه جویی قابل توجهی در هزینه ها خواهد شد.

در این تحقیق ابتدا براساس داده های اندازه گیری شده موجود از سواحل دریای خزر و روابط قبلی بدست آمده، نوع نیمرخ های ساحلی از نظر فرسایشی (طوفانی)، انباشتی (تابستانه) یا تعادلی و تعداد پشته های تشکیل شده بر روی نیمرخ های ساحلی این مناطق تعیین می گردد، سپس با در نظر گرفتن سایر پارامتر های مرتبط و اعمال آن در مدل تحلیلی، سعی خواهد شد که مدل ریاضی دقیق تری با استفاده از روش رگرسیون گیری خطی و غیر خطی^۱ توسط برنامه متلب^۲ ارائه شود و در ادامه با استفاده از داده های میدانی از سواحل نظیر: انزلی، دستک، نمک آبرود، محمود آباد، لاریم و میانکاله، به دلیل اهمیت اقتصاد بندری این شهرها و همچنین نرم افزارهای تخصصی، صحت سنجی ها جهت تایید این مدل توسعه یافته انجام گیرد.

۸-۱- تحقیقات گذشته

در زمینه بررسی نیمرخ های عرضی سواحل محققان زیادی از جمله لارسن^۳، کراس^۴، سیلوستر^۵، سو^۶، پرسوزاک^۷، رزینکس^۱، گونایدین^۲، کابداسلی^۳، اوزلر^۴، کومارسی^۵ و دمیرسی^۶ با استفاده از آنالیزهای

^۱ Linear and Nonlinear Regression

^۲ MATLAB

^۳ Larson M.

^۴ Krous N.C.

^۵ Silvester

^۶ Hsu T.W.

^۷ Pruszek Z.

رگرسیون خطی و غیر خطی و الگوریتم های بهینه سازی روابطی را ارائه دادند و در این زمینه مطالعات آزمایشگاهی و میدانی را انجام دادند. این روابط پاسخ های تغییر شکل عادی سواحل ماسه ای در اثر طوفان در طول سال را با تقریب نسبتاً خوبی پیش بینی می کند؛ جزییات این مطالعات در فصل دو شرح داده شده است.

۹-۱- ساختار پایان نامه و روند بررسی و تحلیل موضوع

در فصل دوم به شرح و توصیف مطالعات انجام شده در گذشته پرداخته شده که معادلات بدست آمده توسط هریک از محققین ارائه و بررسی می شود و در ادامه براساس داده های اندازه گیری شده از شش ناحیه از سواحل جنوبی دریای خزر نیمرخ های عرضی ساحلی آن ارائه شده است.

درفصل سوم براساس داده های اندازه گیری شده و روابط موجود، نوع نیمرخ های ساحلی دریای خزر و همچنین تعداد پشته های موجود در نیمرخ ها تعیین می شود سپس تاثیر عوامل موثر بر پارامتر های هندسی نیمرخ های عرضی سواحل خزر مورد بررسی قرار می گیرد. در ادامه با توجه به پارامترهای هندسی اندازه گیری شده از نیمرخ های عرضی سواحل جنوبی دریای خزر و معادلات ارائه شده توسط محققین قبلی، بهترین معادلات جهت پیش بینی پارامتر های هندسی نیمرخ های عرضی سواحل جنوبی دریای خزر توسط محققین قبلی، تعیین می شود.

در فصل چهارم ابتدا به معرفی آنالیز رگرسیون و روش های حل معادلات رگرسیون و همچنین معرفی و تفسیر عملکرد الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری^۷ (TLBO) به منظور بهینه سازی معادلات رگرسیون پرداخته، سپس با آنالیز رگرسیون خطی چندگانه^۸ و رگرسیون غیرخطی توانی^۹

^۱ Rozynski G.

^۲ Günaydın K.

^۳ Kabdaşlı M.S.

^۴ Ozolcer

^۵ Komurcu M.I

^۶ Demirci .M.

^۷ Teaching Learning Based Optimization

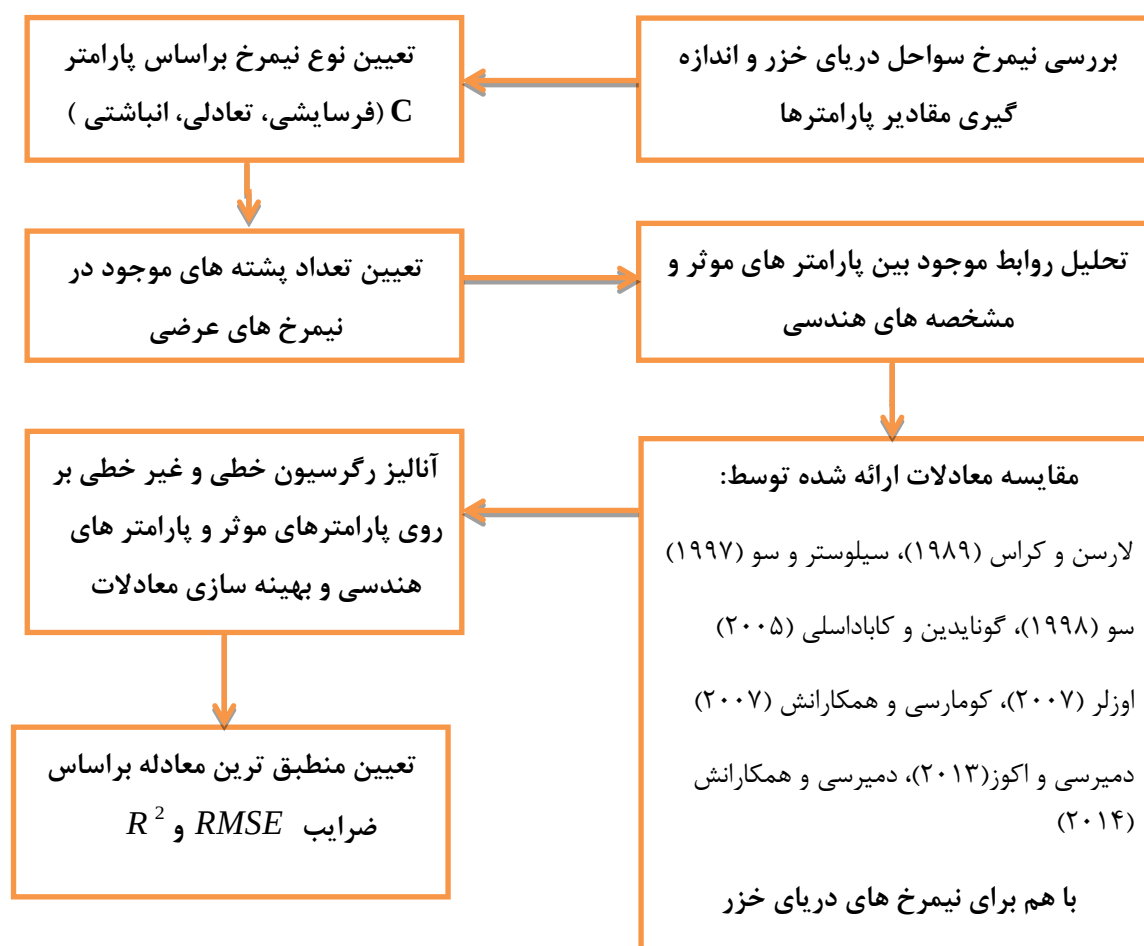
^۸ Multi linear regression

^۹ Power

نمایی^۱ از نتایج بررسی های انجام شده در فصل دو، روابطی را ارائه داده و با مقدار واقعی اندازه گیری شده در سواحل دریای خزر مقایسه می شود و معادله ای که دارای خطای کمتری نسبت به مقدار واقعی باشد، به عنوان منطبق ترین معادله با نیمرخ های عرضی سواحل خزر در نظر گرفته می شود.

در پایان با تحلیل نتایج، به یک ساختار کلی و اجمالی در جهت تعیین معادلات نیمرخ های طوفانی دست یافته و با مقایسه نتایج بدست آمده از معادلات این تحقیق با منطبق ترین معادلات بدست آمده توسط محققین قبلی کارایی و دقت معادلات بدست آمده نشان داده می شود. در شکل ۱-۴ روند بررسی و تحلیل پایان نامه به صورت شماتیک نشان داده شده است.

شکل ۱-۴- روند بررسی و تحلیل موضوع پایان نامه



^۱Exponential

فصل ۲

مروری بر تحقیقات انجام شده و

اطلاعات منطقه مورد مطالعه

۲-۱- مقدمه

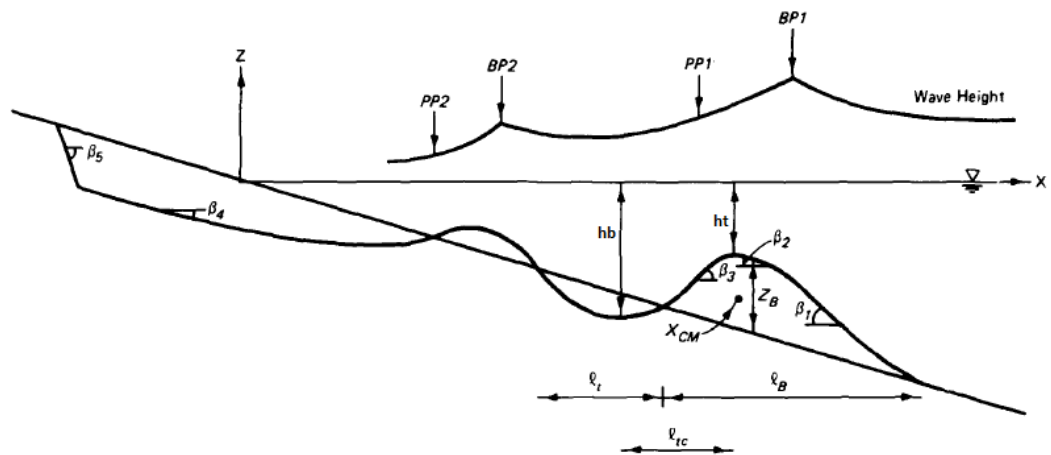
با توجه به اینکه اطلاعات مربوط به مقطع ساحلی برای درک و توصیف فرآیند ها اهمیت زیادی دارند، پوش کلی تغییرات فصلی نیمرخ بستر را باید به عنوان مثال برای طراحی سازه های دریایی نظیر آبشکن ها، اسکله ها، دیوارهای ساحلی و لوله های کف دریا که از منطقه ساحلی عبور می کنند و همینطور برای طراحی پروژه های بازیابی ساحل تعریف کرد. شیب ساحل، جنس بستر دریا، جریان های دریایی، تغییرات تراز آب دریا، انتقال رسوب، امواج و باد از جمله عواملی هستند که نیمرخ های عرضی را تحت تاثیر قرار می دهند. نیمرخ های ساحلی در طبیعت تحت اثر شرایط هیدرولیکی متغیر، به صورت پیوسته تغییر شکل می دهند؛ خصوصا در نواحی که این شرایط تغییرات زیادی داشته باشند، یک نیمرخ متعادل هرگز تشکیل نمی شود. از این جهت بسیار دشوار است که بتوان رابطه دقیق و واقعی بین وضعیت هندسی نیمرخ در طبیعت و شرایط امواج تعیین نمود.

در مورد نیمرخ های ساحلی و تغییرات آنها و همچنین تعداد پشته های موجود در این نیمرخ ها، تحقیقاتی در گذشته انجام شده است. محققان زیادی از جمله لارسن، کراس، سیلوستر، سو، پرسوزاک، رزینکس، گونایدین، کابداسلی، کومارسی، دمیرسی و غیره... با استفاده از آنالیزهای رگرسیون خطی و غیر خطی و الگوریتم های بهینه سازی روابطی را ارائه دادند و در این زمینه مطالعات آزمایشگاهی و میدانی را انجام دادند. این روابط پاسخ های تغییر شکل عادی سواحل ماسه ای در اثر طوفان در طول سال را با تقریب نسبتا خوبی پیش بینی می کند. در این مطالعات پارامتر های مختلفی جهت بررسی بهتر و دقیق تر این تغییرات در معادلات پیش بینی شده اعمال شده است، اما تاکنون در مورد تعیین پارامتر های هندسی نیمرخ های چند پشته ای و جانمایی آنها بر روی نیمرخ های ساحلی در سواحل جنوبی دریای خزر مطالعاتی انجام نشده است.

۲-۲- تحقیقات گذشته

در گذشته محققان زیادی، مطالعاتی را در زمینه مدل سازی نیمرخ های عرضی ساحلی و انتقال رسوبات عرضی، به منظور تعیین پارامترهای نیمرخ های طوفانی انجام داده اند. واتانابل و همکارانش^۱ (۱۹۸۶) به منظور تخمین میزان انتقال رسوبات عرضی، از یک مدل سه بعدی استفاده کردند که نتایج مقایسه این مدل سه بعدی با فرمول بدست آمده از انتقال رسوبات ناشی از موج و جریان نشان می دهد که این دو، تطابق قابل قبولی با یکدیگر دارند. لارسن و کراس (۱۹۸۹) نیمرخ های فرسایشی و انباشتی را مورد مطالعه قرار دادند و پارامترهای $\frac{H_0}{V_f T}$ (سرعت سقوط ذرات بی بعد) و $\frac{H_0}{L_0}$ (تیزی موج) را به عنوان بهترین معیار جهت تعیین نوع نیمرخ های عرضی معرفی کردند؛ سپس پارامترهای هندسی نیمرخ طوفانی شامل حجم پشته تشکیل شده (V_T)، عمق ابتدای پشته (h_b)، ارتفاع پشته (Z_B)، فاصله مرکز جرم پشته تا ابتدای پشته (ℓ_{tc}) و عمق مرتفع ترین پشته (h_t)، را با استفاده از داده های آزمایشگاهی و آنالیز رگرسیون غیر خطی بین مشخصات هندسی و ویژگی های موج و رسوبات بدست آوردند (معادلات ۱-۲ تا ۵-۲). در این معادلات پارامترهایی نظیر H_0 (ارتفاع موج)، H_b (ارتفاع شکست موج)، L_0 (طول موج)، T (پریود موج)، $\tan \beta$ (شیب بستر)، V_f (سرعت سقوط ذرات) و D_{50} (اندازه متوسط ذرات) در نظر گرفته شده اند. شکل ۱-۲ پارامترهای مورد استفاده در این معادلات را نشان می دهد.

^۱ Watanable et al



شکل ۱-۲- نیمرخ عرضی طوفانی و نمایش پارامترهای هندسی آن (لارسن و کراس، ۱۹۸۹)

$$\frac{V_T}{L_0^2} = 0.028 \left(\frac{H_0}{V_f T} \right)^{1.32} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{1.05} \quad (۱-۲)$$

$$h_t = 0.66 H_b \quad (۲-۲)$$

$$\frac{h_b}{h_t} = 2.50 \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{0.092} \quad (۳-۲)$$

$$\frac{Z_B}{L_0} = 0.122 \left(\frac{H_0}{V_f T} \right)^{0.59} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{0.73} \quad (۴-۲)$$

$$\frac{l_{tc}}{L_0} = 0.12 (\tan \beta)^{-0.44} \left[\frac{H_b}{H_0} \right]^{-2.36} \quad (۵-۲)$$

سو و سیلواستر (۱۹۹۷) در مطالعات خود، پارامترهای نیمرخ ساحلی را با استفاده از نتایج آزمایشات

انجام شده و روش رگرسیون غیر خطی، تعیین نمودند. آنها در این معادلات تیزی موج $\left(\frac{H_0}{L_0} \right)$ و

شیب بستر $(\tan \beta)$ را به عنوان عوامل تاثیر گذار در تعیین حجم پشته (V_T) ، X_b (فاصله خط

ساحلی تا ابتدای اولین پشته تشکیل شده)، X_t (فاصله خط ساحلی تا مرتفع ترین پشته) و h_t

(عمق مرتفع ترین پشته) در نظر گرفتند (معادلات ۲-۶ تا ۲-۹).

$$\frac{X_b}{L_0} = \frac{0.96(\frac{H_0}{L_0})}{\tan \beta} \quad (۶-۲)$$

$$\frac{X_t}{L_0} = 0.022 + \frac{1.508(\frac{H_0}{L_0})}{\tan \beta} + 0.14 \left[\frac{(\frac{H_0}{L_0})}{\tan \beta} \right]^2 \quad (۷-۲)$$

$$\frac{h_t}{L_0 \cdot \tan \beta} = 0.0269 + 0.391 \frac{X_t}{L_0} \quad (۸-۲)$$

$$\frac{V_T}{(H_0 L_0)} = 160 \left(\frac{H_0}{L_0} \right) \tan \beta + 11.560 \left[\left(\frac{H_0}{L_0} \right) \tan \beta \right]^2 \quad (۹-۲)$$

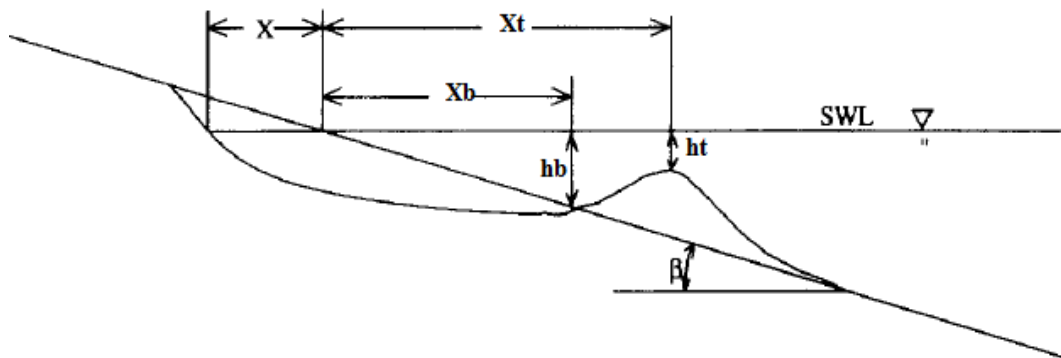
پرسزاک و همکارانش (۱۹۹۷)، ۸۱ نیمرخ ماسه ای چند پشته ای با شیب متوسط در سواحل لهستان در طی سال های ۱۹۶۴ تا ۱۹۹۴ مورد بررسی قرار دادند و ضرایب همبستگی^۱ میان دو پارامتر مختلف برای هر پشته و ضرایب همبستگی میان پارامترهای یکسان برای پشته های مختلف را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کردند. نتایج نشان می دهد که ضریب همبستگی قابل توجهی میان پارامترهای پشته داخلی وجود دارد و ضریب همبستگی میان پارامترهای مشابه در پشته های مختلف با افزایش فاصله از خط ساحلی کاهش می یابد؛ همچنین در طی این بررسی دریافتند که با افزایش فاصله از خط ساحل، عمق آب روی پشته ها همانند عمق آب نیمرخ میانگین، افزایش یافته که این تغییرات را به وسیله معادله دین^۲ توصیف نمودند. سو (۱۹۹۸) مطالعات آزمایشگاهی را جهت تعیین پارامترهای هندسی نیمرخ طوفانی انجام داد. او در این آزمایشات ۲ شیب بستر و ۲ زاویه برخورد و چندین موج با تیزی مختلف را در نظر گرفت و با استفاده از آنالیز رگرسیون و عدد اربین^۳ (ξ) که خود ارتباط میان شیب بستر، زاویه شکست و تیزی موج را مشخص می کند (معادله ۲-۱۰)، رابطه تجربی ای را برای تعیین مشخصات هندسی نیمرخ طوفانی در نظر گرفت (معادلات ۲-۱۱ تا ۲-۱۳).

^۱ Correlations coefficient

^۲ Dean

^۳ Iribarren number

شکل ۲-۲ نمایی از نیمرخ عرضی طوفانی در نظر گرفته شده توسط سو (۱۹۹۸)، جهت تعیین پارامترهایی هندسی را نشان می دهد.



شکل ۲-۲- نیمرخ عرضی (سو، ۱۹۹۸)

$$\xi_0 = \frac{\tan \beta}{\sqrt{\frac{H_0}{L_0}}} \quad (10-2)$$

$$\frac{X_b}{L_0} = 0.19 \xi_0^{-1.42} \quad (11-2)$$

$$\frac{X_t}{L_0} = 0.4 \xi_0^{-1.12} \quad (12-2)$$

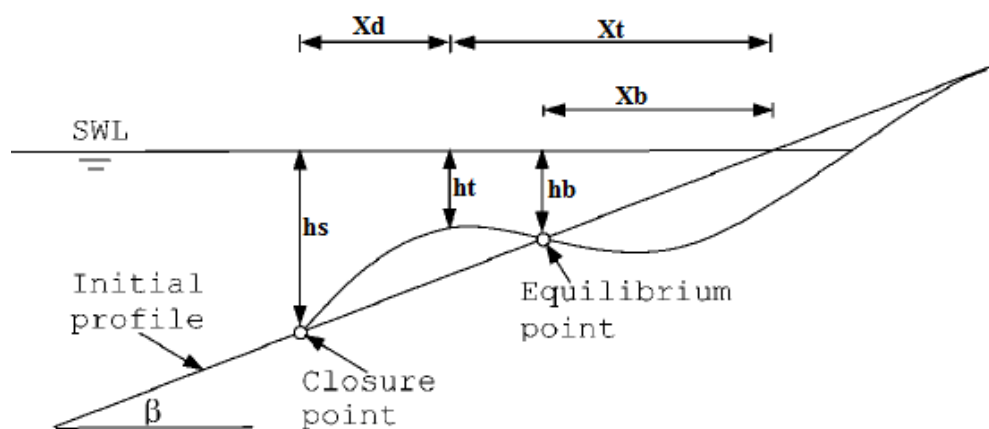
$$\frac{h_b}{L_0} = 0.15 \xi_0^{-1.02} \quad (13-2)$$

رزینسکی (۲۰۰۳) به بررسی تغییرات بستر در سواحل لهستان که ساحلی با شیب ملایم، فاقد جزر و مد، موج غالب و چند پشته ای می باشد، پرداخت. او در این بررسی از دو روش توابع متعامد تجربی^۱ (EOF) و روش همبستگی کانونی^۲ (CCA) استفاده کرد؛ در نهایت با تعامل و ارتباط نتایج این دو ارزیابی به یک مدل فیزیکی به منظور توصیف پدیده ها و فرآیندها دست پیدا نمود. گونایدن و کابداسلی (۲۰۰۳) مطالعات آزمایشگاهی را جهت تعیین پارامترهای ساحل فرسایشی انجام دادند. آنها

^۱ Empirical Orthogonal Functions

^۲ Analysis Canonical Correlation

در طی این آزمایش، شیب بستر و قطر ذرات را به طور یکسان در نظر گرفتند و امواج را به صورت منظم و نا منظم در فلوم های آزمایشگاه تولید نمودند. با رگرسیون گیری خطی از این پارامترها که توسط تئوری π بی بعد شده بودند، یک رابطه تجربی برای هر یک از حالات موج یعنی منظم، نا منظم و ترکیبی از این دو حالت را ارائه دادند و با مقایسه ضریب همبستگی آنها به بی تاثیر بودن حالت های موج در تعیین پارامترهای ساحل فرسایشی پی بردند. گونایدن و کابداسلی (۲۰۰۵) با استفاده از نتایج آزمایش قبلی به منظور تعیین پارامترهای هندسی پشته های تشکیل شده، معادلاتی را با استفاده از آنالیز رگرسیون ارائه دادند و آن را با معادلات ارائه شده توسط سو و سیلوستر (۱۹۹۷) مقایسه نمودند (معادلات ۲-۱۴ تا ۲-۱۹). شکل ۲-۳ پارامترهای مورد استفاده در معادلات بدست آمده را نشان می دهد.



شکل ۲-۳- نیمرخ عرضی (گونایدن و کابداسلی، ۲۰۰۳ و ۲۰۰۵)

$$X_t = 64.966(m \sqrt{\frac{H_0}{L_0}})^{1.6754} L_0 \quad (2-14)$$

$$h_t = 3.2041(m \sqrt{\frac{H_0}{L_0}})^{1.43} L_0 \quad (2-15)$$

$$X_b = 113.98(m \sqrt{\frac{H_0}{L_0}})^{1.9762} L_0 \quad (2-16)$$

$$h_b = 11.87(m\sqrt{\frac{H_0}{L_0}})^{1.7626} L_0 \quad (17-2)$$

$$h_s = 102.33(m\sqrt{\frac{H_0}{L_0}})^{1.1813} L_0 \quad (18-2)$$

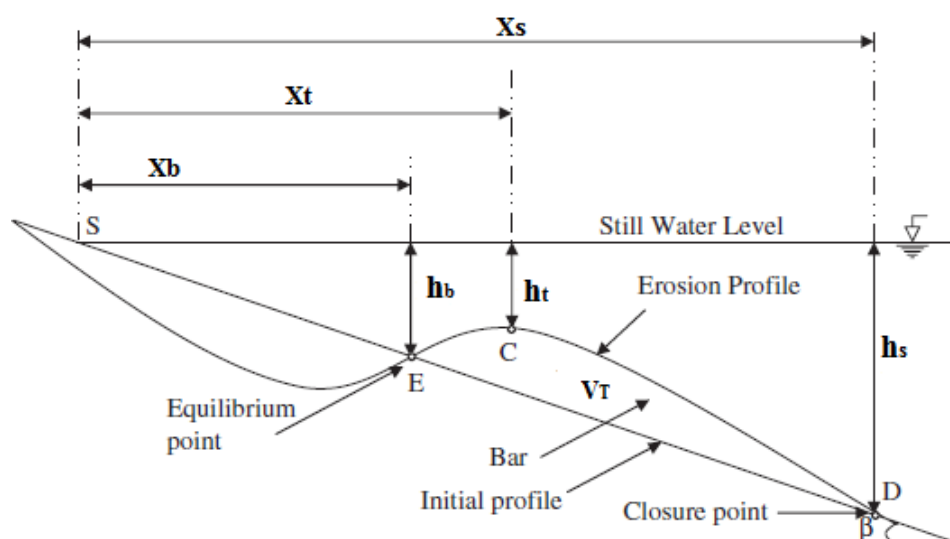
$$X_d = 1.3716(m\sqrt{\frac{H_0}{L_0}})^{0.9275} L_0 \quad (19-2)$$

همچنین آنها در این تحقیق تاثیر نوع موج بر روی پارامترها را مورد بررسی قرار دادند و با مقایسه ضرایب همبستگی آنها به این نتیجه رسیدند که نوع موج بر روی پارامترهای h_t (عمق آب بر روی پشته) و X_d (فاصله افقی از تاج پشته تا عمق پایانی) نسبت به پارامترهای X_t (فاصله افقی خط ساحلی تا روی پشته) و h_s (عمق پایانی) تاثیر بیشتری دارد. همچنین به این نتیجه رسیدند که معادلات جدید با معادلات ارائه شده توسط سو و سیلوستر (۱۹۹۷) در وضعیت موج های منظم، دارای ضریب همبستگی بالایی می باشند.

کومارسی و همکارانش (۲۰۰۷) مطالعات آزمایشگاهی جهت به دست آوردن پارامترهای پشته انجام دادند. این پارامترها شامل نقطه ای که پشته در آن به تعادل می رسد (X_b)، محل تاج پشته (h_t, X_t)، نقطه ای که رسوبات شروع به حرکت می کنند (X_s) و مقدار حجم پشته تشکیل شده (V_T) می باشد. آنها برای به دست آوردن این پارامترها از آنالیز رگرسیون غیر خطی استفاده کردند و معادلات بی بعد و با بعدی از دو نوع تابع رگرسیون چندگانه هایپربولیک^۱ و رگرسیون چندگانه توانی^۲ ارائه دادند (معادلات ۲-۲۰ تا ۲-۲۴) و در نهایت با مقایسه این معادلات با معادلات قبلی و نتایج آزمایشات، به منطبق ترین معادله رسیدند. شکل ۲-۴ نیمرخ طوفانی ارائه شده توسط کومارسی و همکارانش (۲۰۰۷) را نشان می دهد.

^۱ Multiple hyperbolic regressions

^۲ Multiple power regressions



شکل ۲-۴- نیمرخ عرضی (کومارسی و همکارانش، ۲۰۰۷)

(

$$\frac{X_b}{L_0} = -0.5803 + \exp(0.6508 - 11.471 \tan \beta + 9.0126 \frac{H_0}{L_0} + 0.0347 \frac{H_0}{V_f T}) \quad (20-2)$$

$$X_s = 0.7151 \tan \beta^{-0.6804} T^{0.5947} H_0^{0.4864} D_{50}^{-0.1404} \quad (21-2)$$

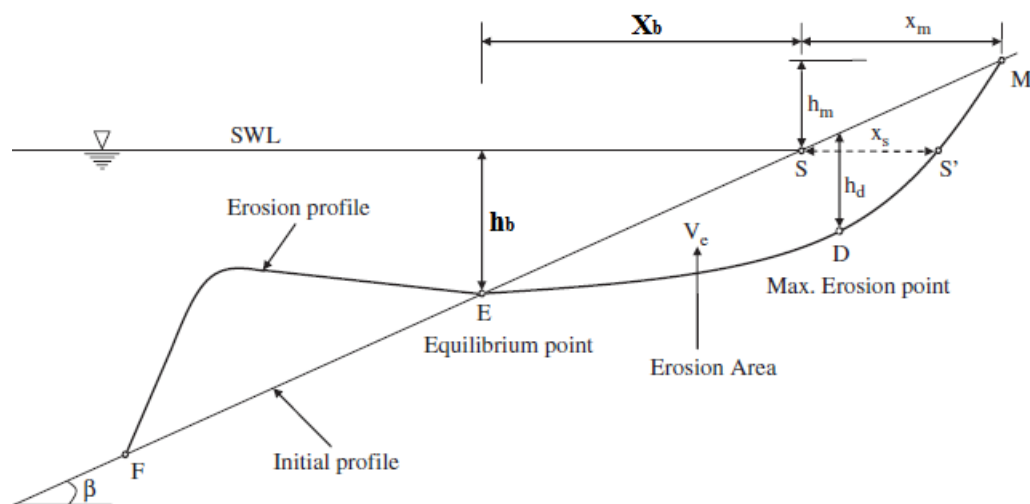
$$X_t = -1.9728 + \exp(1.9311 - 13.127 \tan \beta + 0.2706 T + 3.4662 H_0 - 1008.5 D_{50}) \quad (22-2)$$

$$h_t = 0.0101 \tan \beta^{-0.6489} T^{0.8542} H_0^{0.6807} D_{50}^{-0.2267} \quad (23-2)$$

$$V_T = -0.160 + \exp(-2.1033 - 0.2414 \tan \beta + 0.4698 T + 4.3243 H_0 - 1286.4 D_{50}) \quad (24-2)$$

ازلور (۲۰۰۷) انتقال رسوبات عرضی و تغییر شکل نیمرخ طوفانی ساحل را مورد مطالعه قرار داد. او با انجام ۵۴ آزمایش تحت امواج منظم و تحلیل رگرسیون خطی و غیر خطی، معادلاتی را بر حسب شیب ($\tan \beta$)، دوره تناوب (T)، ارتفاع موج (H_0) و اندازه ذرات بستر (D_{50})، بدست آورد. او از معادلات خطی و توانی و نمایی در تحلیل رگرسیون جهت تعیین فاصله عمودی خط ساحلی تا نقطه حداکثر فرسایش (h_m)، فاصله افقی خط ساحل تا نقطه حداکثر فرسایش (X_m)، حداکثر عمق فرسایش (h_d)، عمق ابتدای اولین پشته تشکیل شده (h_b) و حجم پشته (V_T) تشکیل شده استفاده کرد و نتایج بدست آمده از این معادلات و نتایج بدست آمده از معادلات قبلی را توسط متوسط خطای

نسبی (MAPE) بدست آمده از معادله مقایسه کرد تا بهترین معادله جهت انطباق با نتایج آزمایشگاهی را تعیین کند (معادلات ۲-۲۵ تا ۲-۲۹). شکل ۲-۵ نیمرخ عرضی ارائه شده توسط ازلور را نشان می دهد.



شکل ۲-۵- نیمرخ عرضی طوفانی ارائه شده توسط ازلور (۲۰۰۷)

$$\frac{h_m}{L_0} = 11.287 \tan \beta^{1.877} \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{0.477} \left(\frac{H_0}{V_f T}\right)^{0.156} \quad (25-2)$$

$$h_d = 0.048 \tan \beta^{0.614} T^{0.512} H_0^{0.62} D_{50}^{-0.37} \quad (26-2)$$

$$h_b = -3.064 + \exp(1.17 - 0.39 \tan \beta + 0.005T + 0.39H_0 - 91.605D_{50}) \quad (27-2)$$

$$X_m = 0.156 \tan \beta^{0.859} T^{0.378} H_0^{0.546} D_{50}^{-0.553} \quad (28-2)$$

$$V_e = 0.033 \tan \beta^{-0.079} T^{0.77} H_0^{1.282} D_{50}^{-0.435} \quad (29-2)$$

هاشمی و همکارانش^۱ (۲۰۱۰) مطالعاتی را در زمینه پیش بینی تغییرات فصلی در نیمرخ های ساحلی انجام دادند؛ آنها با ارزیابی ۱۹ ایستگاه در سواحل خلیج ترمداک^۲، به مدت هفت سال، داده هایی نظیر

^۱ Hashemi et al.

^۲ Tremodoc gulf

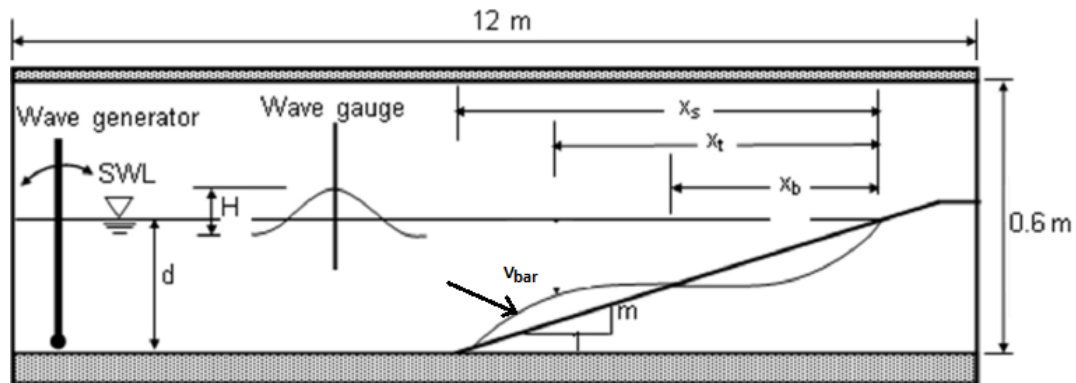
حداقل سرعت باد، جهت وزش باد، تعداد بادهای متوالی، تعداد باد، ارتفاع مشخصه موج، پریود مشخصه موج، جهت موج، زاویه ساحل و مدت زمان طوفان را جمع آوری کرده و از طریق شبکه عصبی مصنوعی^۱ (ANN) به پیش بینی تغییرات فصلی سواحل پرداختند؛ که نتایج نشان می دهد روش شبکه عصبی مصنوعی نسبت به سایر مدل های عددی پرهزینه، دارای دقت بیشتری می باشد و همچنین جهت بهبود نتایج می توان تعداد داده ها را افزایش داد.

دمیرسی و همکارانش (۲۰۱۱) در مطالعات خود انتقال رسوب و تاثیر پارامتر های موثر بر انتقال رسوب را در طی ۶۴ آزمایش مورد بررسی قرار دادند. در این آزمایشات شیب بستر، اندازه متوسط ذرات و پریود موج که توسط دستگاه تولید کننده موج تولید می شود به عنوان متغیر در نظر گرفته شد. با توجه به معادله ارائه شده، هرچقدر میزان تیزی موج ($\frac{H_0}{L_0}$) افزایش یابد، مقدار انتقال رسوبات افزایش می یابد، که در پی آن اندازه و میزان حجم پشته ی ایجاد شده هم افزایش خواهد یافت. علاوه بر آن، با افزایش انتقال رسوبات به سمت دریا میزان فرسایش رسوبات از قسمت جلویی ساحل (پیشانی ساحل) افزایش می یابد و فاصله خط ساحلی تا ابتدا و انتهای پشته بیشتر می شود. آنها همچنین دریافته اند که با حرکت رسوبات به سمت دریا، عمق آب در نقطه شکست به تدریج افزایش می یابد که در اثر آن شیب ساحل در قسمت ناحیه زوال به تدریج افزایش خواهد یافت، در نتیجه با حرکت پشته ها محل شکست هم جابجا می شود. دمیرسی و اکوز^۲ (۲۰۱۲) با استفاده از نتایج آزمایشات قبلی و معادلات رگرسیون خطی و غیرخطی، معادله هایی را به منظور تعیین پارامترهای هندسی مربوط به پشته های تشکیل شده ارائه دادند. پس از بررسی های انجام شده بهترین معادله توسط رگرسیون چندگانه هایپربولیک بدست آمد (معادلات ۲-۳۰ تا ۲-۳۲). سپس آن را با معادلات قبلی که توسط سو ویلوستر (۱۹۹۷)، گونایدن و کابدااسلی (۲۰۰۵) و کومارسی و همکارانش (۲۰۰۷) ارائه شدند، مقایسه کرده و به انطباق بیشتر معادله مورد نظر با معادله ارائه شده توسط سو

^۱ Artificial Neural Network

^۲ Akoz

و سیلستر (۱۹۹۷) رسیدند. شکل ۲-۶ فلوم آزمایش دمیرسی و همکارانش به منظور تعیین پارامترهای هندسی می باشد.



شکل ۲-۶- فلوم آزمایش تشکیل نیمرخ عرضی (دمیرسی و همکارانش ۲۰۱۱)

$$\frac{X_b}{D_{50}} = 4.416 \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{1.21} \tan \beta^{-0.865} \left(\frac{H_0}{V_f T} \right)^{-1.68} \left(\frac{H_0}{D_{50}} \right)^{1.14} \quad (30-2)$$

$$\frac{X_t}{D_{50}} = 7.34 \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{1.4} \tan \beta^{-0.823} \left(\frac{H_0}{V_f T} \right)^{-2.27} \left(\frac{H_0}{D_{50}} \right)^{1.16} \quad (31-2)$$

$$\frac{X_s}{D_{50}} = 5.18 \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{1.56} \tan \beta^{-0.925} \left(\frac{H_0}{V_f T} \right)^{-2.50} \left(\frac{H_0}{D_{50}} \right)^{1.29} \quad (32-2)$$

دمیرسی و همکارانش (۲۰۱۳) همانند مطالعه انجام شده توسط دمیرسی و اکوز (۲۰۱۲) جهت تعیین حجم پشته تشکیل شده، مراحل قبل را تکرار کرده و به نتایج مشابه دست یافتند و معادله ۲-۳۳ را ارائه دادند.

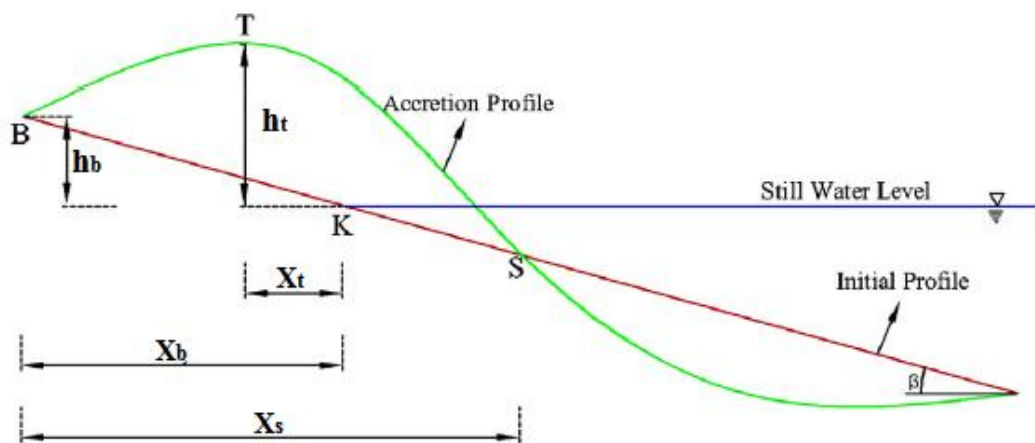
$$\frac{V_T}{D_{50}^2} = 0.268 \tan \beta^{-0.430} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{3.63} \left(\frac{H_0}{V_f T} \right)^{-5.73} \left(\frac{H_0}{D_{50}} \right)^{3.12} \quad (33-2)$$

کومارسی و همکارانش (۲۰۱۳) روابطی را برای تعیین پارامترهای پشته، با انجام ۸۰ آزمایش و با استفاده از شبکه عصبی^۱ (NN) ارائه دادند. در این مطالعه پارامترهای شیب بستر، ارتفاع موج، پریود موج و اندازه متوسط ذرات به عنوان ورودی شبکه عصبی لحاظ شدند؛ که در نهایت با مقایسه این

^۱ Neural Network

روابط با روابط قبلی که بر اساس آنالیز رگرسیون به دست آمدند، نشان دادند که روابط به دست آمده از شبکه عصبی تطابق خوبی با نتایج آزمایشگاهی دارد.

ازلو و همکارانش^۱ (۲۰۱۴) جهت تخمین پارامترهای هندسی تپه ها، با انجام آزمایش بر روی ۳۱ نیمرخ ساحلی و با استفاده از رگرسیون غیرخطی و دو الگوریتم بهینه سازی TLBO و ABC^۲ جهت بهینه سازی ضرایب معادلات رگرسیون، معادلاتی را ارائه دادند (معادلات ۲-۳۴ تا ۲-۳۸). الگوریتم TLBO، الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری و الگوریتم ABC، الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر هوش جمعی و رفتار هوشمندانه جمعیت زنبور عسل است که با توجه به نتایج بدست آمده، الگوریتم TLBO نتایج بهتری را نسبت به ABC نشان می دهد. شکل ۲-۷ پارامترهای نیمرخ عرضی مورد استفاده ازلو و همکارانش را نشان می دهد.



شکل ۲-۷- نیمرخ عرضی (ازلو و همکارانش ۲۰۱۴)

$$X_b = 0.1582 + 0.0063 \tan \beta - 0.2255T + 0.5067H_0 + 0.1417D_{50} + 0.2631 \tan \beta T + 0.7936 \tan \beta H_0 - 0.7384 \tan \beta D_{50} + 0.3990TH_0 + 0.0211TD_{50} - 0.5098H_0D_{50} + 0.6826 \tan \beta^2 + 0.2381T^2 - 0.3957H_0^2 + 0.0508D_{50}^2 \quad (2-34)$$

$$X_t = 0.7296 - 1.2487 \tan \beta - 2.6397T + 0.4776H_0 - 0.3335D_{50} - 0.0431 \tan \beta T + 2.0061 \tan \beta H_0 + 0.1372 \tan \beta D_{50} - 0.0399TH_0 + 0.0778TD_{50} - 0.2830H_0D_{50} + 1.4986 \tan \beta^2 + 2.9156T^2 - 0.5239H_0^2 + 0.0375D_{50}^2 \quad (2-35)$$

^۱ Uzlu et al.

^۲ Artificial Bee Colony

$$h_t = 0.2963 - 0.6259 \tan \beta - 0.4331 T - 0.0344 H_0 - 0.1056 D_{50} + 0.6255 \tan \beta T \\ + 0.2719 \tan \beta H_0 + 0.8014 \tan \beta D_{50} + 0.2567 T H_0 + 0.1469 T D_{50} - 0.3022 H_0 D_{50} \quad (36-2) \\ + 0.0922 \tan \beta^2 + 0.3215 T^2 + 0.1120 H_0^2 + 0.0383 D_{50}^2$$

$$\frac{L_y}{L_0} = 0.3587 - 0.3249 \tan \beta + 1.9638 \left(\frac{H_0}{L_0} \right) - 2.2372 \left(\frac{H_0}{V_f T} \right) - 1.5524 \tan \beta \left(\frac{H_0}{L_0} \right) \\ + 1.2826 m \left(\frac{H_0}{V_f T} \right) - 5 \left(\frac{H_0}{L_0} \right) \left(\frac{H_0}{V_f T} \right) + 0.2196 \tan \beta^2 + 1.4509 \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^2 \quad (37-2) \\ + 3.9747 \left(\frac{H_0}{V_f T} \right)^2$$

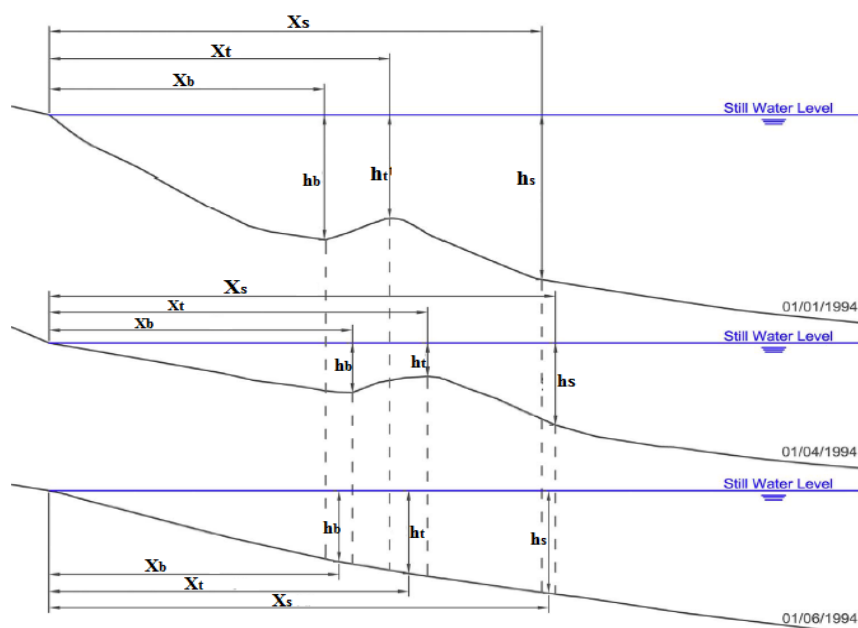
$$\frac{V_T}{L_0^2} = 0.2128 + 1.1713 \tan \beta + 2.4239 \left(\frac{H_0}{L_0} \right) - 2.4623 \left(\frac{H_0}{V_f T} \right) - 0.8016 \tan \beta \left(\frac{H_0}{L_0} \right) \\ - 1.6931 \tan \beta \left(\frac{H_0}{V_f T} \right) - 5 \left(\frac{H_0}{L_0} \right) \left(\frac{H_0}{V_f T} \right) - 0.8521 \tan \beta^2 + 1.0125 \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^2 \quad (38-2) \\ + 4.6584 \left(\frac{H_0}{V_f T} \right)^2$$

دمیرسی و همکارانش (۲۰۱۴) از دو روش، مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و رگرسیون خطی چندگانه^۱ (MLR) جهت پیش بینی حجم پشته ها استفاده کردند. با در نظر گرفتن خطا های این دو روش و مقایسه آن ها با یکدیگر دریافتند رابطه تجربی که MLR ارائه می کند، رابطه ضعیفی را بین داده های ورودی و داده های خروجی ایجاد می کند. در حالی که ANN تخمین بهتر و دقیق تری را جهت تخمین حجم پشته ارائه می کند. چنگ و همکارانش^۲ (۲۰۱۵) بر روی ۱۶۵ محور از ساحل با فاصله تقریبی ۳۰۰ متر در غرب سواحل فلوریدای مرکزی مطالعاتی را انجام داده و از دو مدل نرم افزاری نیمرخ ساحلی unibest-TC و S beach برای دستیابی به تغییرات نیمرخ ساحلی در اثر طوفان استفاده کردند. آنها بیان نمودند که در صورت کالیبراسیون دقیق، مدل unibest-TC در تعیین مسیر حرکت پشته های ماسه ای و مدل S beach در تعیین دقیق میزان فرسایش تپه های ساحلی و همچنین تغییرات خط ساحلی، می تواند کار آمد باشد.

^۱ Multiple Linear regressions

^۲ Cheng et al.

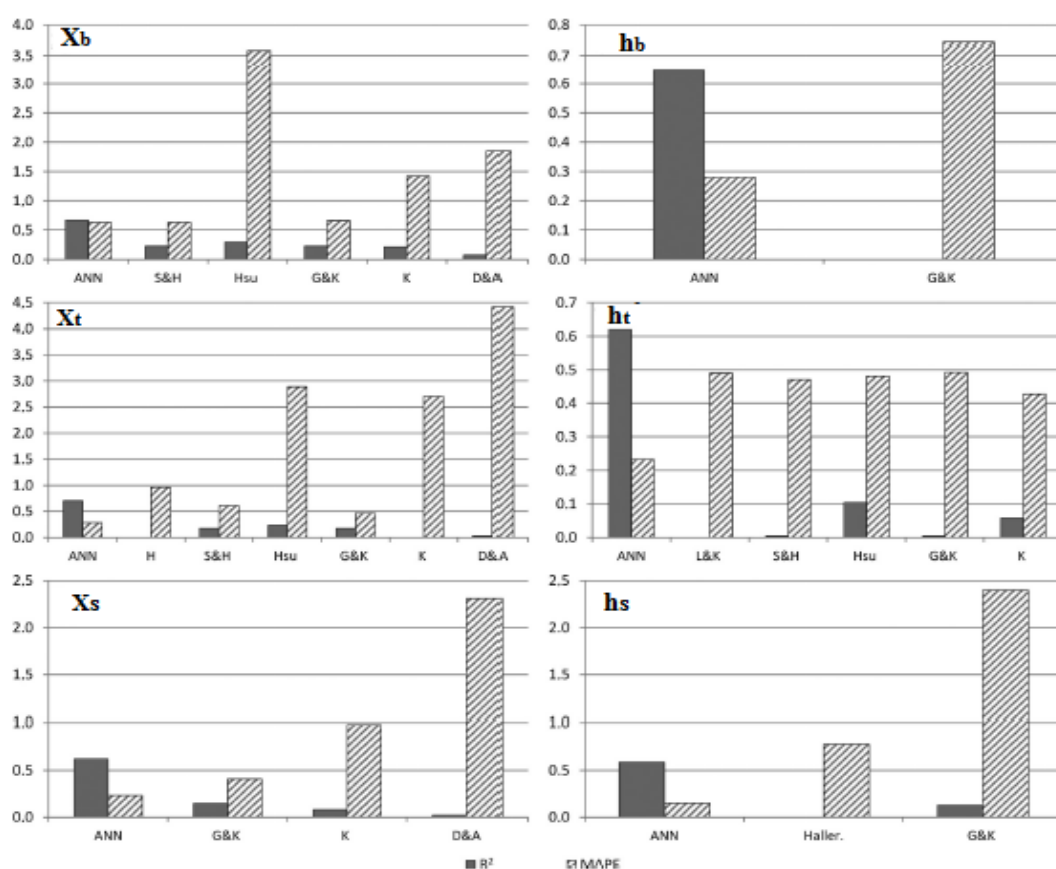
لوپز و همکارانش^۱ (۲۰۱۷) از مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN) جهت پیش بینی پارامترهای پشته تشکیل شده در نیمرخ، شامل فاصله ابتدای پشته تشکیل شده تا خط ساحل و عمق آن نقطه (h_b, X_b) ، فاصله تاج مرتفع ترین پشته تا خط ساحل و عمق آن نقطه (h_t, X_t) و فاصله انتهایی آخرین پشته تشکیل شده تا خط ساحل و عمق آن نقطه (h_s, X_s) ، استفاده کردند. به منظور تعیین این پارامترها از ورودی هایی نظیر ماه، روز، $\frac{H_{max}}{L_0}$ ، $\theta_{H_{max}}$ (زاویه موج با ارتفاع حداکثر)، D_{50} (اندازه قطر رسوبات)، H_m (متوسط ارتفاع موج)، D_{BW} (تفاوت عرض سواحل) استفاده شده است. ورودی های این شبکه عصبی از ۲۰۹ نیمرخ در طی ۲۲ سال از ماه های آپریل تا اکتبر، از بخش های شمالی و جنوبی بندر والنسیا در کشور اسپانیا بدست آمده است. شکل ۲-۷ تغییر شکل های اندازه گیری شده نیمرخ های عرضی و جابجایی محل شکل گیری پشته را در طی ۶ ماه نشان می دهد.



شکل ۲-۸- روند جابجایی پشته ها در طی ۶ ماه در بخش های شمالی و جنوبی بندر والنسیا

^۱ Lopez et al.

جهت ارزیابی عملکرد مدل بدست آمده از ANN از خطاهایی نظیر خطای مطلق^۱ (e) و متوسط خطای نسبی^۲ (MAPE) و درصد خطای نسبی^۳ (δ) استفاده شد، که با مقایسه این مقادیر با مقادیر بدست آمده از روابط محققان قبلی از جمله هوریکاوا^۴ (۱۹۷۳)، هالمیر^۵ (۱۹۷۸)، لارسن و کراس (۱۹۸۹)، سیلوستر و سو (۱۹۹۷)، سو (۱۹۹۸)، گونایدن و کابداسلی (۲۰۰۵)، کومارسی و همکارانش (۲۰۰۷)، دمیرسی و اکوز (۲۰۱۳)، به پایین بودن خطاها در مدل ANN پی بردند. شکل ۸-۲ مقایسه ضرایب R^2 و MAPE بین این معادلات را نشان می دهد.



شکل ۸-۲- مقایسه ضرایب R^2 و MAPE بدست آمده از ANN با معادلات بدست آمده توسط هوریکاوا (H)، هالمیر (Haller)، لارسن و کراس (L&K)، سیلوستر و سو (S&H)، سو (H)، گونایدن و کابداسلی (G&K)، کومارسی و همکارانش (K)، دمیرسی و اکوز (D&A)

^۱ Absolute error

^۲ Average magnitude of relative error

^۳ Relative percentage error

^۴ Horikawa

^۵ Hallermeier

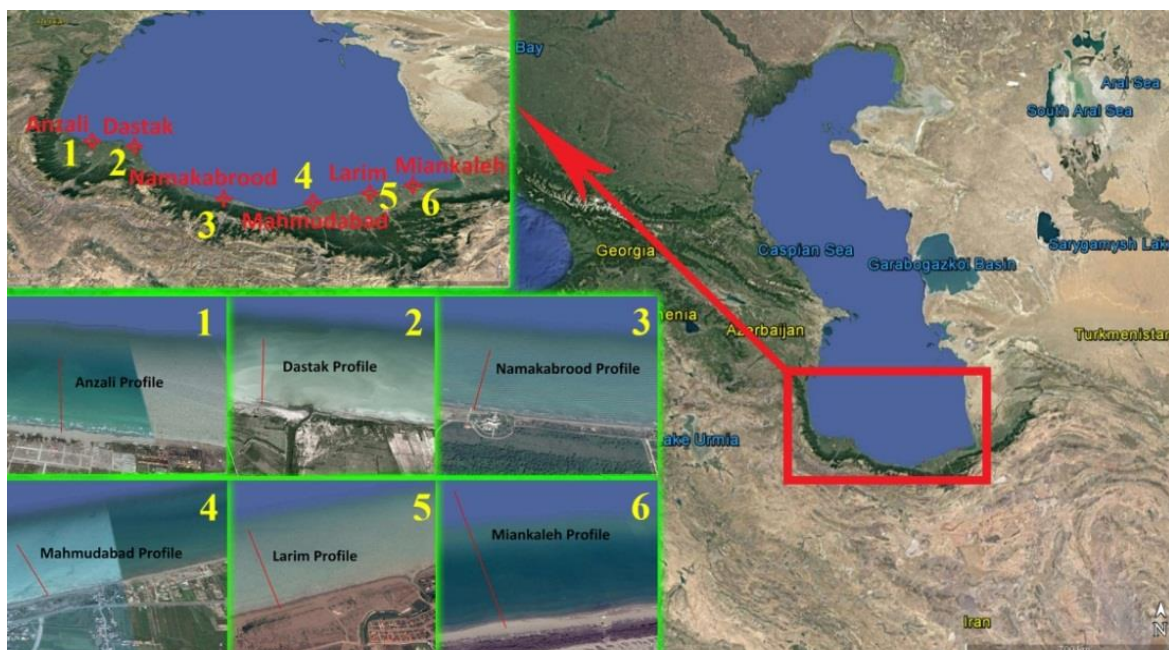
کانکال و همکارانش^۱ (۲۰۱۸) انتقال رسوبات عرضی را توسط ضربی که سرعت به تعادل رسیدن پشته های رسوبی را تعیین می کند، مورد بررسی قرار دادند. آنها برای به دست آوردن این ضریب، از داده های آزمایشگاهی و از مدل های شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند. همچنین از دو الگوریتم بهینه سازی TLBO و ABC جهت بهینه سازی این مدل ها استفاده کردند و در نهایت ضریب سرعت این مدل ها را که آموزش آنها توسط این الگوریتم ها بهینه سازی شده بود، با ضریب سرعت مدل رایج شبکه عصبی مصنوعی مقایسه کردند. نتایج نشان داد که ANN-TLBO و ANN-ABC دارای نتایج دقیق تری نسبت به ANN-BP بوده است.

۳-۲- تعیین و اندازه گیری پارامترهای هیدرودینامیکی دریای خزر

در تحلیل و بررسی سواحل جنوبی دریای خزر، داده های مورد نیاز از مراکز علمی و مطالعاتی کشور شامل سازمان بنادر و دریانوردی^۲ (PMO) و نیز مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر دریافت شده است. در شکل ۲-۱۰، جانمایی نواحی مورد مطالعه نشان داده شده است و در جدول ۲-۱ پارامترهای اندازه گیری شده شامل ارتفاع موج مشخصه در وضعیت عادی ($H_{0,normal}$)، ارتفاع موج مشخصه در وضعیت طوفانی ($H_{0,stormy}$)، طول موج در وضعیت عادی ($L_{0,normal}$)، طول موج در وضعیت طوفانی ($L_{0,max}$)، پریود موج در وضعیت عادی (T_{normal})، پریود موج در وضعیت طوفانی (T_{stormy})، تغییر تراز سطح آب (S)، اندازه متوسط ذرات (D_{50})، شیب بستر ($\tan \beta$)، سرعت ته نشینی رسوبات (V_f) و فاصله عمق پایانی تا خط ساحل (x_s) آمده است.

^۱ Kankal et al

^۲ Ports & Maritime Organization



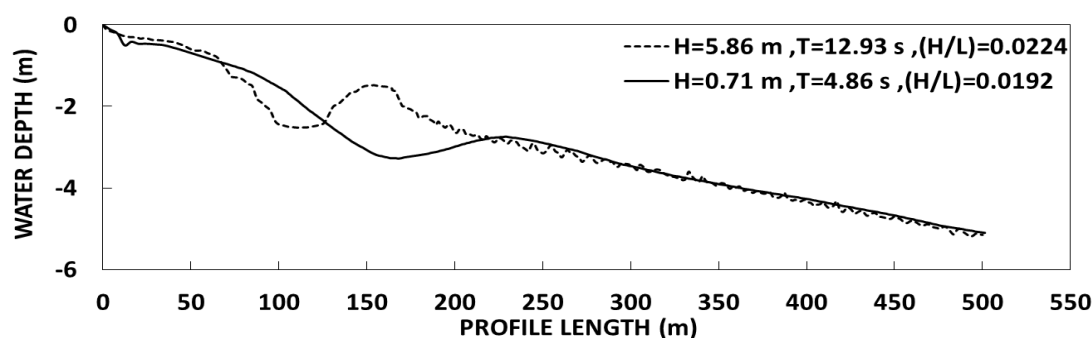
شکل ۲-۱۰- نواحی مورد مطالعه (عطایی و همکاران، ۲۰۱۸)

جدول ۲-۱- پارامترهای اندازه گیری شده از سواحل جنوبی دریای خزر (سازمان بنادر و دریانوردی ۲۰۱۶، عطایی و همکارانش^۱ ۲۰۱۶)

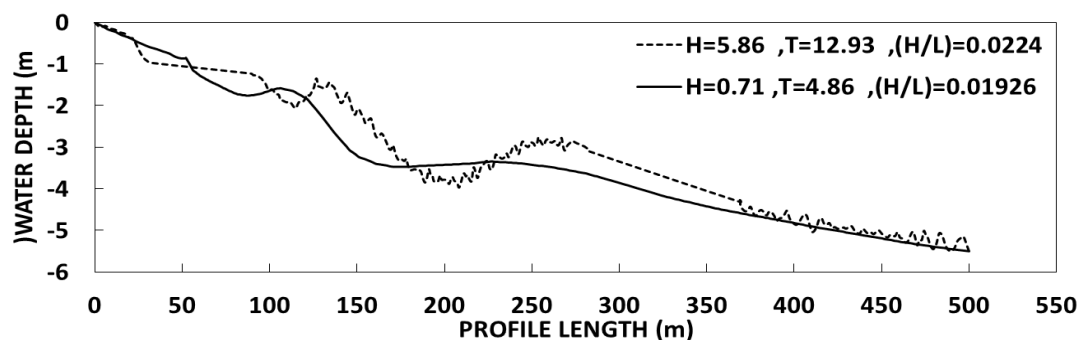
پارامترها	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمود آباد	لاریم	میانکاله
$H_{0stormy}$ (m)	۵/۸۶	۵/۸۶	۶/۳	۶/۳	۵/۳۲	۵/۳۲
$L_{0stormy}$ (m)	۲۶۰/۸۱	۲۶۰/۸۱	۲۷۳/۸۸	۲۷۳/۸۸	۲۲۵/۳۹	۲۲۵/۳۹
T_{stormy} (sec)	۱۲/۹۳	۱۲/۹۳	۱۳/۲۵	۱۳/۲۵	۱۲/۰۲	۱۲/۰۲
$H_{0normal}$ (m)	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۷	۰/۶۷
$L_{0normal}$ (m)	۳۶/۸۵	۳۶/۸۵	۲۸/۱۸	۲۸/۱۸	۳۴/۴۶	۳۴/۴۶
T_{normal} (sec)	۴/۸۶	۴/۸۶	۴/۲۵	۴/۲۵	۴/۷	۴/۷
S (m)	-۰/۱۳۲	-۰/۱۳۲	-۰/۱۳۲	-۰/۱۳۲	-۰/۱۳۲	-۰/۱۳۲
D_{50} (m)	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۱۷
$\tan \beta$	۰/۰۱۱	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵
V_f (m/sec)	۰/۰۲۵۷	۰/۰۲۳۸	۰/۰۳۱۴	۰/۰۲۳۸	۰/۰۲۰۰	۰/۰۲۰۰
x_s (m)	۴۵۴/۴۳۷	۴۵۱/۰۴۴	۳۲۷/۸۵۶	۲۹۶/۸۰۵	۴۵۴/۸۵۸	۸۸۵/۳۶۹

^۱. Ataei et al

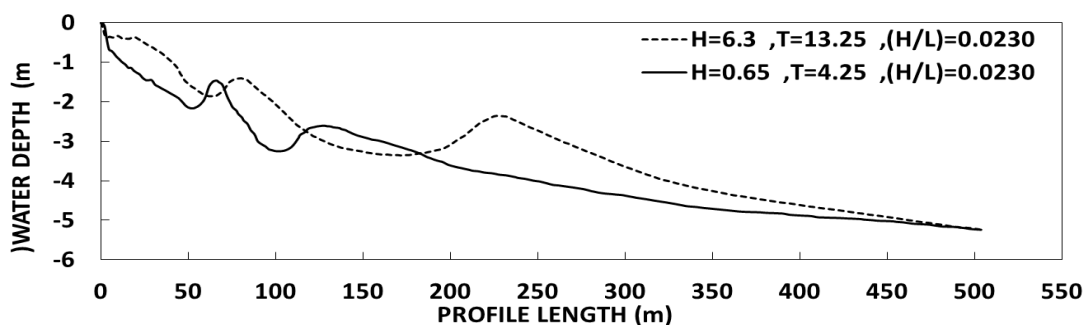
همانطور که در جدول ۱-۲ نشان داده شده است، هر یک از مشخصات هندسی نیمرخ های عرضی در دو وضعیت طوفانی و عادی اندازه گیری شده است. در وضعیت طوفانی، امواج در اثر حالت های مختلف ناشی از باد، تنش بستر، فشار و یا در اثر شتاب گریز از مرکز (کوریولیس) ایجاد می شوند که در این حالت امواج، دارای ارتفاع زیاد و پریود موج بالایی می باشند. در حالی که در وضعیت عادی امواج دارای ارتفاع و پریود کمتری نسبت به حالت طوفانی می باشند (برگی، ۱۳۹۴)؛ در نهایت در شکل ۱-۲، نیمرخ های عرضی نواحی مورد مطالعه با استفاده از داده های اندازه گیری شده که دارای ارتفاع موج، تیزی موج و پریود متفاوت می باشند، نمایش داده شده است.



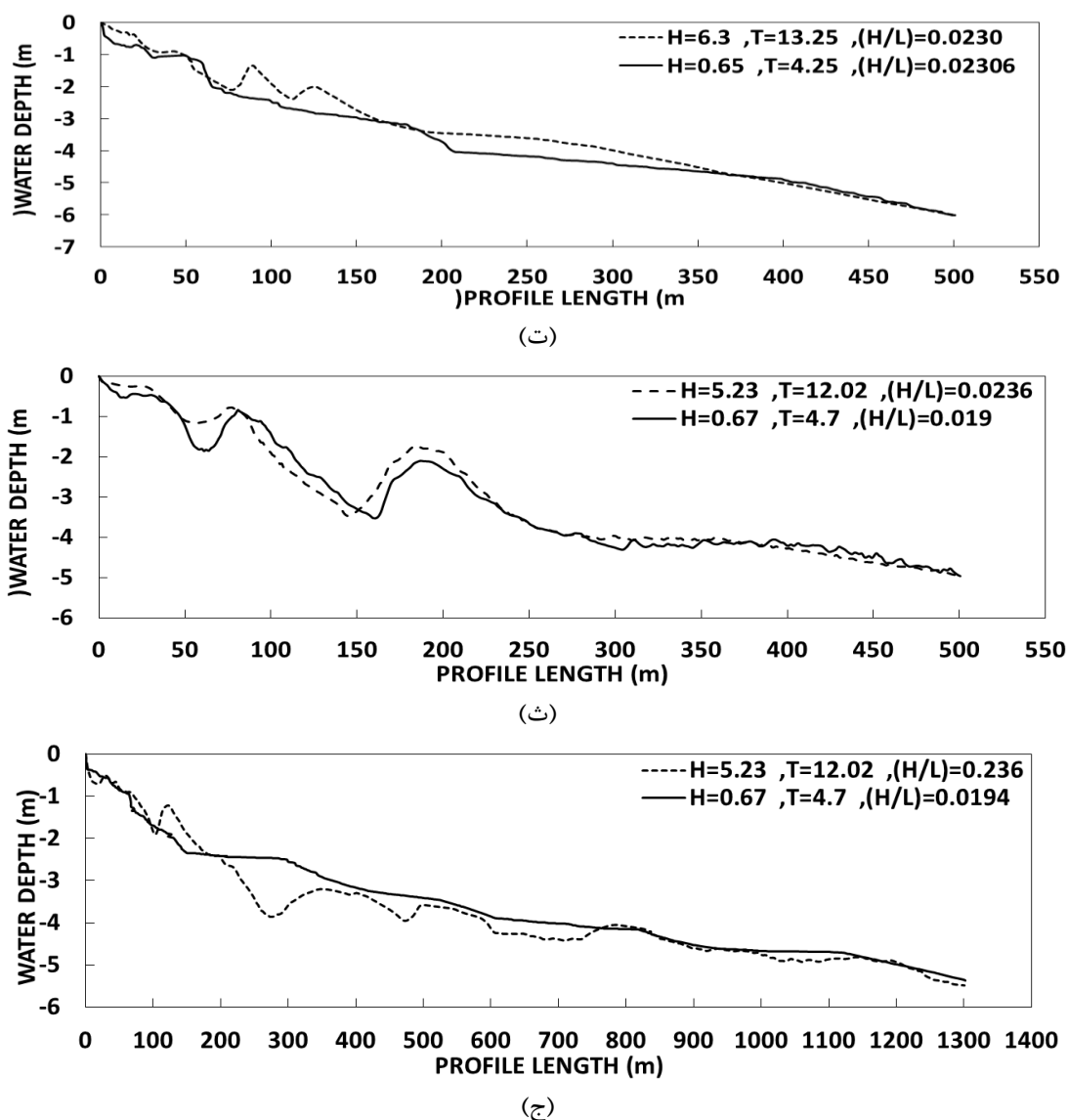
(الف)



(ب)



(پ)



شکل ۲-۱۱- نیمرخ های عرضی مناطق مورد مطالعه؛ الف: انزلی، ب: دستک، پ: نمک آبرود، ت: محمودآباد، ث: لاریج، ج: میانکاله (مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، ۲۰۱۶)

۲-۴- جمع بندی

با توجه به اهمیت اندازه گیری نیمرخ های عرضی در مطالعات مهندسی سواحل، بررسی روند تغییرات عمق در طول منطقه فعال که از خطج ساحلی آغاز و تا عمق پایانی امتداد می یابد، ضروری می باشد. با توجه به شرایط هیدرودینامیکی متفاوت، میزان فرسایش و تغییرات عمق بستر در نقاط مختلف متفاوت خواهد بود بنابراین تعیین معادلات مناسب جهت تطابق با نیمرخ های عرضی به منظور کاهش میزان خطا در طراحی سازه های ساحلی و بنادر، حائز اهمیت می باشد.

در بازه سال های ۱۹۸۰ تا به امروز محقق های بسیاری سعی در ارائه معادلاتی متناسب با نحوه تغییر شکل بستر دریا جهت تعیین ویژگی های هندسی نیمرخ های عرضی، نمودند. یکی از رایج ترین روش هایی که از گذشته تا به امروز توسط محققین در نقاط مختلف جهان به منظور تعیین پارامترهای هندسی نیمرخ های عرضی مورد استفاده قرار گرفته، روش آنالیز رگرسیون می باشد، که آنها با استفاده از رگرسیون خطی و غیر خطی، به ارائه معادلات پرداختند. محققینی از جمله لارسن و کراس (۱۹۸۹)، سیلواستر و سو (۱۹۹۷)، سو (۱۹۹۸)، گونایدین و کابداسلی (۲۰۰۵)، کومارسی و همکارانش (۲۰۰۷)، ازلوسر (۲۰۰۷) و دمیرسی و همکارانش (۲۰۱۳) با رگرسیون های خطی و غیر خطی بین داده های آزمایشگاهی و میدانی گرفته شده از نیمرخ های عرضی، به ارائه معادلاتی جهت تعیین پارامترهای هندسی پرداختند.

از دیگر روش های جدید تحلیل و بررسی شکل هندسی نیمرخ های عرضی، استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) می باشد، که این روش با دقت بالایی، قادر به پیش بینی پارامترهای هندسی نیمرخ عرضی می باشد. محققینی از جمله هاشمی و همکارانش (۲۰۱۰)، کومارسی و همکارانش (۲۰۱۳)، ازلو و همکارانش (۲۰۱۴)، دمیرسی و همکارانش (۲۰۱۴)، لوپز و همکارانش (۲۰۱۷) و کانکال و همکارانش (۲۰۱۸) از این روش در پژوهش ها استفاده نمودند که آنها به منظور افزایش دقت و کارایی در ارائه مدل های پیش بینی، از الگوریتم های بهینه سازی مختلفی از جمله TLBO, ABC جهت آموزش شبکه عصبی استفاده نمودند. حال با توجه به بررسی های انجام شده توسط محققین و مقایسه این روش ها با یکدیگر در نقاط مختلف جهان، در صورت وجود داده های کافی از مناطق موردنظر، شبکه عصبی مصنوعی قابلیت پیش بینی دقیق تر و بهتری را دارا می باشد.

فصل ۳

تعیین نوع و بررسی عوامل موثر بر شکل

هندسی نیمرخ عرضی و مقایسه معادلات

ارائه شده در گذشته

۳-۱- مقدمه

هندسه پشته رسوبی نزدیک ساحل و وسعت آن به طور دقیقی پاسخ به عملکرد موج غالب می باشد. با وقوع امواج بلندتر، همانطور که خط شکست حرکت می کند، پشته به طرف دریا حرکت می کند و اندازه پشته رسوبی نیز بزرگتر خواهد شد. با بازگشت امواج کوتاه تر امکان شکل گیری یک پشته کوچکتر رسوبی در نزدیک ساحل وجود دارد و در حالت امواج بسیار کوچکتر، پشته رسوبی تشکیل نخواهد شد (برگی، ۱۳۹۴).

۳-۲- تعیین نوع نیمرخ های عرضی سواحل دریای خزر

تشکیل یک نیمرخ ناشی از امواج آرام یا طوفانی به خصوصیات ماسه ساحل، خصوصیات موج برخوردی و وضعیت توپوگرافی منطقه بستگی دارد. عطایی و همکارانش (۲۰۱۶) مطالعاتی را بر روی برخی از نقاط سواحل جنوبی دریای خزر، بر اساس داده های اندازه گیری شده و همچنین معادلات ارائه شده انجام داده، که نتایج این بررسی نشان می دهد سواحل دریای خزر از نوع طوفانی می باشد. علاوه بر معادلاتی که در بررسی های انجام شده توسط عطایی و همکارانش (۲۰۱۶) آمده است، کریبل و همکارانش^۱ (۱۹۸۶) معادله ۳-۱ را که شاخص بی بعد مفیدی برای خصوصیات نیمرخ می باشد معرفی کرده، که در آن V_f سرعت ته نشینی ذرات رسوبی در آب است. زمانی که مقدار این پارامتر از محدوده ۲-۲/۵ بیشتر شود، نیمرخ طوفانی یا فرسایشی گسترش می یابد و چنانچه میزان این پارامتر کمتر از حدود ۲-۲/۵ شود، وجه ساحل افزایش می یابد. همچنین سانامورا و هوریکوا^۲ (۱۹۷۴) با انجام مطالعاتی در زمینه انتقال رسوبات و پارامترهای تاثیرگذار بر روی نیمرخ های عرضی، پارامتر C را طبق معادله ۳-۲ جهت دسته بندی نیمرخ های ساحلی ارائه دادند.

$$K = \frac{H_0}{V_f T} \quad (۱-۳)$$

$$C = \frac{H_0}{L_0} (\tan \beta)^{0.27} \left(\frac{D_{50}}{L_0} \right)^{-0.67} \quad (۲-۳)$$

^۱ Kriebel et al

^۲ Sunamura and Horikawa

بر اساس پارامتر C می توان نوع نیمرخ عرضی تشکیل شده را تعیین نمود به گونه ای که اگر $C < 4$ باشد نیمرخ ساحلی انباشتی (تابستانه)، اگر $4 < C < 8$ باشد نیمرخ ساحلی تعادلی و اگر $C > 8$ باشد نیمرخ ساحلی از نوع فرسایشی (زمستانه) خواهد بود.

طبق معادله ارائه شده توسط شرت و آگارد^۱ (۱۹۹۳) (معادله ۳-۳) می توان به تعداد پشته های موجود در نیمرخ های ساحلی دست یافت؛ که در این معادله $\tan \beta$ شیب نیمرخ و x_s فاصله عمق پایانی تا خط ساحلی می باشد. به گونه ای که اگر $B_0 < 20$ باشد، نیمرخ هیچ پشته ای ندارد و نیمرخ از نوع تعادلی می باشد. اگر $20 < B_0 < 50$ باشد نیمرخ یک پشته، $50 < B_0 < 100$ دارای دو پشته، $100 < B_0 < 400$ نیمرخ سه پشته ای و اگر $B_0 > 400$ باشد نیمرخ دارای چهار پشته خواهد بود.

$$B_0 = \frac{x_s}{gT^2 \tan \beta} \quad (3-3)$$

بر اساس معادلات (۱-۳)، (۲-۳)، (۳-۳) و داده های اندازه گیری شده از نواحی جنوبی سواحل خزر، عملکرد نواحی ساحلی دریای خزر بر اساس دسته بندی انباشتی، تعادلی و فرسایشی ساحل و نیز تعداد پشته ها بررسی و تحلیل شده است که نتایج آن در جدول ۳-۱ آمده است.

جدول ۳-۱- دسته بندی نیمرخ های عرضی و تعداد پشته ها

پارامترها	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمود آباد	لاریم	میانکاله
K	۵/۶۸	۶/۱۳	۴/۸۷۰	۶/۴۲	۷/۱۲	۷/۱۲
C	۱۹/۲۲	۱۹/۸۹	۱۸/۳۲	۲۱/۶۴	۲۰/۱۵	۱۶/۷۱
نوع نیمرخ عرضی	نیمرخ فرسایشی	نیمرخ فرسایشی	نیمرخ فرسایشی	نیمرخ فرسایشی	نیمرخ فرسایشی	نیمرخ فرسایشی
B_0	۱۷۸/۳	۱۷۶/۳	۱۴۱/۷	۱۱۱/۲	۲۰۸/۲	۸۱۰/۵
تعداد پشته ها	۳	۳	۳	۳	۳	۴

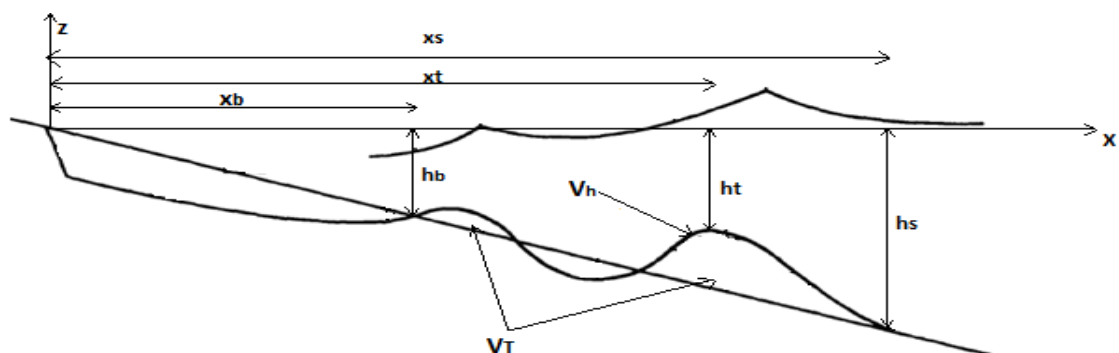
همانطور که در محاسبات انجام شده مشاهده می شود، پارامتر K در شش منطقه مورد مطالعه همواره بزرگتر از ۲/۵ و همچنین پارامتر C همواره بزرگتر از ۸ بوده است و دارای مقادیری بین ۱۶ تا ۲۲ می باشند، بنابراین می توان این گونه عنوان نمود که رفتار دریای خزر ماهیتی طوفانی دارد و در

^۱ short and Aagaard

نتیجه ساحل آن از نوع فرسایشی می باشد. طبق جدول ۳-۱، نیمرخ های عرضی سواحل دستک، نمک آبرود، محمود آباد و لاریم دارای سه پشته و نیمرخ عرضی ساحلی میانکاله دارای چهار پشته می باشند. نیمرخ عرضی انزلی طبق معادله (۳-۳) دارای سه پشته می باشد، اما همانطور که در داده های میدانی اندازه گیری شده که در شکل ۲-۱۰-الف دیده می شود، دارای دو پشته است. دلیل این اختلاف، نزدیکی محل برداشت نیمرخ های انزلی به محوطه بندر (موجشکن) است که فعل و انفعالات ساحلی را تحت تاثیر قرار می دهد.

۳-۳- بررسی تاثیر عوامل موثر بر پارامترهای هندسی نیمرخ های عرضی

شیب ساحل، انتقال رسوبات، جنس بستر دریا و تغییرات تراز آب دریا از جمله عواملی هستند که نیمرخ های عرضی را تحت تاثیر قرار می دهند؛ در این مطالعه تاثیر پارامترهای موثر بر تغییر شکل نیمرخ های عرضی نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است. شکل ۳-۱ هر یک از پارامترهای هندسی نیمرخ های ساحلی را نشان می دهد. همانطور که نشان داده شده است، X_b فاصله افقی ابتدای اولین پشته تا خط ساحلی، h_b عمق نقطه ابتدایی اولین پشته تا سطح آب، X_t فاصله افقی تاج مرتفع ترین پشته تا خط ساحلی و h_t عمق تاج مرتفع ترین نقطه پشته تا سطح آب X_s فاصله افقی انتهای آخرین پشته تا خط ساحلی، h_s عمق نقطه انتهایی آخرین پشته تا سطح آب، می باشند. در جدول ۳-۲ کلیه پارامترهای هندسی اندازه گیری شده از نیمرخ های عرضی سواحل جنوبی دریای خزر که در شکل ۲-۱۰ نشان داده شده، در دو وضعیت عادی و طوفانی آمده است.



شکل ۳-۱- پارامترهای هندسی نیمرخ ساحلی

همانطور که اشاره شد، نیمرخ های عرضی سواحل جنوبی دریای خزر از نوع طوفانی بوده و به طور میانگین امکان شکل گیری سه پشته بر روی این نیمرخ ها وجود دارد. حجم پشته های تشکیل شده در نیمرخ های عرضی براساس شرایط هیدرولیکی در نقاط مختلف، متفاوت خواهد بود. در جدول ۲-۳ حجم کل پشته (V_T) و حجم مرتفع ترین پشته اندازه گیری شده (V_H) در نیمرخ های عرضی شش ناحیه از سواحل دریای خزر که در شکل ۲-۱۱ نشان داده شده ، آمده است.

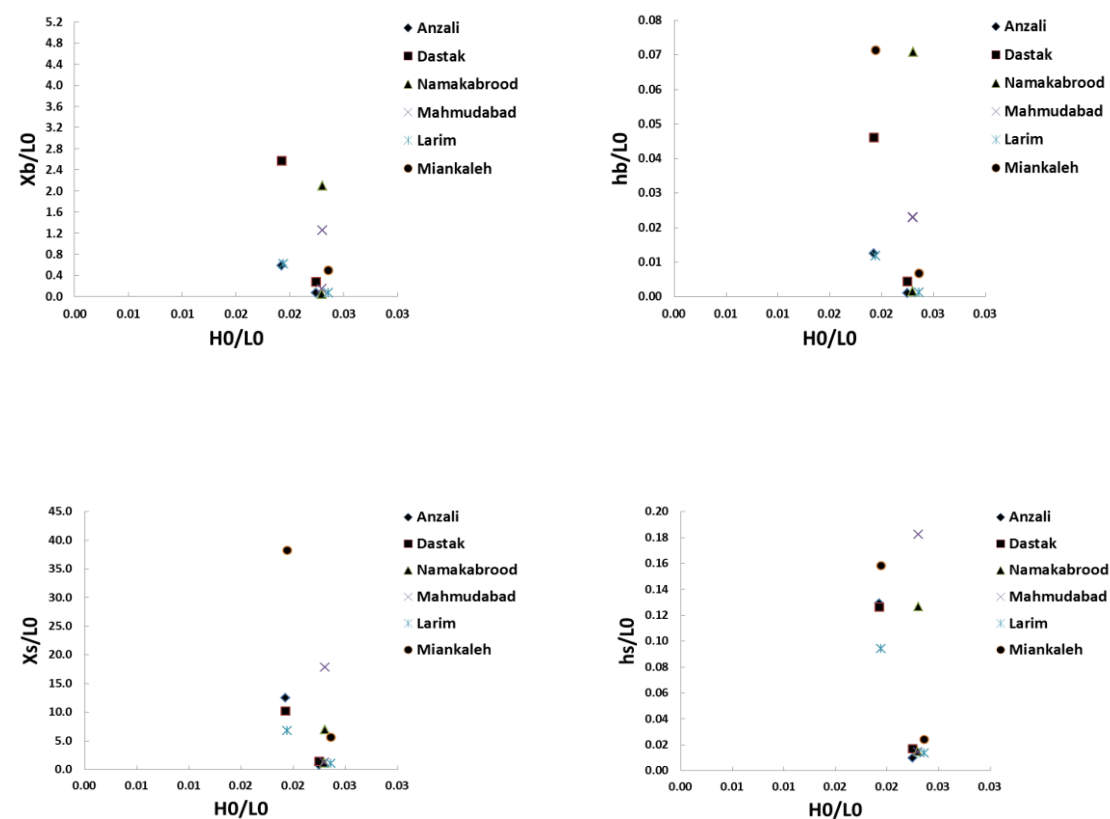
جدول ۲-۳- پارامترهای هندسی نیمرخ های عرضی

پارامترها	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمودآباد	لاریم	میانکاله
$X_{b,Stormy} (m)$	۱۷/۷۱	۷۱/۳۲	۱۴/۰۰	۳۹/۷۵	۱۶/۲۴	۱۱۱/۱۱
$h_{b,Stormy} (m)$	۰/۲۸	۱/۱۴	۰/۴۳	۰/۷۷	۰/۲۶	۱/۵۱
$X_{b,Normal} (m)$	۲۱/۴۰	۹۴/۸۵	۵۸/۹۸	۳۵/۱۸	۲۱/۴۰	۲۴۶/۰۳
$h_{b,Normal} (m)$	۰/۴۶	۱/۷۰	۲	۰/۹۱	۰/۴۰	۲/۴۶
$X_{t,stormy} (m)$	۱۵۵/۷۷	۱۲۷/۲۰	۲۲۸/۵۵	۸۹/۸۲	۱۸۳/۸۲	۷۸۸/۳۶
$h_{t,Stormy} (m)$	۱/۴۷	۱/۳۴	۲/۳۴	۱/۱۴	۱/۷۳	۳/۹۸
$X_{t,Normal} (m)$	۷۴/۵۶	۱۰۶/۶۱	۶۶/۳۵	۵۱/۳۶	۸۱/۲۰	۲۹۵/۶۳
$h_{t,Normal} (m)$	۰/۹۸	۱/۵۵	۱/۴۷	۰/۸۵	۰/۸۱	۲/۴۶
$X_{s,Stormy} (m)$	۱۹۳/۴۲	۳۷۰/۵۸	۳۲۲/۹۲	۳۵۲/۳۰	۲۲۸/۸۵	۱۲۶۷/۲
$h_{s,Stormy} (m)$	۲/۵۲	۴/۴۴	۴/۰۲	۴	۳/۱۰	۵/۴۰
$X_{s,Normal} (m)$	۴۶۰/۶۷	۳۷۷/۲۰	۱۹۷/۵۸	۵۰۱/۵۷	۲۳۲/۵۵	۱۳۱۹/۴۴
$h_{s,Normal} (m)$	۴/۷۵	۴/۶۴	۳/۵۶	۵/۱۴	۳/۲۴	۵/۴۶
$V_{H,stormy} (m^3)$	۳۲/۲۹	۱۲/۵۳	۶۱/۷۸	۲۲/۰۸	۳۹/۵۳	۵۴/۰۹
$V_{H,normal} (m^3)$	۵۹/۴۳	۸/۶۸	۸/۴۴	۱۷/۰۳	۲۱/۸۱	۵۵/۷۵
$V_{T,stormy} (m^3)$	۱۱۳/۲۲	۱۴۶/۳۳	۲۰۷/۴۳	۳۴/۰۸	۱۶۶/۵۰	۱۲۷/۰۵
$V_{T,normal} (m^3)$	۵۸/۶۵	۲۱/۹۰	۶۶/۷۸	۲۱/۰۶	۱۰۰/۰۲	۲۵/۳۱

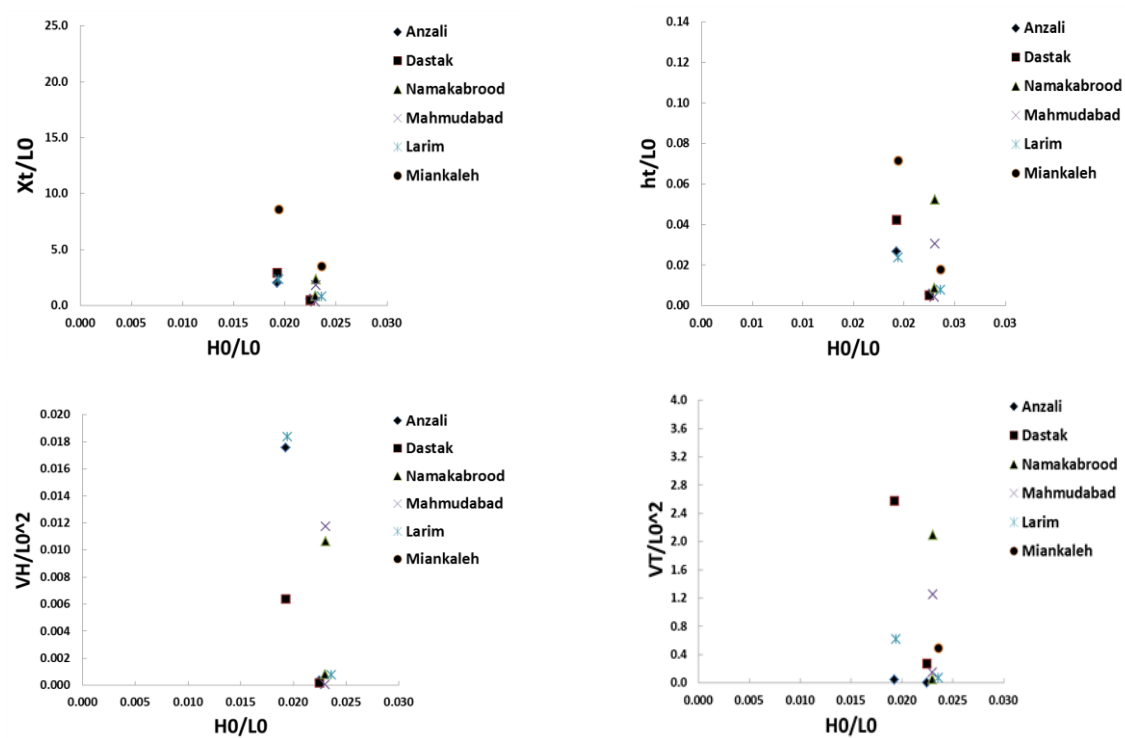
با توجه به اینکه مناطق انزلی و دستک، نمک آبرود و محمود آباد، لاریم و میانکاله از نظر مشخصات موج (جدول ۲-۱)، مشابه یکدیگر هستند اما مقادیر حجم پشته های تشکیل شده در این مناطق به

دلیل تفاوت در اندازه ذرات رسوبات، جهت برخورد امواج، شرایط طبیعی امواج طوفانی قبل از برداشت داده، مدت زمان طوفان و تعداد امواج برخوردی، همانطور که در شکل ۲-۱۱ و جدول ۳-۲ ارائه شده است نسبت به هم متفاوت می باشند.

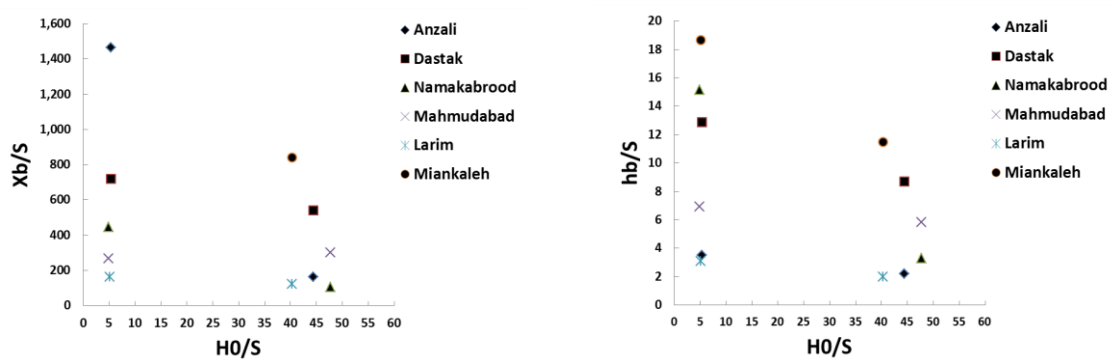
جهت تسهیل در استفاده از داده های میدانی و کاهش میزان خطا، پارامترهای X_t ، X_s ، X_b ، H_0 و V_T ، V_H ، h_s ، h_b ، h_t نسبت به طول موج و قدر مطلق تغییر تراز سطح آب بی بعد شده اند. در شکل ۳-۲ و ۳-۳ ارتباط بین تیزی موج و نسبت بی بعد شده پارامترهای هندسی نیمرخ ها و ارتباط بین $\frac{H_0}{S}$ و نسبت های بی بعد شده پارامترهای هندسی در شرایطی که تغییر تراز آب در کلیه مناطق یکسان است، مورد ارزیابی قرار گرفته است.



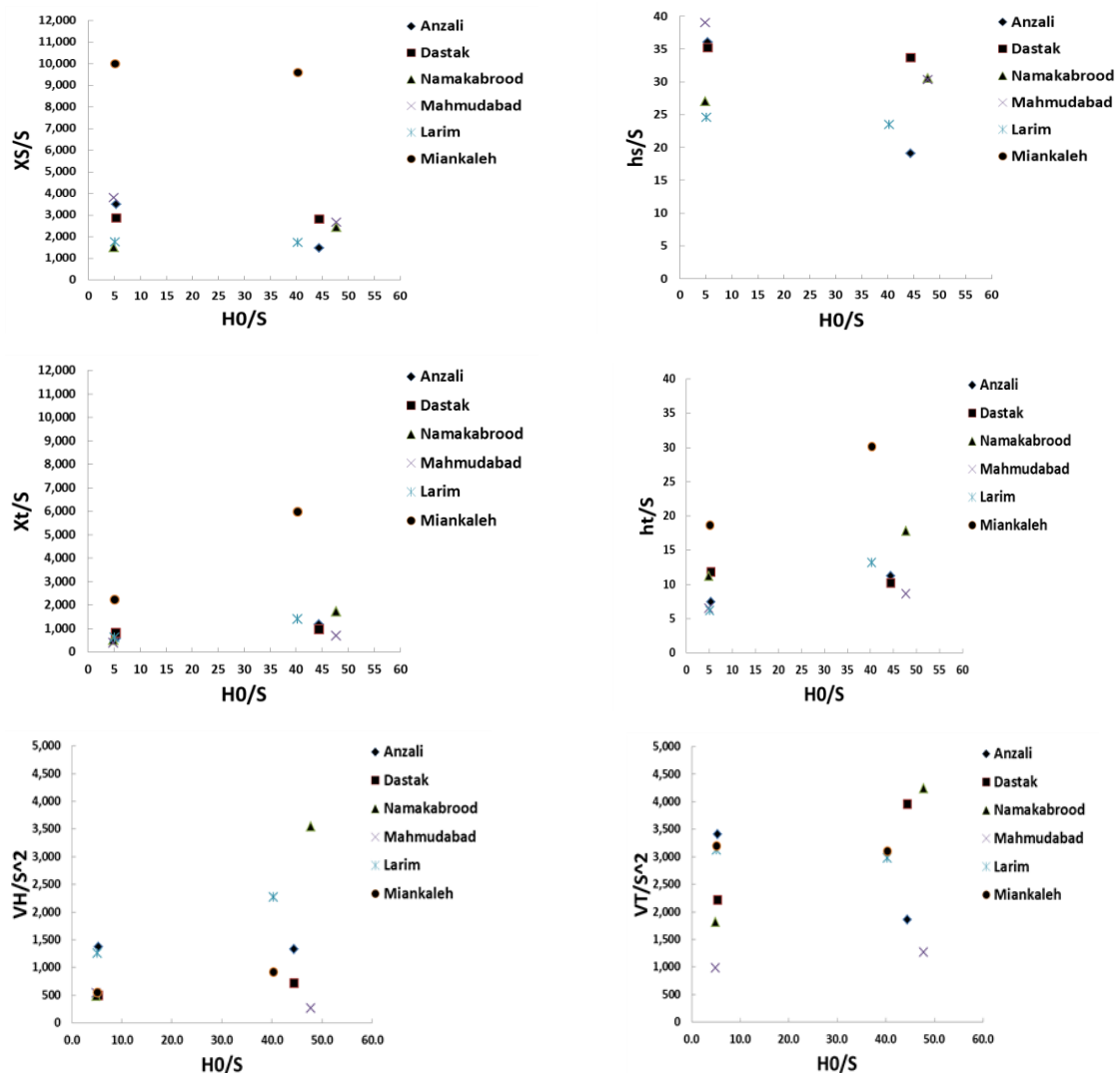
شکل ۳-۲- نمودار مقایسه پارامترهای بی بعد شده نیمرخ ساحلی با نسبت تیزی موج



شکل ۳-۲- نمودار مقایسه پارامتر های بی بعد شده نیمرخ ساحلی با نسبت تیزی موج (ادامه)



شکل ۳-۳- نمودار مقایسه پارامتر های بی بعد شده نیمرخ ساحلی با نسبت $\frac{H_0}{S}$



شکل ۳-۳- نمودار مقایسه پارامترهای بی بعد شده نیمرخ ساحلی با نسبت $\frac{H_0}{S}$ (ادامه)

مطابق با شکل ۳-۲، با افزایش تیزی موج $(\frac{H_0}{L_0})$ ، نسبت های $\frac{X_s}{L_0}$ ، $\frac{X_t}{L_0}$ ، $\frac{X_b}{L_0}$ ، $\frac{V_H}{L_0^2}$ و $\frac{V_T}{L_0^2}$ در

کلیه نیمرخ ها به جز در نمک آبرود و محمود آباد کاهش یافته است، در نتیجه می توان بیان نمود که

پشته های ساحلی نسبت به هر سیکل کامل طول موج، در فاصله نزدیک تری از ساحل شروع به شکل

گیری می نمایند، علاوه بر آن حجم رسوبات منتقل شده به ساحل کاهش یافته و پشته ها با ارتفاع

کمتری نیز تشکیل می شوند که براساس آن نسبت های $\frac{h_s}{L_0}$ و $\frac{h_t}{L_0}$ نیز کاهش می یابند؛

کاهش این نسبت ها بدین معنی است که، عمق آب در محل شروع اولین پشته، تاج مرتفع ترین پشته

و پایان پشته ها، کاهش می یابد که بیانگر افزایش میزان فرسایش از وجه ساحل و شکل گیری پشته هایی با ارتفاع کمتری می باشد، که این فرآیند نشان دهنده ساحل فرسایشی می باشد.

مطابق با شکل ۳-۳، مشاهده می شود که در شرایط کاهش تراز، با افزایش ارتفاع موج، محل شکل گیری پشته های ساحلی در تمام نواحی مورد مطالعه به جز در منطقه محمود آباد به سمت خط ساحلی نزدیک شده است، یعنی با کاهش ارتفاع موج، X_b در کلیه نیمرخ های ساحلی به جز محمود آباد افزایش می یابد و X_s در نیمرخ های ساحلی مناطق انزلی، دستک، محمودآباد، لاریم و میانکاله افزایش و در نیمرخ ساحلی نمک آبرود کاهش می یابد. اما پارامتر X_t با کاهش ارتفاع موج در کلیه نواحی مورد مطالعه کاهش می یابد.

همچنین با کاهش ارتفاع موج، پارامتر هندسی h_b در تمامی نیمرخ های ساحلی و h_s نیز در تمامی نواحی به جز نمک آبرود افزایش می یابد، در مقابل نسبت پارامتر h_t ، در کلیه نقاط مورد بررسی به جز دستک با کاهش ارتفاع موج، کاهش می یابد که در پی آن حجم بلندترین پشته (V_H) در نیمرخ های عرضی همانطور که در شکل نشان داده شده است، نیز کاهش می یابد، اما با کاهش ارتفاع موج، حجم کل پشته های تشکیل شده در نیمرخ های عرضی (V_T) افزایش خواهد یافت. این موضوع حکایت از پیچیده بودن شرایط محیطی دریا در حالت تغییر تراز سطح آب دارد، زیرا با کاهش تراز آب، فعل و انفعالات ذرات موج با بستر دچار تغییر شده و نوع شکست امواج و فاصله آن تا خط ساحل را تحت تاثیر قرار خواهد داد.

۳-۴- تحلیل معادلات ارائه شده توسط سایر محققین در سواحل دریای خزر

براساس پارامترهای هندسی اندازه گیری شده از نیمرخ های عرضی (جدول ۳-۲) و معادلات ارائه شده توسط محققین قبلی، مقادیر هر یک از پارامترها طبق معادلات بدست آمده و با مقایسه ضرایب

R^2 و $RMSE$ ^۲، که طبق معادلات ۳-۴ و ۳-۵ بدست می آیند، می توان به بهترین معادلات جهت پیش بینی نیمرخ های عرضی سواحل جنوبی دریای خزر توسط سایر محققین دست یافت.

$$R^2 = \frac{(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}))^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (۴-۳)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2} \quad (۵-۳)$$

در این معادلات y_i و x_i به ترتیب مقادیر پیش بینی شده و مقادیر مشاهده شده هر یک از پارامترها و $\bar{y}$ ، $\bar{x}$ میانگین مقادیر پیش بینی شده و مشاهده شده می باشد. جداول ۳-۳ تا ۳-۱۶ مقادیر بدست آمده از معادلات محققین قبلی و ضرایب R^2 و $RMSE$ آنها را نشان می دهند.

جدول ۳-۳- مقادیر محاسبه شده پارامتر $X_{b,stormy}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$

نویسنده	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمود آباد	لاریم	میانکاله	R^2	$RMSE$
سیلستر و سو	۵۱۱/۴۲	۵۱۱/۴۲	۴۶۵/۲۳	۴۰۳/۲	۵۱۰/۷۲	۱۰۲/۴۴	۰/۶۶	۰/۹۰
سو	۲۰۲۲/۶۳	۲۰۲۲/۶۳	۱۷۰۳/۶۴	۱۳۹۰/۳۶	۲۰۷۲/۵۳	۵۵۴۵/۸	۰/۶۶	۰/۶۷
گونایدین و کابداسلی	۰/۰۹۴	۰/۰۹۴	۰/۱۴۰	۰/۱۸۶	۰/۰۷۰	۰/۰۱۷	۰/۳۰	۰/۵۹
کومارسی و همکارانش	۸۴۳/۷۳	۸۹۳/۵۵	۷۸۲/۲۳	۹۲۸/۹۲	۸۹۶/۳۶	۹۵۷	۰/۵۱	۰/۵۷
دمیرسی و اکوز	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۵۳	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۵۷	۰/۱۶	۰/۵۹

جدول ۳-۴- مقادیر محاسبه شده پارامتر $X_{b,normal}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$

نویسنده	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمود آباد	لاریم	میانکاله	R^2	$RMSE$
سیلستر و سو	۶۱/۹۳	۶۱/۹۶	۴۸	۴۱/۶	۶۴/۳۲	۱۲۸/۶۴	۰/۸۱	۰/۲۵
سو	۲۵۶/۲۳	۲۵۶/۲۳	۱۵۷/۶۳	۱۴۳/۳۳	۲۷۶/۱۱	۷۳۸/۸۴	۰/۸۳	۰/۴۴
گونایدین و کابداسلی	۰/۰۱۱	۰/۰۱۱	۰/۰۱۴	۰/۰۱۹	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲	۰/۶۸	۰/۵۰
کومارسی و همکارانش	۶۸/۸۴	۷۰/۲۷	۵۱/۴۸	۵۳/۶۲	۶۹/۸۸	۷۵/۱۸	۰/۳۸	۰/۳۴
دمیرسی و اکوز	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۲۷۳	۰/۱۵۵	۰/۱۵۸	۰/۲۸۹	۰/۵۰	۰/۵۰

^۱ R square

^۲ Root Mean Squared Error

جدول ۳-۵- مقادیر محاسبه شده پارامتر $h_{b,stormy}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$

نویسنده	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمود آباد	لاریم	میانکاله	R^2	$RMSE$
سو	۵۶۱/۶۸	۵۶۱/۶۸	۵۰۳/۴۲	۴۳۵/۰۵	۵۴۸/۵۸	۱۱۱۲/۴۸	۰/۵۱	۰/۹۷
گونایدین و کابداسلی	۰/۰۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۵۵	۰/۰۷۱	۰/۰۲۹	۰/۰۰۸	۰/۱۷	۰/۶۷
ازلور	۲۹/۹۶	۲۹/۹۹	۳۶/۰۷۴	۳۶/۱۸۷	۲۳/۶۵	۲۳/۷۰	۰/۰۶	۲/۳۶

جدول ۳-۶- مقادیر محاسبه شده پارامتر $h_{b,normal}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$

نویسنده	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمود آباد	لاریم	میانکاله	R^2	$RMSE$
سو	۷۳/۳۷	۷۳/۳۷	۵۱/۸۷	۴۴/۸۲	۷۵/۹۷	۱۵۴/۰۷	۰/۲۶	۰/۷۸
گونایدین و کابداسلی	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۱۶	۰/۵۰
ازلور	۰/۱۹۳	۱/۱۹۷	۱/۰۶۷	۱/۰۷۹	۱/۱۳۷	۰/۱۴۵	۰/۰۲۸	۰/۷۵

جدول ۳-۷- مقادیر محاسبه شده پارامتر $X_{t,stormy}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$

نویسنده	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمود آباد	لاریم	میانکاله	R^2	$RMSE$
سیلستر و سو	۹۶۱/۴۳	۹۶۱/۴۳	۸۵۶/۸۷	۷۲۹/۵۵	۹۸۳/۰۱	۲۳۱۲/۶۶	۰/۹۶	۰/۵۸
سو	۱۹۴۴/۹۳	۱۹۴۴/۹۳	۱۷۱۶/۳۲	۱۴۶۲/۱۵	۱۹۲۲/۴۷	۴۱۷۸/۴۴	۰/۹۵	۰/۷۵
گونایدین و کابداسلی	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۵۲	۰/۶۶	۰/۲۸	۰/۰۸	۰/۵۷	۰/۵۱
کومارسی و همکارانش	۱/۰۶e۱۱	۱/۰۸e۱۱	۵/۰۷e۱۱	۵/۱۳e۱۱	۱/۳۴e۱۰	۱/۴۳e۱۰	۰/۱۶	۰/۶۰
دمیرسی و اکوز	۰/۰۶۶	۰/۰۵۶	۰/۰۹	۰/۰۴۴	۰/۰۴۲۲	۰/۰۷۴	۰/۱۹	۰/۵۱

جدول ۳-۸- مقادیر محاسبه شده پارامتر $X_{t,normal}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$

نویسنده	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمود آباد	لاریم	میانکاله	R^2	$RMSE$
سیلستر و سو	۱۱۳/۹۷	۱۱۳/۹۷	۸۸/۴۴	۷۵/۲۹	۱۲۰/۰۳	۲۷۵/۷۷	۰/۹۷	۰/۱۱
سو	۲۵۲/۱۳	۲۵۲/۱۳۷	۱۷۶/۸۶	۱۵۰/۶۷	۲۶۳/۶۸	۵۷۳/۱۰۵	۰/۹۶	۰/۴۱
گونایدین و کابداسلی	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۵۳	۰/۰۶۸	۰/۰۳۶	۰/۰۱۱	۰/۷۹	۰/۵۷
کومارسی و همکارانش	۲۱۰/۹۹	۲۱۳/۱۴	۱۳۶/۶۲	۱۳۸/۵۹	۱۸۳/۴۳	۱۹۶/۰۱	۰/۱۹	۰/۴۲
دمیرسی و اکوز	۰/۰۶۰	۰/۰۵۱	۰/۰۸۵	۰/۰۴۱	۰/۰۳۸	۰/۰۶۷	۰/۰۶۴	۰/۵۷

جدول ۳-۹- مقادیر محاسبه شده پارامتر $h_{t,stormy}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$

نویسنده	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمود آباد	لاریم	میانکاله	R^2	$RMSE$
لارسن و کراس	۳/۷۰	۳/۷۰	۳/۹۸	۳/۹۸	۳/۳۶	۳/۳۶	۰/۶۹	۱/۵۲
سیلستر و سو	۴/۲۱	۴/۲۱	۴/۴۵	۴/۳۸	۳/۹۰	۴/۵۵	۰/۳۱	۰/۸۶
گونایدین و کابداسلی	۰/۰۹۷	۰/۰۹۷	۰/۱۳۲	۰/۱۶۱	۰/۰۷۶	۰/۰۲۸	۰/۵۲	۰/۷۶
کومارسی و همکارانش	۳۸/۵۵	۳۹/۰۰	۳۵/۹۴	۳۴/۲۱	۳۷/۴۳	۵۸/۶۹	۰/۸۰	۱/۶۱

جدول ۳-۱۰- مقادیر محاسبه شده پارامتر $h_{t,normal}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$

نویسنده	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمود آباد	لاریم	میانکاله	R^2	$RMSE$
لارسن و کراس	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۴۳	۶/۲۲e-۵	۰/۶۶
سیلستر و سو	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۶۲
گونایدین و کابداسلی	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱۳	۰/۰۱۶	۰/۰۱۰	۰/۰۰۳	۰/۵۷	۰/۵۷
کومارسی و همکارانش	۳/۹۷	۴/۰۱۹	۲/۹	۲/۷۵	۴/۰۹	۶/۴۲	۰/۵۷	۰/۷۶

جدول ۳-۱۱- مقادیر محاسبه شده پارامتر $X_{s,stormy}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$

نویسنده	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمود آباد	لاریم	میانکاله	R^2	$RMSE$
گونایدین و کابداسلی	۱/۰۳۲	۱/۰۳۲	۱/۳۰۴	۱/۵۱۵	۰/۸۳۰	۰/۴۱۷	۰/۴۹	۰/۵۴
کومارسی و همکارانش	۵۵۰/۶۹	۵۵۴/۶۷	۵۰۶/۵۶	۴۷۲/۰۶	۵۴۹/۱۷	۸۸۰/۱۰	۰/۸۸	۰/۲۶
دمیرسی و اکوز	۰/۰۷۹	۰/۰۶۶	۰/۱۰۹	۰/۰۵۰	۰/۰۴۹	۰/۰۹۳	۰/۱۴	۰/۵۴

جدول ۳-۱۲- مقادیر محاسبه شده پارامتر $X_{s,normal}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$

نویسنده	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمود آباد	لاریم	میانکاله	R^2	$RMSE$
گونایدین و کابداسلی	۰/۱۳۴	۰/۱۳۴	۰/۱۳۴	۰/۱۵۶	۰/۱۱۵	۰/۰۵۸	۰/۶۴	۰/۵۷
کومارسی و همکارانش	۱۱۰/۲۳	۱۱۱/۰۳	۸۵/۳۴	۷۹/۵۲	۱۱۴/۶۸	۱۸۳/۷۹	۰/۷۴	۰/۴۷
دمیرسی و اکوز	۰/۰۶۹	۰/۰۵۸	۰/۰۹۹	۰/۰۴۶	۰/۰۴۲	۰/۰۸۱	۰/۰۴	۰/۵۷

جدول ۳-۱۳- مقادیر محاسبه شده پارامتر $h_{s,stormy}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$

نویسنده	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمود آباد	لاریم	میانکاله	R^2	$RMSE$
گونایدین و کابداسلی	۱۳/۷۷	۱۳/۷۷	۰۱۷/۸۶	۲۱/۱۵	۹۴/۱۰	۴/۸۲	۰/۱۲	۰/۶۹

جدول ۳-۱۴- مقادیر محاسبه شده پارامتر $h_{s,normal}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$

نویسنده	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمود آباد	لاریم	میانکاله	R^2	$RMSE$
گونایدین و کابداسلی	۱/۷۷	۱/۷۷	۱/۸۴	۲/۱۷	۱/۴۹	۰/۶۵	۰/۰۵	۱/۳۷

جدول ۳-۱۵- مقادیر محاسبه شده پارامتر $V_{T,stormy}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$

نویسنده	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمود آباد	لاریم	میانکاله	R^2	$RMSE$
لارسن و کراس	۰/۰۲۳	۰/۰۲۵	۰/۰۱۹	۰/۰۲۸	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۶	۱/۰۴
سیلوستر و سو	۰/۰۴۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۹	۰/۰۵۷	۰/۰۳۸	۰/۰۱۹	۰/۰۷	۱/۰۴
کومارسی و همکارانش	۴/۱۵e۱۲	۴/۲۱e۱۲	۳/۱۱e۱۳	۳/۲۷e۱۳	۲/۷۲e۱۱	۲/۷۳e۱۱	۰/۰۲۹	۰/۵۷
ازلور	۹۸/۶۲	۱۰۱/۴۶	۹۵/۵۰	۱۰۴/۹۵	۹۷/۴۸	۱۰۲/۹۷	۰/۶۸	۱/۰۳
دمیرسی و اکوز	۴/۸۲e-۷	۳/۲۹e-۷	۱/۲۶e-۶	۲/۹۸e-۷	۱/۴۵e-۷	۱/۹۶e-۷	۰/۰۲	۰/۷۲

جدول ۳-۱۶- مقادیر محاسبه شده پارامتر $V_{T,normal}$ و ضرایب R^2 و $RMSE$

نویسنده	انزلی	دستک	نمک آبرود	محمود آباد	لاریم	میانکاله	R^2	$RMSE$
لارسن و کراس	۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۱۹	۱/۰۷
سیلوستر و سو	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۴۷	۰/۰۵۵	۰/۰۳۱	۰/۰۱۵	۰/۷۱	۱/۰۷
کومارسی و همکارانش	۲۰/۱۱	۲۰/۳۶	۱۱/۲۷	۱۱/۸۵	۱۶/۳۴	۱۶/۳۶	۰/۴۵	۰/۷۰
ازلور	۱۴/۶۶	۱۵/۰۸	۱۱/۵۱	۱۲/۶۵	۱۵/۲۶	۱۲/۱۶	۰/۵۷	۰/۷۵
دمیرسی و اکوز	۲/۵۰e-۷	۱/۷۱e-۷	۷/۰۵e-۷	۱/۶۷e-۷	۷/۳۸e-۷	۹/۹۵e-۷	۰/۰۳۶	۱/۰۷

طبق محاسبات انجام شده و نتایجی که در جداول بالا ارائه شده است، برای پیش بینی هر یک از پارامترهای هندسی نیمرخ های عرضی با استفاده از روابط محققین قبلی، معادلاتی که دارای بالاترین مقدار R^2 و کمترین مقدار $RMSE$ هستند، دارای دقت بالاتری می باشند. به گونه ای که برای بدست آوردن پارامترهای X_b و h_b از معادلات ارائه شده توسط سو (۱۹۹۸) (معادلات ۲-۱۱ و

۲-۱۳)، پارامترهای X_t و V_T از معادلات ارائه شده توسط سیلواستر و سو (۱۹۹۷) (معادلات ۲-۷ و ۲-۹)، پارامترهای h_t و X_s از معادلات ارائه شده توسط کومارسی و همکارانش (۲۰۰۷) (معادلات ۲-۲۳ و ۲-۲۱) و پارامتر h_s از رابطه ارائه شده توسط گونایدین و کابداسلی (۲۰۰۵) (معادله ۲-۱۸) می توان استفاده کرد.

۳-۵- جمع بندی

با توجه به اینکه هندسه پشته رسوبی نزدیک ساحل و وسعت آن به طور دقیقی پاسخ به عملکرد موج غالب است، در صورت وقوع امواج با انرژی زیاد، شکست امواج و در پی آن تخلیه انرژی زیاد، باعث تشدید تغییرات در شکل هندسی نیمرخ های عرضی می شود. باتوجه به شرایط هیدرودینامیکی متفاوت، میزان تغییرات در نقاط مختلف جهان متفاوت خواهد بود بنابراین تعیین نوع و شکل هندسی نیمرخ های عرضی، حائز اهمیت است.

پارامتر K در نواحی تعیین شده در سواحل دریای خزر همواره بزرگتر از ۲/۵ و پارامتر C نیز از ۸ بزرگتر بوده و دارای مقادیری بین ۱۶ تا ۲۲ می باشند، بنابراین می توان بیان نمود که رفتار دریای خزر ماهیتی طوفانی دارد و ساحل آن از نوع فرسایشی می باشد. نیمرخ های عرضی سواحل دستک، نمک آبرود، محمود آباد و لاریم دارای سه پشته و نیمرخ عرضی ساحلی میانکاله دارای چهار پشته می باشند. بر طبق محاسبات انجام شده، نیمرخ های انزلی دارای سه پشته می باشد، اما همانطور که در داده های میدانی در شکل ۲-۱۱-الف دیده می شود، دارای دو پشته است. دلیل این اختلاف، نزدیکی محل برداشت نیمرخ های انزلی به محوطه بندر (موجشکن) است که فعل و انفعالات ساحلی را تحت تاثیر قرار می دهد.

باتوجه به عوامل تاثیر گذار بر شکل هندسی نیمرخ های عرضی، با افزایش تیزی موج (H_0/L_0)، نسبت

های $\frac{X_s}{L_0}$ ، $\frac{X_t}{L_0}$ و $\frac{X_b}{L_0}$ در کلیه نیمرخ ها به جز در نمک آبرود و محمود آباد کاهش یافته است،

درنتیجه می توان بیان نمود که با افزایش تیزی موج پشته های در فاصله کمتری نسبت به هر سیکل

کامل طول موج، شروع به شکل گیری می نمایند و براساس نمودار های نشان داده شده در شکل ۳-۲ نسبت های $\frac{V_T}{L_0^2}$ و $\frac{V_H}{L_0^2}$ ، $\frac{h_s}{L_0}$ ، $\frac{h_t}{L_0}$ ، $\frac{h_b}{L_0}$ نیز کاهش یافته است؛ با کاهش این نسبت ها، عمق آب در محل شروع و پایان پشته ها، عمق مرتفع ترین پشته و همچنین حجم مرتفع ترین پشته و حجم کل پشته ها کاهش می یابد که بیانگر ایجاد ساحل فرسایشی خواهد بود.

با ثابت در نظرگرفتن تغییر تراز سطح آب، مشاهده می شود که در شرایط کاهش تراز، با افزایش ارتفاع موج، محل شکل گیری پشته های ساحلی در تمام نواحی مورد مطالعه به جز در محمود آباد و نمک آبرود به سمت خط ساحلی نزدیک شده است؛ همچنین روند تغییرات عمق آب در ابتدا، انتهای پشته ها با افزایش ارتفاع موج، کاهش می یابند. اما محل تشکیل مرتفع ترین پشته در نیمرخ عرضی و عمق تاج آن با افزایش ارتفاع موج در مناطق انزلی، لاریم و میانکاله، افزایش یافته و همچنین حجم آن نیز افزایش می یابد. این موضوع حکایت از پیچیده بودن شرایط محیطی دریا در حالت تغییر تراز سطح آب دارد، زیرا با کاهش تراز آب، فعل و انفعالات درگیری ذرات موج با بستر دچار تغییر شده و نوع شکست امواج و فاصله آن تا خط ساحل را تحت تاثیر قرار خواهد داد.

درانتها با مقایسه مقادیر پارامترهای بدست آمده از معادلات ارائه شده توسط محققین قبلی، می توان به منطبق ترین معادله به منظور تعیین پارامترهای هندسی سواحل خزر توسط محققین دست یافت. نتایج بدست آمده نشان می دهد که رفتار نواحی ساحلی دریای خزر ماهیتی طوفانی با ساحل فرسایشی دارد که امکان شکل گیری نیمرخ های چند پشته ای (سه پشته) در آن بسیار بالا است. با افزایش تیزی موج، پشته هایی با حجم کمتر، ارتفاع کمتر و عمق آب کمتر در ابتدا، انتها و در تاج مرتفع ترین پشته، نسبت به هر سیکل کامل طول موج شکل می گیرد. علاوه بر این در شرایط کاهش تراز با تغییر در ارتفاع امواج، موقعیت قرارگیری و شکل هندسی پشته ها روند مشخصی را در پیش نخواهند گرفت.

فصل ۴

تحلیل نیمرخ های عرضی سواحل

دریای خزر

۴-۱- مقدمه

محققین با انجام تحقیقات و پژوهش های بسیاری، سعی در ارائه معادلاتی متناسب با نحوه تغییر شکل بستر دریا نمودند. آنالیز رگرسیون یکی از روش هایی است، که در زمینه نیمرخ های عرضی ساحلی به خصوص در تعیین پارامترهای هندسی نیمرخ های ساحلی مورد استفاده قرار می گیرد. آنها از آنالیز رگرسیون خطی و غیر خطی از داده های بدست آمده از نتایج آزمایشات و یا داده های میدانی، پارامترهایی را جهت توصیف کمی نیمرخ های ساحلی ارائه دادند. که براساس خطای بدست آمده از بین هر یک از این روش ها و داده های موجود، منطبق ترین معادله بر نیمرخ ها را تعیین و آن را لحاظ نمودند. محققینی از جمله سیلوستر، سو، گونایدین، کابداسلی، کومارسی، ازلوسر، دمیرسی و کانکال در این زمینه تحقیقات گسترده ای را انجام داده و نتایج قابل قبولی را ارائه دادند.

۴-۲- آنالیز رگرسیون

تحلیل رگرسیون روشی ساده برای بررسی و تعیین روابط تابعی میان متغیر پاسخ و مجموعه متغیر های پیشگو می باشد. متغیر پاسخ را با Y و مجموعه متغیر های پیشگو را با $X_1, X_2, \dots, X_p$ نشان می دهند. متغیر های پیشگو یا توضیحی با نام های متغیرهای مستقل، کمکی و متغیرهای عامل نیز معرفی می شوند. رابطه بین Y و $X_1, X_2, \dots, X_p$ با الگوی رگرسیونی ۴-۱ نشان داده می شود.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_p) + \varepsilon \quad (4-1)$$

براساس معادله ۴-۱، ε خطای تصادفی است که پراکندگی در تقریب را نشان می دهد. در واقع خطای تصادفی عدم برازش خوب الگو، به داده ها را بیان می کند. با توجه به داده های مربوط به متغیر های پاسخ و متغیرهای پیشگو، الگوهای رگرسیون جهت برازش داده ها، متفاوت خواهند بود. این الگوها شامل الگوی رگرسیون خطی و الگوی رگرسیون غیر خطی می باشند. در ادامه هر یک از این الگو ها و روش های حل آن، به اختصار توضیح داده می شود (نیرومند، ۱۳۸۴).

۴-۲-۱- رگرسیون خطی

در صورتی که داده ها در امتداد یک خط مستقیم قرار گیرند، معادله خط مستقیم، دو متغیر مستقل و وابسته را به هم مرتبط می سازد که به صورت معادله ۴-۲ می باشد.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (2-4)$$

در معادله ۴-۲، β_0 عرض از مبدا و β_1 شیب خط می باشد. با توجه به اینکه نقاط دقیقاً روی یک خط قرار نمی گیرند، خطای ε که از اختلاف بین مقدار مشاهده شده y و خط مستقیم ($y = \beta_0 + \beta_1 x$) بدست می آید که معادله (۴-۲) را اصلاح می کند. برای تعیین پارامترهای مربوط به این معادله خط از روش کمترین مربعات استفاده می شود. این روش اولین بار توسط کارل فردیک گاوس^۱ (۱۷۷۷-۱۸۵۵) و آدرین ماری لژاندر^۲ در سال ۱۸۵۰ ارائه شده است.

اگر مجموعه مشاهدات $(X_1, Y_1), \dots, (X_n, Y_n)$ ، طبق معادله (۴-۲) برای $i=1, 2, \dots, n$ نوشته شود، معادلاتی به صورت معادله ۴-۳ بدست می آید، که براساس آن می توان، مجموع مربعات انحراف ها از خط واقعی را به صورت معادله ۴-۴ نشان داد.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad (3-4)$$

$$S = \sum_{i=1}^n \varepsilon^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i)^2 \quad (4-4)$$

براساس معادله ۴-۴، β_0, β_1 باید به گونه ای باشند که مقدار S به حداقل مقدار ممکن برسد. با مشتق گیری از رابطه ۴-۴ ابتدا نسبت به β_0 ، سپس نسبت به β_1 و مساوی صفر قرار دادن این مشتقات مقادیر β_0, β_1 که به عنوان ضرایب رگرسیون می باشند، تعیین می شوند (نیرومند، ۱۳۸۴).

^۱ Carl Friedrich Gauß

^۲ Adrien-Marie Legendre

مسائل زیادی وجود دارند که برای فهم بیشتر و یا پیشگویی بهتر پاسخی خاص، اطلاعاتی درباره بیش از یک متغیر مستقل یا پیشگو لازم است. یکی دیگر از روش های حل معادلات رگرسیون روش جبر ماتریس ها می باشد. این روش می تواند برای هر مسئله رگرسیونی بدون توجه به اینکه چند متغیر مستقل یا پیشگو در معادله رگرسیون وجود دارد، به کار رود. در حالت کلی ممکن است متغیر پاسخ به p متغیر پیش بینی $X_1, X_2, \dots, X_p$ مربوط باشد و این متغیر های پیش بینی در طی Π مشاهده ثبت شده باشند، بنابراین مدل رگرسیونی به صورت معادله ۴-۵ نوشته می شود؛ که معادله ماتریسی ۴-۶ جهت تعیین $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ به کار برده می شود. در نهایت ماتریس ضرایب رگرسیون (β) طبق معادله ۴-۷ بدست می آید. به دلیل امکان ایجاد خطاهای بزرگ حاصل از گرد کردن، چنین محاسبات ماتریسی به وسیله یک روال کامپیوتری انجام می شود.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon \quad (۵-۴)$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{p1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & \dots & x_{pn} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad (۶-۴)$$

$$\beta = (x'x)^{-1}(x'y) \quad (۷-۴)$$

۴-۲-۲- رگرسیون غیر خطی

هر مدل معادله رگرسیونی که به صورت معادله (۴-۵) نباشد، مدل غیر خطی نامیده می شود. به معادلات غیر خطی که قابلیت تبدیل به حالت خطی دارند، ذاتا خطی و در صورتی که معادله غیرخطی هیچ گونه قابلیت تبدیل به حالت خطی را نداشته باشد، ذاتا غیر خطی گفته می شود. هرچند ممکن است تبدیل چنین مدلی به صورتی که بتوان آن را ساده تر برآزش کرد مفید باشد، اما تبدیل به هر شکلی که باشد مدل به صورت غیر خطی باقی خواهد ماند. مدل های رایج رگرسیون

غیرخطی شامل مدل توانی، مدل لگاریتمی، مدل نمایی، مدل‌های رشد لجستیک، مدل گامپرت، مدل ویبول و... می‌باشند.

در صورتی که مدل غیرخطی به صورت معادله ۴-۸ باشد، مجموع مربعات خطاها به صورت معادله ۴-۹ بدست می‌آید.

$$Y = f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p) + \varepsilon \quad \Rightarrow \quad Y = f(\xi_u, \theta) + \varepsilon_u \quad (۴-۸)$$

$$S(\theta) = \sum_{u=1}^n \{Y_u - f(\xi_u, \theta)\}^2 \quad (۴-۹)$$

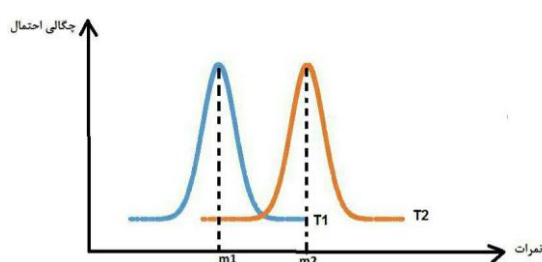
یکی از روش‌های برآورد پارامترهای معادلات غیر خطی، روش تکرار می‌باشد که کارایی این روش به شکل معادلات و روش تکرار مورد استفاده، بستگی دارد. از دیگر روش‌های حل معادلات غیر خطی برنامه محاسباتی کامپیوتری می‌باشد. سه روش برآورد پارامترها شامل (۱) خطی کردن (۲) تندترین کاهش (۳) مصالحه مارکوارت می‌باشد (نیرومند، ۱۳۸۴).

۴-۳- معرفی الگوریتم بهینه سازی TLBO

با توجه به کاهش همه جانبه ی منابع، بهینه سازی در زمینه های مهندسی امری ضروری می‌باشد. یکی از جدیدترین روش‌های فرا اکتشافی بهینه سازی در مواجهه با مسائل مهندسی، بهینه سازی بر مبنای آموزش، یادگیری (TLBO) می‌باشد. این روش از رفتار یک معلم در کلاس و انتقال آموزش از طریق او به دانش آموزان الهام گرفته شده است. برخلاف سایر الگوریتم‌های فرا اکتشافی الهام یافته از طبیعت، TLBO جهت اجرا نیاز به هیچ کنترل کننده ی خاص الگوریتم ندارد و فقط پارامترهای عادی بهینه سازی مانند اندازه جمعیت، تعداد تکرار در اجرای آن نقش دارند. برای این منظور محاسبات لازم به وسیله ی برنامه نویسی در محیط متلب انجام یافته است.

رائو و همکارانش^۱ در سال ۲۰۱۱ روشی را موسوم به بهینه سازی بر مبنای آموزش، یادگیری جهت بهینه سازی مسائل طراحی مکانیکی و برای اولین بار در قالب مقاله ای ارائه کردند. روش بهینه سازی بر مبنای آموزش و یادگیری، جدیدترین تحقیق رائو در شاخه ی بهینه سازی می باشد. این روش براساس فلسفه انتقال آموزش از طریق معلم به دانش آموزان در یک کلاس و تأثیر این عمل بر روی نتایج دانش آموزان پایه ریزی شده است. همانند سایر روش های فرا اکتشافی، TLBO نیز یک روش مبتنی بر جمعیت است. جمعیت در این روش به عنوان دانش آموزان یک کلاس تلقی می شوند. فرایند TLBO در دو فاز معلم و دانش آموز انجام می شود.

این الگوریتم الهام گرفته از آموزش یک موضوع به دانش آموز می باشد و براساس عملکرد و نمرات دانش آموزان می توان از آن استفاده کرد. به عنوان مثال شکل ۴-۱ توزیع احتمالی نمرات دانش آموزان، با فرض توزیع گوسی می باشد. نمودار آبی نشان دهنده نمرات دانش آموزان در یک رده سنی، تحت آموزش یک معلم و نمودار قرمز نشان دهنده نمرات دانش آموزان در همان رده سنی تحت آموزش معلم دیگری است. میانگین نمرات دانش آموزان طبق نمودار نشان می دهد، معلم دوم (نمودار قرمز) با میانگین نمرات m_2 نسبت به معلم اول عملکرد بهتری دارد.

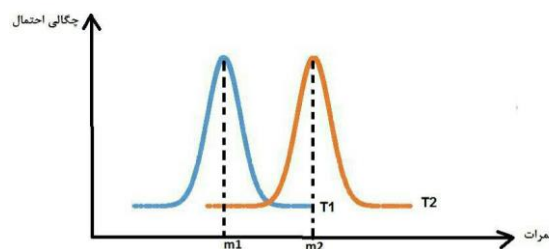


شکل ۴-۱- توزیع چگالی احتمال نمرات دانش آموزان

در الگوریتم TLBO، تنها معیاری که برای ارزیابی یک معلم مورد استفاده قرار می گیرد، میانگین نمرات می باشد. معلم جهت بهبود وضعیت کلاس روی میانگین نمرات تمرکز می کند و سعی در بهبود آن دارد. در واقع اگر در این نمودار چگالی احتمال T_1 را به عنوان معلم (بهترین نمره) در نظر

^۱ R.V. Rao et al.

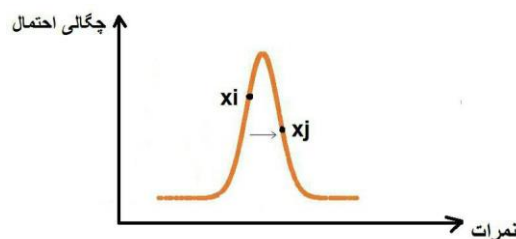
بگیریم این معلم سعی دارد با انتقال دانش، میانگین M_1 را به خودش نزدیک و یا حتی منطبق کند. بنابراین معلم با آموزش گروه، میانگین را افزایش داده و به نقطه M_2 می‌رسد. نمودار دوم یک جامعه آماری دیگر است و به معلم جدیدتر (T_2) می‌رسد و این معلم جدید هم همواره تلاش می‌کند که میانگین را به همین صورت بهبود بخشد. به این مرحله از الگوریتم TLBO که معلم با انتقال دانش سعی در بهبود میانگین نمرات دارد، مرحله آموزش^۱ می‌گویند (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴- توزیع چگالی احتمال نمرات دانش آموزان (مرحله آموزش)

در مرحله بعد، از طریق تعامل و ارتباط بین دانش آموزان نوعی یادگیری اتفاق می‌افتد. طبق شکل ۳-۴ دو همکلاسی در دو موقعیت متفاوت قرار گرفته‌اند. حال دانش آموز ضعیف‌تر باید طبق رابطه ۱۰-۴ به سمت دانش آموز قوی حرکت کند. بهترین حالت ممکن این است که x_i دقیقاً مساوی x_j شود.

$$x_i^{new} = x_j + \vec{r}(x_j - x_i) \quad (۱۰-۴)$$

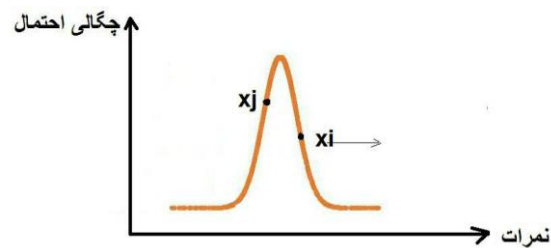


شکل ۳-۴- نمودار چگالی احتمال نمرات دانش آموزان (مرحله یادگیری)

رابطه ۱۰-۴ در صورتی که x_j عملکرد بهتری نسبت به x_i داشته باشد، برقرار است. بردار $\vec{r}$ رویکردی تصادفی را به وجود می‌آورد، در نتیجه قدرت جستجوی الگوریتم بیشتر می‌شود.

^۱ Teaching phase

حال اگر x_i از x_j بهتر شود، مطابق با معادله ۴-۱۱، x_i باید خود را بهبود ببخشد، در واقع باید از x_j فاصله بگیرد (شکل ۴-۴). به این مرحله، مرحله یادگیری می گویند، که هر دانش آموز برای بهبود وضعیت خود از دانش آموز دیگری کمک می گیرد. اگر این دو مرحله به صورت متوالی انجام شود، به مرور جمعیت بهبود پیدا می کند.

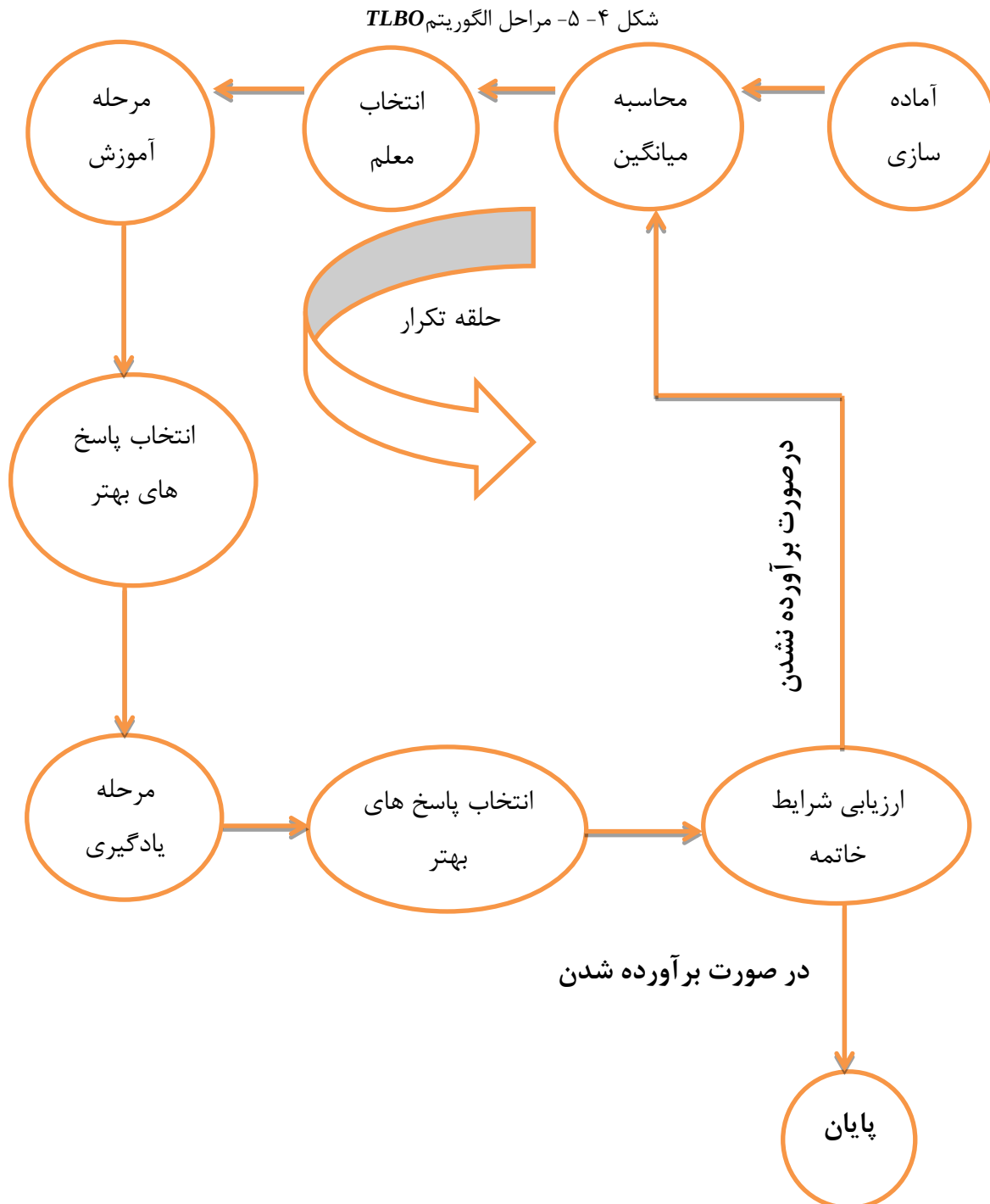


شکل ۴-۴- نمودار چگالی احتمال نمرات دانش آموزان (مرحله یادگیری)

$$x_i^{new} = x_i + \vec{r}(x_i - x_j) \quad (۴-۱۱)$$

۴-۳-۱- مراحل الگوریتم TLBO

شکل ۴-۵ مراحل عملکرد الگوریتم TLBO را به صورت شماتیک نشان می دهد.



۴-۴- آنالیز نیمرخ های عرضی توسط رگرسیون و الگوریتم بهینه سازی TLBO

با توجه به تحقیقات انجام شده در سال های اخیر در زمینه تعیین پارامترهای هندسی نیمرخ های عرضی، می توان پارامترهای نیمرخ های عرضی سواحل دریای خزر را با استفاده از انواع توابع رگرسیون بدست آورد. در این بررسی از سه نوع تابع رگرسیون، خطی چند گانه، غیرخطی توانی و غیر خطی نمایی که به صورت معادلات ۴-۱۲، ۴-۱۳ و ۴-۱۴ می باشند، استفاده شده است.

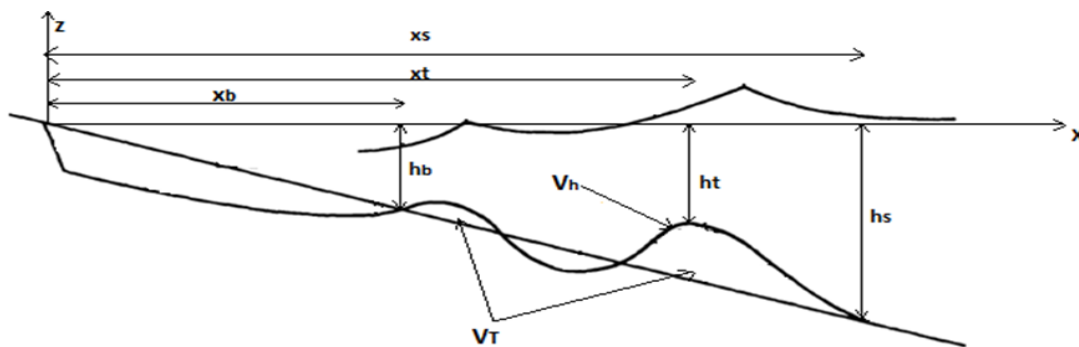
$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad \text{خطی چندگانه} \quad (۴-۱۲)$$

$$y = b_0 \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot \dots \cdot x_n^{b_n} \quad \text{توانی} \quad (۴-۱۳)$$

$$y = b_0 + \exp(b_1 + b_2x_1 + \dots + b_{n+1}x_n) \quad \text{نمایی} \quad (۴-۱۴)$$

داده های مورد نیاز که شامل اطلاعات هر منطقه در شرایط عادی و در شرایط طوفانی می باشد، از مراکز علمی و مطالعاتی کشور شامل سازمان بنادر و دریانوردی و نیز مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر دریافت شده است. هدف از بکارگیری آنالیز رگرسیون، تعیین معادلات پارامترهای هندسی نیمرخ های عرضی، شامل فاصله ابتدای اولین پشته تشکیل شده تا خط ساحلی و عمق آن (h_b, X_b) ، فاصله تاج مرتفع ترین پشته تشکیل شده در نیمرخ عرضی چند پشته ای تا خط ساحلی و عمق آن (h_t, X_t) ، فاصله انتهای آخرین پشته تشکیل شده در نیمرخ عرضی و عمق آن (h_s, X_s) ، حجم مرتفع ترین پشته (V_H) و در نهایت حجم کل پشته ها (V_T) می باشد. برای بدست آوردن معادلات رگرسیون بدست آمده به دو دسته متغیر وابسته و مستقل نیاز می باشد. به منظور کاهش میزان خطا و تسهیل در استفاده از داده های میدانی، هریک از پارامترهای مستقل بکار برده شده در معادلات شامل ارتفاع موج (H_0) ، قطر متوسط ذرات (D_{50}) ، طول موج (L_0) ، سرعت سقوط ذرات (V_f) ، پریود موج (T) ، طول موج (L_0) و تغییرات سطح تراز آب (S) و همچنین پارامترهای وابسته نیز باید به صورت بی بعد در نظر گرفته شوند. همانطور که در مطالعات گذشته

نشان داده شده است، در هیچ یک از بررسی های انجام شده پارامتر تغییر تراز سطح آب لحاظ نشده است اما باتوجه به اینکه در سواحل جنوبی دریای خزر سطح تراز آب کاهش می یابد این پارامتر در معادلات رگرسیون به عنوان پارامتر مستقل تاثیر گذار بر شکل هندسی نیمرخ های عرضی در نظر گرفته می شود. هریک از پارامترهای هندسی نیمرخ عرضی مربوط به بعد فاصله (X_s, X_t, X_b) توسط متغیر هایی نظیر L_0, D_{50} و H_0 پارامترهای هندسی مربوط به عمق (h_s, h_t, h_b) توسط L_0, D_{50} و H_0 پارامتر های مربوط به حجم توسط L_0^2, D_{50}^2, H_0^2 بی بعد شده اند؛ در نهایت $\frac{H_0}{L_0}, \tan\beta, \frac{H_0}{D_{50}}, \frac{H_0}{V_f T}$ و $\frac{H_0}{S}$ به عنوان متغیر های مستقل بی بعد و $\frac{X_b}{D_{50}}, \frac{X_b}{H_0}, \frac{X_b}{L_0}, \frac{h_s}{H_0}, \frac{h_s}{D_{50}}, \frac{h_s}{L_0}, \frac{h_t}{H_0}, \frac{h_t}{D_{50}}, \frac{h_t}{L_0}, \frac{h_b}{H_0}, \frac{h_b}{D_{50}}, \frac{h_b}{L_0}, \frac{X_s}{D_{50}}, \frac{X_s}{H_0}, \frac{X_s}{L_0}, \frac{X_t}{D_{50}}, \frac{X_t}{H_0}, \frac{X_t}{L_0}, \frac{V_T}{H_0^2}, \frac{V_T}{L_0^2}, \frac{V_T}{D_{50}^2}, \frac{V_H}{L_0^2}, \frac{V_H}{D_{50}^2}, \frac{V_H}{H_0^2}$ به عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته می شوند.



شکل ۴-۶- پارامتر های هندسی نیمرخ ساحلی

با بی بعد سازی متغیر ها مشاهده می شود که، مقادیر هر یک از این متغیر ها دارای بازه های متفاوتی از یکدیگر می باشند؛ به گونه ای که بعضی از متغیرها دارای مقادیر بسیار بزرگ و بعضی دیگر دارای مقادیر بسیار کوچک می باشند. این اختلاف مقادیر باعث ایجاد خطا در تعیین ضرایب معادلات

رگرسیون می شود. بنابراین با نرمال سازی^۱ هر یک از این متغیر ها براساس رابطه ۴-۱۵ می توان آنها را در بازه ۰/۱ تا ۰/۹ قرار داد (ازلو و همکارانش، ۲۰۱۴).

$$(۴-۱۵) \quad ۰/۱ + (۰/۹ - ۰/۱) * \left[\frac{\text{کمترین مقدار آن متغیر} - \text{مقدار اولیه متغیر}}{\text{کمترین مقدار آن متغیر} - \text{بیشترین مقدار آن متغیر}} \right] = \text{نرمال سازی داده ها}$$

حال می توان با استفاده از پارامتر های نرمال شده و براساس معادلات رگرسیون خطی و غیر خطی که در معادلات ۴-۱۲، ۴-۱۳ و ۴-۱۴ معرفی شده اند و الگوریتم بهینه سازی TLBO، این معادلات را بر اساس کدی که در برنامه متلب اجرا می شود، در کل سواحل جنوبی دریای خزر بدست آورد؛ در واقع به ازای هر پارامتر وابسته سه نوع معادله، که در مجموع برای شش منطقه تعیین شده در این سواحل، ۷۲ معادله ارائه می شود.

در نهایت با مقایسه مقادیر ضرایب تعیین (R^2) و مقادیر میزان خطای جذر میانگین مربعات ($RMSE$) که از نتایج تحلیل الگوریتم TLBO در برنامه متلب بدست می آید، می توان به منطبق ترین معادله بر نیمرخ های عرضی دست یافت و یک معادله واحد برای هر پارامتر وابسته ارائه نمود. ضرایب معادلات بدست آمده از الگوریتم بهینه سازی TLBO و ضرایب تعیین آنها در جدول های ۴-۱، ۴-۲، ۴-۳ آمده است؛ به گونه ای که هرچه مقدار R^2 به یک و مقدار $RMSE$ به صفر نزدیکتر باشد، معادله بدست آمده تطابق بیشتری با داده های واقعی دارد و به عنوان معادله نهایی مورد استفاده قرار می گیرد.

جدول ۴-۱- ضرایب بدست آمده از بهینه سازی رگرسیون خطی

$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5$								ضرایب پارامتر وابسته
RMSE	R^2	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	b_0	
۰/۱۳	۰/۷۳	-۱/۷۵	-۱/۱۷	-۲/۰۶	۳/۳۲	۰/۳۱	۰/۹۹	X_b / D_{50}
۰/۱۲	۰/۵۸	-۰/۵۸	-۰/۶۲	-۱/۴۰	۱/۴۰	۰/۱	۰/۸۰	X_b / L_0

^۱ Normalized

۰/۱۲	۰/۵۲	-۰/۰۵	-۰/۶۷	-۱/۰۲	۰/۵۴	۰/۱۹	۰/۷۳	X_b/H_0
۰/۱۳	۰/۵۸	-۳/۷۱	-۰/۹۳	-۴/۳۹	۷/۰۸	۰/۳۶	۱/۰۸	h_b/D_{50}
۰/۱۱	۰/۸۰	-۳/۱۰	-۰/۶۶	-۴/۱۳	۵/۷۹	۰/۶۴	۰/۹۴	h_b/L_0
۰/۱۳	۰/۷۲	-۳	-۰/۶۹	-۳/۹۹	۵/۶۷	۰/۴۰	۱/۰۶	h_b/H_0
۰/۰۹	۰/۸۰	۰/۵۱	-۰/۷۴	۰/۵۱	-۰/۹۴	۰/۳۱	۰/۴۵	X_t/D_{50}
۰/۰۹	۰/۷۹	۰/۳۴	-۰/۷۲	-۰/۲۱	-۰/۵۳	۰/۱۰	۰/۸۲	X_t/L_0
۰/۱	۰/۷۴	۱/۶۲	-۰/۵۴	۱/۳۳	-۲/۹۵	-۰/۱۳	۰/۶۹	X_t/H_0
۰/۰۸	۰/۸۷	۰/۹۱	-۰/۸۶	۰/۴۷	-۱/۳۴	۰/۳۶	۰/۵۶	h_t/D_{50}
۰/۱	۰/۸۴	-۱/۶۴	-۰/۶۵	-۲/۴۱	۳/۰۱	۰/۲۹	۱/۰۰	h_t/L_0
۰/۱	۰/۸۲	-۱/۳۰	-۰/۶	-۲	-۲/۴۱	۰/۱۶	۰/۹۷	h_t/H_0
۰/۱۴	۰/۶۶	۰/۱۴	-۰/۹۴	۰/۰۵	-۰/۳۸	۰/۲۴	۰/۸	X_s/D_{50}
۰/۱۲	۰/۶۱	۰/۸۰	-۰/۴۲	۰/۵۰	-۱/۶۸	۰/۰۵	۰/۶۶	X_s/L_0
۰/۱۲	۰/۵۳	۱/۵۷	-۰/۴۴	۱/۱۷	-۳/۰۰	۰/۱	۰/۵۸	X_s/H_0
۰/۱۳	۰/۴۰	۰/۱۵	-۰/۳۷	۱/۱۹	-۱/۳۳	۰/۰۱	۰/۷۰	h_s/D_{50}
۰/۰۹	۰/۹۱	-۰/۱۸	-۰/۰۱	۰/۲۳	-۰/۸۹	۰/۱۶	۰/۷۲	h_s/L_0
۰/۰۹	۰/۹۲	-۰/۱۷	-۰/۰۴	۰/۲۵	-۰/۹۰	۰/۰۱	۰/۸۴	h_s/H_0
۰/۱۵	۰/۷۲	۳/۵۸	-۰/۵۴	۴/۰۴	-۶/۷۲	-۰/۴۵	۰/۷۵	V_T/D_{50}^2
۰/۰۹	۰/۹۲	-۱/۴۳	-۰/۲۶	-۱/۴۷	۱/۹۴	-۰/۱۵	۱/۱	V_T/L_0^2
۰/۰۹	۰/۹۳	-۰/۶۴	-۰/۲۱	-۰/۵۳	۰/۵۳	-۰/۳۸	۱/۰۳	V_T/H_0^2
۰/۱۰	۰/۵۶	۵/۵۱	۰/۱۳	۵/۵	-۱۰	-۰/۱۴	-۰/۰۲	V_H/D_{50}^2
۰/۱۳	۰/۸۰	۰/۶۶	۰/۳۰	۱/۵۳	-۲/۵۷	-۰/۲۲	۰/۵۲	V_H/L_0^2
۰/۱۳	۰/۷۸	۰/۷۹	۰/۲۸	۱/۶۷	-۲/۶۴	-۰/۴۱	۰/۵۳	V_H/H_0^2

جدول ۴-۱، نتایج ضرایب بدست آمده از آنالیز رگرسیون خطی و بهینه سازی آن توسط الگوریتم

TLBO را نشان می دهد. براساس نتایج بدست آمده، بهترین معادلات خطی مربوط به پارامترهای

وابسته بی بعد $\frac{X_b}{D_{50}}$ ، $\frac{X_t}{D_{50}}$ و $\frac{X_s}{D_{50}}$ ، $\frac{h_b}{L_0}$ ، $\frac{h_t}{D_{50}}$ ، $\frac{h_s}{H_0}$ ، $\frac{V_T}{H_0^2}$ ، $\frac{V_H}{L_0^2}$ به ترتیب با ضرایب R^2 ، ۰/۷۳،

۰/۸۰، ۰/۶۶، ۰/۸۰، ۰/۸۷، ۰/۹۲، ۰/۹۳، ۰/۸۰ و مقادیر RMSE، ۰/۱۳، ۰/۰۹ و ۰/۱۴، ۰/۱۱، ۰/۰۸،

۰/۰۹، ۰/۰۹، ۰/۱۳ می باشند.

جدول ۴-۲- ضرایب بدست آمده از بهینه سازی رگرسیون توانی

$y = b_0 \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot x_3^{b_3} \cdot x_4^{b_4} \cdot x_5^{b_5}$								
ضرایب	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	R^2	RMSE
X_b / D_{50}	۰/۱	۰/۰۵	۰/۴۵	-۰/۵۰	-۰/۹۶	-۰/۱۱	۰/۹۳	۰/۰۸
X_b / L_0	۰/۰۴	۰/۰۲	-۸/۰۳	۱/۸۵	-۰/۸۲	۵/۴۱	۰/۹۲	۰/۰۷
X_b / H_0	۰/۰۳	۰/۱۹	-۱۰	۲/۵۴	-۱/۰۱	۶/۶۱	۰/۹۶	۰/۰۵
h_b / D_{50}	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۳۴	-۰/۹۰	-۰/۶۸	-۰/۰۵	۰/۷۱	۰/۱۲
h_b / L_0	۰/۰۴	۰/۳۶	-۳/۵۶	-۰/۰۳	-۰/۶۸	۲/۳۳	۰/۹۷	۰/۰۵
h_b / H_0	۰/۰۵	۰/۱۷	-۳/۲۲	-۰/۰۱	-۰/۶۳	۲/۱۶	۰/۸۷	۰/۱۰
X_t / D_{50}	۰/۱۶	۰/۱۹	-۰/۸۵	۰/۱۶	-۰/۸۲	۰/۹۰	۰/۹۸	۰/۰۳
X_t / L_0	۰/۰۹	۰/۰۱	-۱/۹۵	۰/۴۱	-۰/۶۶	۱/۱۲	۰/۹۹	۰/۰۲
X_t / H_0	۰/۱۳	-۰/۲۵	-۵/۶۶	۲/۲۴	-۰/۵۵	۳/۴۵	۰/۹۸	۰/۰۳
h_t / D_{50}	۰/۱۹	۰/۱۳	-۲/۸۸	۰/۶۳	-۰/۷۹	۲/۳۹	۰/۹۶	۰/۰۵
h_t / L_0	۰/۰۸	۰/۱۱	-۱/۹۳	-۰/۱۵	-۰/۵۳	-۱/۲۲	۰/۹۵	۰/۰۵
h_t / H_0	۰/۰۷	۰/۰۱	-۲/۷۱	۰/۱۱	-۰/۵۲	۰/۸	۰/۹۵	۰/۰۵
X_s / D_{50}	۰/۱۵	۰/۱۵	-۳/۰۸	۱/۳۹	-۰/۸۱	۱/۷۰	۰/۹۳	۰/۰۷
X_s / L_0	۰/۰۸	۰/۰۶	-۹/۹۹	۳/۴۰	-۰/۵۸	۶/۱۲	۰/۹۴	۰/۰۶
X_s / H_0	۰/۰۷	۰/۱۸	-۱۰	۳/۸۵	-۰/۶۶	۵/۷۱	۰/۹۵	۰/۰۵
h_s / D_{50}	۰/۳۶	۰/۰۹	-۰/۳۷	۰/۶۹	-۰/۳۲	-۰/۳۳	۰/۵۸	۰/۱۳
h_s / L_0	۰/۱۲	۰/۰۴	-۷/۰۹	۲/۲۷	-۰/۱۲	۴/۰۵	۰/۹۵	۰/۰۷
h_s / H_0	۰/۱۱	-۰/۰۸	-۷/۹۳	۲/۴۷	-۰/۱۵	۴/۶۸	۰/۹۶	۰/۰۷
V_T / D_{50}^2	۰/۶۵	-۰/۵۷	-۱/۹۲	۲/۰۳	-۰/۱۵	۰/۸۰	۰/۵۶	۰/۱۶
V_T / L_0^2	۰/۰۶	-۰/۰۵	۵/۸۶	-۲/۱۴	۰/۱۷	-۴/۷۷	۰/۹۶	۰/۰۷

V_T/H_0^2	۰/۵۰	-۰/۰۷	۱۰	-۳/۰۲	-۰/۱۱	-۷/۹۹	۰/۹۶	۰/۰۸
V_H/D_{50}^2	۰/۸۴	-۰/۲۶	-۱۰	۴/۸۵	۰/۰۸	۶/۱۵	۰/۳۰	۰/۱۲
V_H/L_0^2	۰/۰۸	۰	۹/۹۹	-۲/۶۲	۰/۳۲	-۸/۲۷	۰/۸۵	۰/۱۲
V_H/H_0^2	۰/۰۷	-۰/۱۴	۱۰	-۲/۵۰	۰/۳۴	-۸/۲۸	۰/۸۳	۰/۱۲

جدول ۲-۴ نیز نتایج ضرایب بدست آمده از آنالیز رگرسیون توانی و بهینه سازی آن توسط الگوریتم

TLBO را نشان می دهد. با توجه به ضرایب معادلات پارامترهای بی بعد $\frac{h_b}{L_0}$ ، $\frac{X_s}{H_0}$ ، $\frac{X_t}{L_0}$ ، $\frac{X_b}{H_0}$

به ترتیب R^2 به دلیل داشتن بالاترین ضریب R^2 به ترتیب ۰/۹۷، ۰/۹۵، ۰/۹۹، ۰/۹۶، $\frac{V_H}{L_0^2}$ ، $\frac{V_T}{L_0^2}$ ، $\frac{h_s}{H_0}$ ، $\frac{h_t}{D_{50}}$

۰/۹۶، ۰/۹۶، ۰/۹۶ و ۰/۸۵ و با کمترین مقدار RMSE که به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۰۲، ۰/۰۵، ۰/۰۵، ۰/۰۵

۰/۰۵، ۰/۰۷، ۰/۰۷، ۰/۱۲ می باشند، به عنوان بهترین معادله توانی برای این مناطق از سواحل دریای

خزر در نظر گرفته می شوند.

۴-۳- ضرایب بدست آمده از بهینه سازی رگرسیون نمایی

$y = b_0 + \exp(b_1 + b_2x_1 + b_3x_2 + b_4x_3 + b_5x_4 + b_6x_5)$									
ضرایب	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	R^2	RMSE
پارامتر وابسته									
X_b/D_{50}	۰/۱۷	۰/۶۳	۴/۹۳	-۶/۲۸	۰/۹۵	-۱۰	۰/۱۳	۰/۹۳	۰/۰۷
X_b/L_0	۰/۱۱	۱/۱۵	۱/۶۱	-۱۰	-۷/۰۵	-۴/۳۲	-۱۰	۰/۹۳	۰/۰۶
X_b/H_0	۰/۱۱	۰/۲۲	۴/۵۴	-۱۰	-۷/۸۲	-۶/۱۷	-۷/۲۱	۰/۹۹	۰/۰۱
h_b/D_{50}	۰/۲۳	۰/۶۲	۷/۸۸	-۵/۶۷	۰/۶۳	-۹/۵۹	-۴/۷۷	۰/۷۲	۰/۱۲
h_b/L_0	۰/۱۱	۱/۰۰	۲/۷۲	۷/۶۰	-۶/۷۹	-۳/۳۸	-۹/۹۹	۰/۹۹	۰/۰۳
h_b/H_0	۰/۱۰	۱/۰۸	۱/۶۱	۱۰	-۸/۱۹	-۲/۸۵	-۸/۴۰	۰/۸۷	۰/۱
X_t/D_{50}	۰/۰۹	-۱/۲۱	۱/۰۵	-۱۰	۳/۵۳	-۴/۲۲	۷/۶۲	۰/۹۹	۰/۰۱
X_t/L_0	۰/۰۵	۰/۲۴	۰/۷۶	-۳/۵۶	۰/۵۰	-۲/۷۲	۱/۰۹	۰/۹۸	۰/۰۳
X_t/H_0	۰/۱۳	۰/۲۳	-۱/۵۸	۱۰	-۱/۳۷	-۳/۱	-۹/۵۶	۰/۹۶	۰/۰۴

۰/۰۴	۰/۹۷	۶/۸۹	-۲/۸۹	۳/۴۹	-۱۰	۱/۱۳	-۰/۷۳	۰/۰۳	h_t/D_{50}
۰/۰۶	۰/۹۵	-۳/۸۹	-۲/۰۸	-۵/۰۱	۵/۳۳	۱/۰۰	۰/۶۴	۰/۰۵	h_t/L_0
۰/۰۵	۰/۹۵	-۴/۸۹	-۲/۱۳	-۵/۶۹	۶/۸۴	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۰۶	h_t/H_0
۰/۰۶	۰/۹۵	-۱۰	-۱۰	۱/۳۸	۹/۶۱	-۱/۷۸	۰/۳۹	۰/۱۹	X_s/D_{50}
۰/۰۷	۰/۸۹	-۱۰	-۲/۷۹	۱۰	-۵/۸۹	۲/۰۳	-۰/۵۱	۰/۱۲	X_s/L_0
۰/۰۶	۰/۹۳	-۱۰	-۳/۴۰	۱۰	-۶/۲۰	۲/۴۷	-۰/۴۴	۰/۱۰	X_s/H_0
۰/۱۳	۰/۵۶	-۶/۹۴	-۹/۲۸	۷/۲	۱۰	-۱۰	-۰/۵۱	۰/۴۱	h_s/D_{50}
۰/۰۸	۰/۹۴	۱/۲۵	-۰/۲۱	۳/۹۸	-۸/۶۳	۰/۴۶	-۰/۳۰	۰/۰۸	h_s/L_0
۰/۰۸	۰/۹۷	۰/۶۰	-۰/۲۸	۲/۶۳	-۶/۳۶	۰/۱۹	-۰/۰۳	۰/۰۶	h_s/H_0
۰/۱۵	۰/۶۷	-۸/۴۱	-۰/۶۳	۱۰	۸/۶۸	-۱۰	-۱/۲۸	۰/۲۲	V_T/D_{50}^2
۰/۰۶	۰/۹۶	-۱۰	-۰/۷۰	-۱/۲۹	-۱۰	-۰/۴۴	۲/۵۲	۰/۱۱	V_T/L_0^2
۰/۰۷	۰/۹۶	-۱۰	-۰/۵۷	-۰/۱۶	-۱۰	-۰/۹۴	۲/۳۴	۰/۱۰	V_T/H_0^2
۰/۱۳	۰/۴۱	۸/۹۱	۰/۰۷	۳/۴	-۱۰	۸/۴۵	-۱۰	۰/۲۲	V_H/D_{50}^2
۰/۱۲	۰/۸۳	-۱۰	۱/۰۷	-۳/۸۰	-۱۰	-۰/۹۰	۰/۶۴	۰/۱۱	V_H/L_0^2
۰/۱۲	۰/۸۲	-۱۰	۱/۱۸	۴/۷۰	-۱۰	-۱/۴۵	۰/۵۱	۰/۱۱	V_H/H_0^2

و بر اساس جدول ۴-۳ با توجه به ضرایب بدست آمده از الگوریتم بهینه سازی، بهترین معادلات نمایی

مربوط به پارامترهای وابسته بی بعد $\frac{V_H}{L_0^2}$ ، $\frac{V_T}{L_0^2}$ ، $\frac{h_s}{H_0}$ ، $\frac{h_t}{D_{50}}$ ، $\frac{h_b}{L_0}$ ، $\frac{X_s}{D_{50}}$ ، $\frac{X_t}{D_{50}}$ ، $\frac{X_b}{H_0}$ به ترتیب با

ضرایب R^2 ، ۰/۹۹/۹۹، ۰/۰/۹۵، ۰/۹۹، ۰/۹۷، ۰/۹۷، ۰/۹۶، ۰/۸۳ و مقادیر RMSE، ۰/۰/۱، ۰/۰/۱ و

۰/۰۶، ۰/۰۳، ۰/۰۴، ۰/۰۸، ۰/۰۶، ۰/۱۲ می باشند.

در ادامه با توجه به مقادیر R^2 و RMSE بدست آمده از محاسبات نرم افزار متلب، از بین سه نوع

معادله مشخص شده برای هر پارامتر وابسته، منطبق ترین معادلات با داده های میدانی برداشت شده

از نیمرخ های عرضی سواحل دریای خزر، معادلات ۴-۱۶ تا ۴-۲۳ جهت توصیف کمی پارامترهای

هندسی مشخص می شود.

$$\frac{X_b}{H_0} = 0.11 + \exp(0.22 + 4.54 \frac{H_0}{L_0} - 10 \frac{H_0}{D_{50}} - 7.82 \frac{H_0}{V_f T} - 6.17 \tan \beta - 7.12 \frac{H_0}{S}) \quad (۱۶-۴)$$

$$\frac{h_b}{L_0} = 0.11 + \exp(1 + 2.72 \frac{H_0}{L_0} + 7.60 \frac{H_0}{D_{50}} - 6.79 \frac{H_0}{V_f T} - 3.38 \tan \beta - 9.99 \frac{H_0}{S}) \quad (۱۷-۴)$$

$$\frac{X_t}{D_{50}} = 0.09 + \exp(-1.211.05 \frac{H_0}{L_0} - 10 \frac{H_0}{D_{50}} + 3.53 \frac{H_0}{V_f T} - 4.22 \tan \beta + 7.62 \frac{H_0}{S}) \quad (۱۸-۴)$$

$$\frac{h_t}{D_{50}} = 0.03 + \exp(-0.73 + 1.13 \frac{H_0}{L_0} - 10 \frac{H_0}{D_{50}} + 3.49 \frac{H_0}{V_f T} - 2.89 \tan \beta + 6.89 \frac{H_0}{S}) \quad (۱۹-۴)$$

$$\frac{X_s}{H_0} = 0.07 \cdot \frac{H_0^{0.18}}{L_0} \cdot \frac{H_0^{-10}}{D_{50}} \cdot \frac{H_0^{3.85}}{V_f T} \cdot \tan \beta^{-0.66} \cdot \frac{H_0^{5.71}}{S} \quad (۲۰-۴)$$

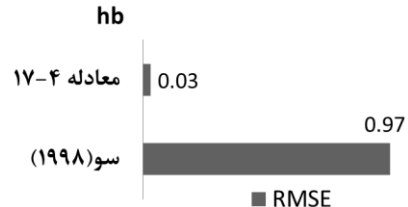
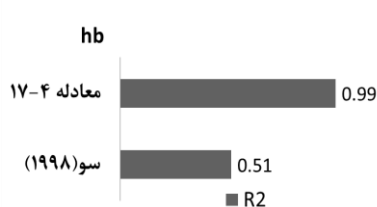
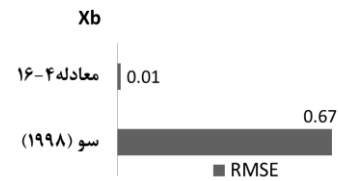
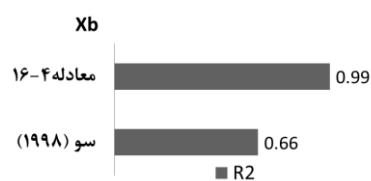
$$\frac{h_s}{H_0} = 0.06 + \exp(-0.03 + 0.19 \frac{H_0}{L_0} - 6.36 \frac{H_0}{D_{50}} + 2.63 \frac{H_0}{V_f T} - 0.28 \tan \beta + 0.60 \frac{H_0}{S}) \quad (۲۱-۴)$$

$$\frac{V_H}{L_0^2} = 0.64 \cdot \frac{H_0^{-0.90}}{L_0} \cdot \frac{H_0^{-10}}{D_{50}} \cdot \frac{H_0^{-3.80}}{V_f T} \cdot \tan \beta^{1.07} \cdot \frac{H_0^{-10}}{S} \quad (۲۲-۴)$$

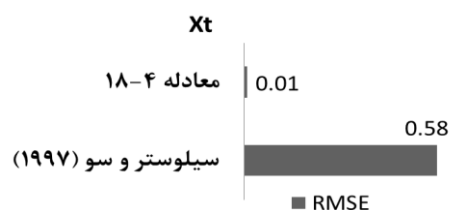
$$\frac{V_T}{L_0^2} = 0.11 + \exp(2.52 - 0.44 \frac{H_0}{L_0} - 10 \frac{H_0}{D_{50}} - 1.29 \frac{H_0}{V_f T} - 0.70 \tan \beta - 10 \frac{H_0}{S}) \quad (۲۳-۴)$$

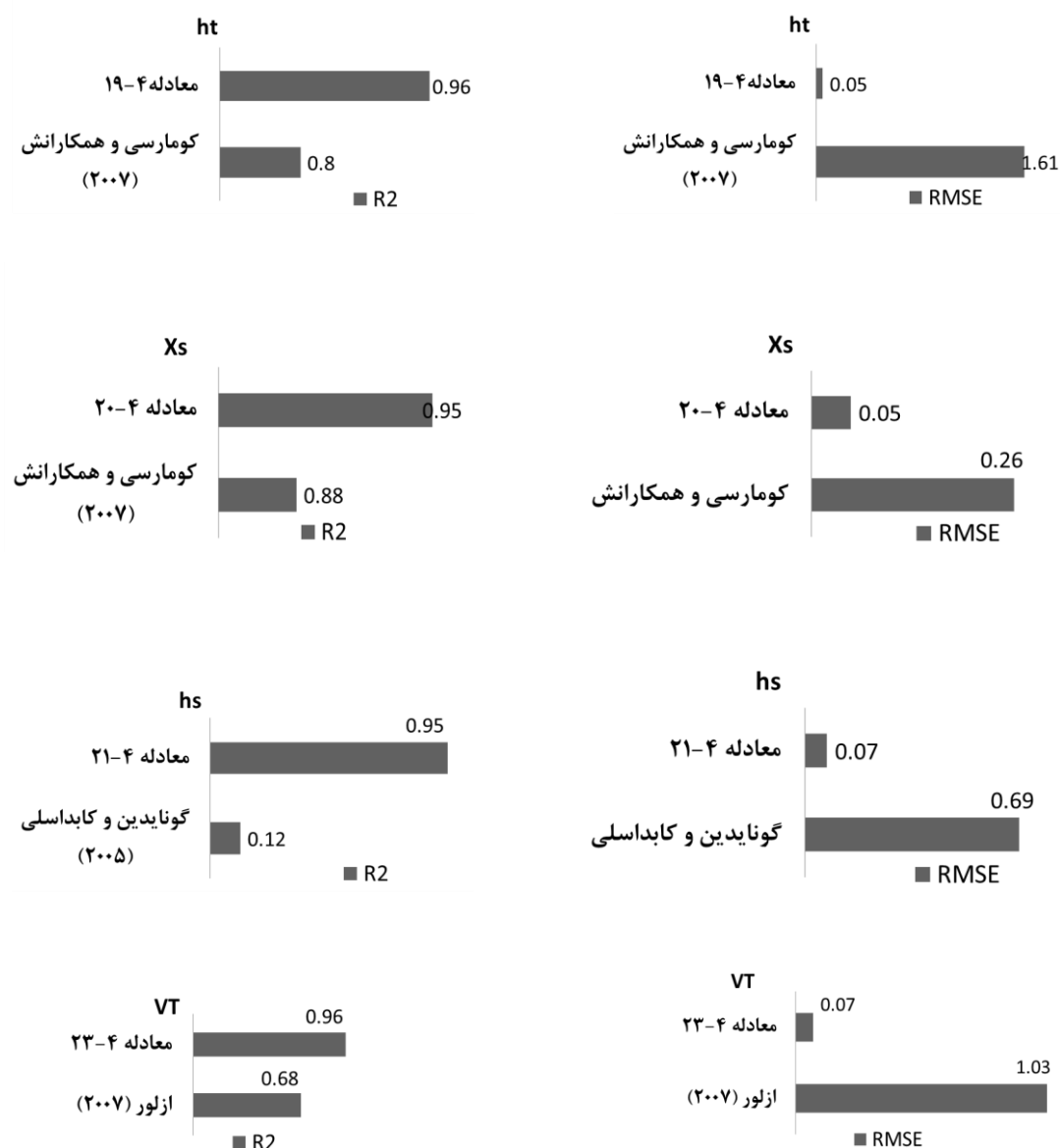
طبق معادلات ارائه شده، جهت تعیین فاصله ابتدای اولین پشته تشکیل شده تا خط ساحلی و عمق این نقطه به ترتیب از معادلات ۱۶-۴ و ۱۷-۴، فاصله تاج مرتفع ترین پشته تا خط ساحلی و عمق آن از معادلات ۱۸-۴ و ۱۹-۴، عمق انتهای آخرین پشته تشکیل شده از معادله ۲۱-۴ و حجم کل پشته های تشکیل شده از معادله ۲۳-۴ که از طریق رگرسیون نمایی بدست می آیند، می توان استفاده کرد. همچنین برای بدست آوردن پارامتر های مربوط به فاصله انتهای آخرین پشته تشکیل شده تا

خط ساحلی از معادله ۴-۲۰ و حجم مرتفع ترین پشته از معادله ۴-۲۲، که براساس رگرسیون توانی می باشند، استفاده می شود. این معادلات با توجه به نتایجی که جدول ۴-۲ و ۴-۳ نشان می دهند، با داشتن بالاترین مقدار R^2 و کمترین مقدار RMSE، دارای بهترین خروجی می باشند. ضرایب معادلات رگرسیون خطی که در جدول ۴-۱ نشان داده شده است، در مقایسه با این ضرایب دارای خطای بیشتری می باشند و با دقت کمتری شکل هندسی نیمرخ های عرضی را پیش بینی می کنند. حال با توجه به خطای بدست آمده از این روابط می توان میزان دقت معادلات ارائه شده در پیش بینی پارامترهای هندسی سواحل دریای خزر را به صورت شکل ۴-۷ نشان داد که این معادلات همواره دارای کمترین مقدار خطا می باشند.



شکل ۴-۷- مقایسه منطبق ترین معادلات بدست آمده از معادلات قبلی با معادلات بدست آمده در این تحقیق





شکل ۴-۷- مقایسه منطبق ترین معادلات بدست آمده از معادلات قبلی با معادلات بدست آمده در این تحقیق (ادامه)

۴-۵- جمع بندی

آنالیز رگرسیون یکی از روش های تعیین پارامترهای هندسی نیمرخ های عرضی سواحل می باشد. رگرسیون ارتباط بین متغیرهای وابسته و مستقل را تعیین کرده و به دو دسته خطی و غیر خطی تقسیم می شود. در این بررسی با توجه به داده های اندازه گیری شده از شش منطقه از سواحل جنوبی دریای خزر، پارامترهای مستقل و پارامترهای وابسته آن تعیین شده و به منظور کاهش میزان

خطا و تسهیل در استفاده از این داده های میدانی هریک از پارامتر ها بی بعد می شوند. بنابراین

پارامترهای $\frac{H_0}{L_0}$, m , $\frac{H_0}{D_{50}}$, $\frac{H_0}{V_f T}$ و $\frac{H_0}{S}$ به عنوان پارامترهای مستقل و پارامترهای $\frac{X_b}{H_0}$, $\frac{X_b}{L_0}$

$\frac{h_s}{D_{50}}$, $\frac{h_s}{L_0}$, $\frac{h_t}{H_0}$, $\frac{h_t}{D_{50}}$, $\frac{h_t}{L_0}$, $\frac{h_b}{H_0}$, $\frac{h_b}{D_{50}}$, $\frac{h_b}{L_0}$, $\frac{X_s}{D_{50}}$, $\frac{X_s}{H_0}$, $\frac{X_s}{L_0}$, $\frac{X_t}{D_{50}}$, $\frac{X_t}{H_0}$, $\frac{X_t}{L_0}$, $\frac{X_b}{D_{50}}$

به عنوان پارامتر های وابسته از طریق رگرسیون به $\frac{V_T}{H_0^2}$ و $\frac{V_T}{L_0^2}$, $\frac{V_T}{D_{50}^2}$, $\frac{V_H}{L_0^2}$, $\frac{V_H}{D_{50}^2}$, $\frac{V_H}{H_0^2}$, $\frac{h_s}{H_0}$

یکدیگر مرتبط می شوند. در این آنالیز از سه نوع معادله رگرسیون یعنی خطی، توانی و نمایی استفاده

شده که جهت بهینه سازی ضرایب بدست آمده از آنالیز رگرسیون، از الگوریتم بهینه سازی TLBO

که الگوریتمی مبتنی بر آموزش و یادگیری می باشد، استفاده شده است. براساس نتایج الگوریتم

نوشته شده در برنامه متلب و بهینه سازی، با مقایسه ضرایب R^2 و $RMSE$ بدست آمده از این

تحلیل برای هر یک از پارامترهای هندسی، معادلاتی که دارای بالاترین ضریب R^2 و کمترین مقدار

$RMSE$ می باشند، به عنوان منطبق ترین معادلات بر نیمرخ های عرضی سواحل خزر معرفی می

شوند، در نهایت معادله ۴-۱۶ و ۴-۱۷ فاصله ابتدای اولین پشته تشکیل شده تا خط ساحلی و عمق

آن، معادلات ۴-۱۸ و ۴-۱۹ فاصله تاج مرتفع ترین پشته تا خط ساحلی و عمق آن، معادلات ۴-۲۰

و ۴-۲۱ انتهای آخرین پشته تشکیل شده و عمق آن نقطه، معادله ۴-۲۲ حجم مرتفع ترین پشته

تشکیل شده در نیمرخ عرضی طوفانی و معادله ۴-۲۳ حجم کل پشته های تشکیل شده بر روی

نیمرخ عرضی طوفانی را مشخص می کنند. در انتها با مقایسه معادلات ارائه شده توسط سایر محققین

با معادلات ارائه شده در این تحقیق می توان به دقت بالای این معادلات در پیش بینی پارامترهای

هندسی سواحل جنوبی دریای خزر دست یافت.

فصل ۵

نتیجه گیری و پیشنهادات کار

۵-۱- نتیجه گیری

در بازه سال های ۱۹۸۰ تا به امروز محقق های بسیاری سعی در ارائه معادلاتی متناسب با نحوه تغییر شکل بستر دریا جهت تعیین ویژگی های هندسی نیمرخ های عرضی، نمودند. یکی از رایج ترین روش هایی که از گذشته تا به امروز توسط محققین در نقاط مختلف جهان به منظور تعیین پارامترهای هندسی نیمرخ های عرضی مورد استفاده قرار گرفته، روش آنالیز رگرسیون می باشد، که آنها با استفاده از رگرسیون خطی و غیر خطی، به ارائه معادلات پرداختند. محققینی از جمله لارسن و کراس (۱۹۸۹)، سیلوستر و سو (۱۹۹۷)، سو (۱۹۹۸)، گونایدین و کابداسلی (۲۰۰۵)، کومارسی و همکارانش (۲۰۰۷)، ازلوسر (۲۰۰۷) و دمیرسی و همکارانش (۲۰۱۳) با رگرسیون های خطی و غیر خطی بین داده های آزمایشگاهی و میدانی گرفته شده از نیمرخ های عرضی، به ارائه معادلاتی جهت تعیین پارامترهای هندسی پرداختند.

از دیگر روش های جدید تحلیل و بررسی شکل هندسی نیمرخ های عرضی، استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) می باشد، که این روش با دقت بالایی، قادر به پیش بینی پارامترهای هندسی نیمرخ عرضی می باشد. محققینی از جمله هاشمی و همکارانش (۲۰۱۰)، کومارسی و همکارانش (۲۰۱۳)، ازلو و همکارانش (۲۰۱۴)، دمیرسی و همکارانش (۲۰۱۴)، لویز و همکارانش (۲۰۱۷) و کانکال و همکارانش (۲۰۱۸) از این روش در پژوهش ها استفاده نمودند که آنها به منظور افزایش دقت و کارایی در ارائه مدل های پیش بینی، از الگوریتم های بهینه سازی مختلفی از جمله ABC، TLBO جهت آموزش شبکه عصبی استفاده نمودند. حال با توجه به بررسی های انجام شده توسط محققین و مقایسه این روش ها با یکدیگر در نقاط مختلف جهان، در صورت وجود داده های کافی از مناطق موردنظر، شبکه عصبی مصنوعی قابلیت پیش بینی دقیق تر و بهتری را دارا می باشد.

دراین تحقیق نیمرخ های عرضی سواحل جنوبی دریای خزر با توجه به داده های اندازه گیری شده توسط مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به داده ها و روابط

موجود، نوع نیمرخ ها و تعداد پشته های آن مشخص شده و از طریق آنالیز رگرسیون، معادلاتی جهت تعیین پارامتر های هندسی نیمرخ های عرضی سواحل دریای خزر ارائه شده است.

نتایج بدست آمده از محاسبات فصل ۳ نشان می دهد که رفتار نواحی ساحلی دریای خزر ماهیتی طوفانی با ساحل فرسایشی دارد که امکان شکل گیری نیمرخ های چند پشته ای (سه پشته) در آن بسیار بالا است. با افزایش تیزی موج، پشته هایی با حجم کمتر، ارتفاع کمتر و عمق آب کمتر در ابتدا، انتها و در تاج مرتفع ترین پشته، نسبت به هر سیکل کامل طول موج شکل می گیرد. علاوه بر این در شرایط کاهش تراز با تغییر در ارتفاع امواج، موقعیت قرارگیری و شکل هندسی پشته ها روند مشخصی را در پیش نخواهند گرفت. همچنین با مقایسه مقادیر پارامترهای بدست آمده از معادلات ارائه شده توسط محققین قبلی، می توان به منطبق ترین معادله به منظور تعیین پارامترهای هندسی سواحل خزر توسط محققین دست یافت

آنالیز رگرسیون یکی از روش های تعیین پارامتر های هندسی نیمرخ های عرضی سواحل می باشد. رگرسیون ارتباط بین متغیرهای وابسته و مستقل را تعیین کرده و به دو دسته خطی و غیر خطی تقسیم می شود. در این بررسی با توجه به داده های اندازه گیری شده از شش منطقه از سواحل جنوبی دریای خزر، پارامترهای مستقل و پارامترهای وابسته آن تعیین شده و به منظور کاهش میزان خطا و تسهیل در استفاده از این داده های میدانی هریک از پارامتر ها بی بعد می شوند. بنابراین

$$\text{پارامترهای } \frac{H_0}{L_0}, m, \frac{H_0}{D_{50}}, \frac{H_0}{V_f T}, \text{ و } \frac{H_0}{S} \text{ به عنوان پارامترهای مستقل و پارامترهای } \frac{X_b}{H_0}, \frac{X_b}{L_0},$$

$$\frac{h_s}{D_{50}}, \frac{h_s}{L_0}, \frac{h_t}{H_0}, \frac{h_t}{D_{50}}, \frac{h_t}{L_0}, \frac{h_b}{H_0}, \frac{h_b}{D_{50}}, \frac{h_b}{L_0}, \frac{X_s}{D_{50}}, \frac{X_s}{H_0}, \frac{X_s}{L_0}, \frac{X_t}{D_{50}}, \frac{X_t}{H_0}, \frac{X_t}{L_0}, \frac{X_b}{D_{50}}$$

$$\text{به عنوان پارامتر های وابسته از طریق رگرسیون به } \frac{V_T}{H_0^2}, \frac{V_T}{L_0^2}, \frac{V_T}{D_{50}^2}, \frac{V_H}{L_0^2}, \frac{V_H}{D_{50}^2}, \frac{V_H}{H_0^2}, \frac{h_s}{H_0}$$

یکدیگر مرتبط می شوند. در این آنالیز از سه نوع معادله رگرسیون یعنی خطی، توانی و نمایی استفاده شده که جهت بهینه سازی ضرایب بدست آمده از آنالیز رگرسیون، از الگوریتم بهینه سازی TLBO

که الگوریتمی مبتنی بر آموزش و یادگیری می باشد، استفاده شده است. براساس نتایج الگوریتم نوشته شده در برنامه متلب و بهینه سازی، با مقایسه ضرایب R^2 و $RMSE$ بدست آمده از این تحلیل برای هر یک از پارامترهای هندسی، معادلاتی که دارای بالاترین ضریب R^2 و کمترین مقدار $RMSE$ می باشند، به عنوان منطبق ترین معادلات بر نیمرخ های عرضی سواحل خزر معرفی می شوند، در نهایت معادلات ۴-۱۶ و ۴-۱۷ فاصله ابتدای اولین پشته تشکیل شده تا خط ساحلی و عمق آن، معادلات ۴-۱۸ و ۴-۱۹ فاصله تاج مرتفع ترین پشته تا خط ساحلی و عمق آن، معادلات ۴-۲۰ و ۴-۲۱ انتهای آخرین پشته تشکیل شده و عمق آن نقطه، معادله ۴-۲۲ حجم مرتفع ترین پشته تشکیل شده در نیمرخ عرضی طوفانی و معادله ۴-۲۳ حجم کل پشته های تشکیل شده بر روی نیمرخ عرضی طوفانی را مشخص می کنند. همچنین، با مقایسه معادلات ارائه شده در این تحقیق و معادلات محققین گذشته، دقت بالای آنها (نسبت به معادلات سایرین) در تحلیل پارامترهای هندسی دریای خزر نشان داده شده است.

۵-۲-پیشنهادهای ادامه کار

با توجه به اهمیت شکل هندسی نیمرخ های عرضی در فرآیند های دریایی، پوش کلی تغییرات فصلی نیمرخ بستر را، باید به عنوان مثال برای طراحی سازه های دریایی نظیر آبشکن ها، اسکله ها، دیوار های ساحلی و لوله های کف دریا که از منطقه ساحلی عبور می کنند و همینطور برای طراحی پروژه های بازیابی ساحل مورد مطالعه و ارزیابی قرار دارد. در همین راستا پیشنهادهای در زمینه شناسایی رفتار نیمرخ های عرضی ارائه شده است.

- پیش بینی پارامترهای نیمرخ های ساحلی به وسیله شبکه عصبی مصنوعی و آموزش این شبکه به وسیله الگوریتم بهینه سازی TLBO، در صورت وجود داده های مورفولوژیکی کافی
- تعیین حجم میزان فرسایش نیمرخ های عرضی در ازای انباشت رسوبات به صورت پشته
- بررسی تاثیر گذاری انتقال رسوبات طولی در شکل گیری و حجم پشته ها

- بررسی تاثیر جزر و مد بر شکل هندسی نیمرخ های عرضی در مناطقی که جزر و مد غالب است
- بررسی تاثیر پوشش گیاهی در شکل هندسی نیمرخ های عرضی
- بررسی ارتباط بین منابع قرضه (تپه های ماسه ای ساحل) و حجم پشته های ساحلی با استفاده از داده های میدانی و رگرسین گیری و الگوریتم های بهینه یابی.
- مدلسازی نرم افزاری فرایند تغییرات و نحوه شکل گیری پشته های ساحلی با نرم افزارهای عددی کد باز مانند XBeach , SBeach, ShorelineS و...

پیوست ها

```

TLBO
clc;
clear;
close all;

%% 1 - Data Loading
Data = xlsread('VT-L02.xlsx',1,'A2:F13'); % Normalized DATA
% Data = xlsread('VT-L0.xlsx',2,'A2:F13'); % DATA
X=Data(:,1:end-1);
Y=Data(:,end);
DataNum = size(X,1); % Number of Data-set
InputNum = size(X,2); % Number of Input Variables
OutputNum = size(Y,2); % Number of Output Variables

%% 2 - Problem Definition
% Cost Function
CostFunction=@(Coeff,XX,YY) Cost_Fun (Coeff,XX,YY); % Cost
Function

% nVar = InputNum+1; % Number of Unknown Variables (Linear)
% nVar = InputNum+1; % Number of Unknown Variables (Power)
nVar = InputNum+2; % Number of Unknown Variables (Exponential)
VarSize = [1 nVar]; % Unknown Variables Matrix Size
VarMin = -10; % Unknown Variables Lower Bound
VarMax = 10; % Unknown Variables Upper Bound

%% 3 - TLBO Parameters
MaxIt = 1000; % Maximum Number of Iterations
nPop = 100; % Population Size

%% 4 - Initialization
% Empty Structure for Individuals
empty_individual.Position = [];

```



```

empty_individual.Cost = [];
% Initialize Population Array
pop = repmat(empty_individual, nPop, 1);
% Initialize Best Solution
BestSol.Cost = inf;
% Initialize Population Members
for i=1:nPop
    pop(i).Position = unifrnd(VarMin, VarMax, VarSize);
    pop(i).Cost = CostFunction(pop(i).Position,X,Y);
    if pop(i).Cost < BestSol.Cost
        BestSol = pop(i);
    end
end
% Initialize Best Cost Record
BestCosts = zeros(MaxIt,1);
%% 5 - TLBO Main Loop
for it=1:MaxIt
    % Calculate Population Mean
    Mean = 0;
    for i=1:nPop
        Mean = Mean + pop(i).Position;
    end
    Mean = Mean/nPop;
    % Select Teacher
    Teacher = pop(1);
    for i=2:nPop
        if pop(i).Cost < Teacher.Cost
            Teacher = pop(i);
        end
    end
end

```

```

    end
end
% Teacher Phase
for i=1:nPop
    % Create Empty Solution
    newsol = empty_individual;
    % Teaching Factor
    TF = randi([1 2]);
    % Teaching (moving towards teacher)
    newsol.Position = pop(i).Position ...
        + rand(VarSize).*(Teacher.Position - TF*Mean);
    % Clipping
    newsol.Position = max(newsol.Position, VarMin);
    newsol.Position = min(newsol.Position, VarMax);
    % Evaluation
    newsol.Cost = CostFunction(newsol.Position,X,Y);
    % Comparision
    if newsol.Cost<pop(i).Cost
        pop(i) = newsol;
        if pop(i).Cost < BestSol.Cost
            BestSol = pop(i);
        end
    end
end
end
% Learner Phase
for i=1:nPop
    A = 1:nPop;
    A(i)=[];

```

```

j = A(randi(nPop-1));
Step = pop(i).Position - pop(j).Position;
if pop(j).Cost < pop(i).Cost
    Step = -Step;
end
% Create Empty Solution
newsol = empty_individual;
% Teaching (moving towards teacher)
newsol.Position = pop(i).Position + rand(VarSize).*Step;
% Clipping
newsol.Position = max(newsol.Position, VarMin);
newsol.Position = min(newsol.Position, VarMax);
% Evaluation
newsol.Cost = CostFunction(newsol.Position,X,Y);
% Comparision
if newsol.Cost<pop(i).Cost
    pop(i) = newsol;
    if pop(i).Cost < BestSol.Cost
        BestSol = pop(i);
    end
end
end
%% 5-1 Calculate Outputs
Ypredict = zeros(size(X,1),1);
for i=1:size(X,1)
%   Ypredict(i,1) = BestSol.Position(1)+sum(BestSol.Position(2:end) .*
X(i,:)) ; % Linear

```

```

% Ypredict(i,1) =
BestSol.Position(1)*(X(i,1)^BestSol.Position(2))*(X(i,2)^BestSol.Position(
3))*(X(i,3)^BestSol.Position(4))*(X(i,4)^BestSol.Position(5))*(X(i,5)^Bes
tSol.Position(6)); % Power

Ypredict(i,1) =
BestSol.Position(1)+exp(BestSol.Position(2)+sum(BestSol.Position(3:end)
.* X(i,:))); % Exponential
end

lmr = fitlm(Y,Ypredict,'linear');
Rsquared = lmr.Rsquared.Ordinary;
RMSE = lmr.RMSE;

%% 5-2 Display the Results

% Store Record for Current Iteration
BestCosts(it) = BestSol.Cost;

% Show Iteration Information
disp(['Iteration ' num2str(it) ': Best Cost = ' num2str(BestCosts(it)) ' ,
Rsquared = ' num2str(Rsquared) ' , RMSE = ' num2str(RMSE)']);
end

%% 6 - Results
figure;
%plot(BestCosts, 'LineWidth', 2);
semilogy(BestCosts, 'LineWidth', 2);
xlabel('Iteration');
ylabel('Best Cost');
grid on;

```

COST_FUN

```
function Cost=Cost_Fun(Coeff,X,Y)

    Ypredict = zeros(size(X,1),1);
    for i=1:size(X,1)
        %    Ypredict(i,1) = Coeff(1)+sum(Coeff(2:end) .* X(i,:)) ; %Linear
        %    Ypredict(i,1) =
        Coeff(1)*(X(i,1)^Coeff(2))*(X(i,2)^Coeff(3))*(X(i,3)^Coeff(4))*(X(i,4)^C
        oeff(5))*(X(i,5)^Coeff(6)); % Power
        Ypredict(i,1) = Coeff(1)+exp(Coeff(2)+sum(Coeff(3:end) .* X(i,:)));
        % Exponential
    end
    %    lmr = fitlm(Y,Ypredict,'linear');
    % %    Rsq = lmr.Rsquared.Ordinary;
    %    Cost = lmr.RMSE;
    %%
    Cost = 0;
    for i = 1:numel(Y)
        Cost = Cost + ( ( Y(i,1) - Ypredict(i,1) )^2 );
    end
end
```


منابع

منابع فارسی

اداره کل بنادر و دریانوردی استان گیلان، (۱۳۹۴)، "گزارش تغییرات تراز سطح آب دریای خزر"، معاونت بخش هیدروگرافی، مرکز اطلاعات.

برگی خ، (۱۳۹۴)، "اصول مهندسی دریا"، جلد اول، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، صفحه ۲۵۲-۲۵۶

چگینی و، (۱۳۹۰)، "مجموعه کتاب های مهندسی سواحل"، مرکز ملی اقیانوس شناسی و سازمان بنادر و دریانوردی، شماره ۶ و ۷

شاهینی ش، (۱۳۸۵)، "دریای خزر و پیرامون آن"، وزارت نیرو، موسسه تحقیقات آب، مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر

معاونت فنی و مهندسی اداره کل مهندسی سواحل و بنادر، (۱۳۸۷)، "مدل سازی امواج دریا های ایران"، جلد اول: دریای خزر، چاپ اول، سازمان بنادر و دریانوردی ایران

عطایی آشتیانی ب، نجفی جیلانی ع، (۱۳۸۴)، "مهندسی سواحل هیدرودینامیک سواحل"، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر

عطایی س، عجمی م، یعصوبی ح، ۱۳۹۴، پایان نامه ارشد، "تاثیر نوسانات سطح آب دریا بر نیمرخ عرضی سواحل ماسه ای"، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود

لشته نشایی م ا، غبرایی ع، (۱۳۸۵)، "پهنه بندی نیمرخ ناحیه ساحلی دریای خزر"، تحقیق بین دانشگاهی گیلان و گرگان.

مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، (۱۳۹۴)، "دانه بندی ذرات بستر دریای خزر"، وزارت نیرو، موسسه تحقیقات آب، مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، مرکز اطلاعات

مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، (۱۳۹۴)، "دسته بندی نیمرخ های عرضی دریای

خزر"، وزارت نیرو، موسسه تحقیقات آب، مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، مرکز اطلاعات

ن. درپیر، ه. اسمیت، (۱۹۲۳)، "تحلیل رگرسیونی کاربردی"، مترجمین غلامحسین شاهکار،

ابوالقاسم بزرگ نیا، مرکز نشر دانشگاهی تهران

س. چترجی، ع.اس. هادی، ب.پرایس، (۱۹۳۹)، "تحلیل رگرسیون با مثال"، مترجم دکتر حسینعلی

نیرومند، نشر دانشگاه فردوسی مشهد

Ataei,S., Lashteh Neshaei,M.A., Adjami,M.,2015, "Classification of barred and unbarred beach profiles in the caspian sea", **International Geoinformatics Research and Development Journal**, Vol. 6, Issue 2

Ataei,H., Adjami, M. and Seyed Ahmad Neshaei, 2018, "The Effects of Sea Level Fall on the Caspian Sea Shoreline Changes", **International Journal of Coastal & Offshore Engineering, IJCOE** Vol.2/No. 3/ (1-12)

Cazenave A., Bonnefond P., Dominh K.& Schaeffer P., (1997), "Caspian Sea level from Topex-Poseidon altimetry:Level now falling ", **Geophysical Research Letters**,24(8),881-884.

Cheng J, Wang P, Smith ER. "Hydrodynamic conditions associated with an onshore migrating and stable sandbar", *Journal of Coastal Research*. 2015 Apr 8;32(1):153-63.

Cheng,J., Wang,P., 2015,"measuring and modeling beach-profile response to tropical storm Debby,west central florida", **In Proceedings of the Coastal Sediments 2015, San Diego, CA, USA**, 11–15.

Cheng,J., Wang,P., Smith,E.R.,2016, "Hydrodynamic Conditions Associated with an Onshore Migrating and Stable Sandbar", *Journal of Coastal Research*, 32(1):153-163

Dally W., 1987," Longshore bar formation: Surf beat or undertow? *Proceedings of Coastal Sediments*",**87. ASCE**, , pp. 71-86.

Demirci, M., Aköz, M.S., Üneş,F.,2011, "An Experimental Study on Cross-Shore Sediment Transport", *International Balkans Conferance on Challenges of Civil Engineering*, **BCCCE**.

Demirci, M., Aköz, M.S.,2012, "An Investigation on the Formation of Submerged Bar Under Surges in Sandy Coastal Region", **China Ocean Eng.**, Vol.26, No.3, pp.535–546.

Demirci, M., Aköz, M.S.,2013," Investigation of bar parameters occurred by cross-shore sediment transport", **Int. J. Naval Archit. Ocean Eng.** 5:277-286.

Demirci, M., Aköz, M.S., Üneş, F., 2014, "Experimental investigation of cross-shore sandbar volumes", **J Coast Conserv** 18:11–16.

Demirci M.,• Unes F., Akoz M.S., 2015, "Prediction of cross-shore sandbar volumes using neural network approach", **J Mar Sci Technol** 20:171–179

Gunaydin, K., Kabdasli, M.S., 2003, "Characteristics of coastal erosion geometry under regular and irregular waves", **Ocean Engineering** 30,1579–1593

.Gunaydin, K., Kabdasli, M.S., 2005, "Investigation of offshore bar geometry under regular and irregular waves", **Journal of Coastal Research** 21 (2), 374–382.

Hashemi ,M.R., Ghadampour, Z., Neill, S.P., 2010, "Using an artificial neural network to model seasonal changes in beach profiles", **Ocean Engineering** 37,1345–1356.

Hsu, T-W., 1998, "Geometric characteristics of storm-beach profiles caused by inclined waves", **Ocean Engineering** 25 (1), 69–84.

Kankal, M., Uzlu, E., Nacar, S., Yüksek, O., 2018, "Predicting temporal rate coefficient of bar volume using hybrid artificial intelligence approaches", **J Mar Sci Technol**

Kankal M, Komurcu M, Yüksek O, Akpınar A., 2012, "Artificial neural networks for estimation of temporal rate coefficient of equilibrium bar volume". **Indian Journal of Geo-Marine Sciences**, 41:909–919

kerible, D.L., Dally, W.R. and Dean, R.G. (1986), "An undistorted Froude model for surf zone sediment transport", in **proceeding, 20th international conference on coastal engineering, American society of civil engineers, Taipei, Taiwan**, pp.1296-1310

King, C.A.M., 1972, "Beaches and Coasts", **2nd ed., St. Martin's Press**, New York, 314-334.

Kömürcü, M. İ., Özölçer, İ. H., Yüksek, Ö., Karasu, S., 2007, "Determination of bar parameters caused by cross shore sediment movement", **Ocean Engineering** 34, 685-695.

Komurcu, M.İ., Komur, M.A., Akpınar, A., Özölçer, İ.H., Yüksek, O., 2013, "Prediction of offshore bar-shape parameters resulted by cross-shore sediment transport using neural network", **Applied Ocean Research** 40 ,74–82.

- Larson, H., Kraus, N.C., 1989, "Numerical model for simulating storm-induced beach change (SBEACH)", Report 1. Empirical Foundation and Model Development, Technical Report, CERC-89-9, US Army Engineer Waterways Experiment Station, CERC, Vicksburg, Mississippi, USA
- López, I., Aragones, L., Villacampa, Y., Serra, J.C., 2017, "Neural network for determining the characteristic points of the bars", **Ocean Engineering** 136, 141–151.
- Masselink G. & Black K.P., (1995), "Magnitude and cross-shore distribution of bed return flow measured on natural beaches", **Coastal Engineering**, 25(3), 165-190.
- Ozolcer, I., 2008, "An experimental study on geometric characteristics of beach erosion profiles", **Ocean Engineering** 35, 17–27
- Panin, G.N., (2007), "Transboundary Diagnostic Analysis", **Climate change and Vulnerability Assessment Report for the Caspian Basin**.
- Pruszk, Z., Rozyński, G., Zeidler, R.B., 1997, "Statistical properties of multiple bars", **Coastal Engineering** 31, 263-280
- Rao RV, Savsani VJ, Vakharia DP., "Teaching–Learning–Based Optimization: An optimization method for continuous non-linear large scale problems", **Information Sciences** 183, 1-15
- Rozyński, G., 2003, "Data-driven modeling of multiple longshore bars and their interactions", **Coastal Engineering** 48, 151–170.
- Short, A. D., & Aagaard, T., 1993, "Single and multi-bar beach change models", **Journal of Coastal Research**, 141-157.
- Silvester, R., Hsu, J.R.C., 1997, "Coastal Stabilization", **Advanced Series on Ocean Engineering**, vol. 14.
- Sunamura, T. and Horikawa, K., 1974, "Two-dimensional beach transformation due to waves", **Proceedings of the 14th Coastal Engineering Conference**. Copenhagen, Denmark, 24-28 June 1974. pp.920-938.

Union of concerned Scientists, (2013), "Storm Surge and Magnify the Risks of Local Sea Level Rise", http://www.ucsusa.org/global_and_impacts/causes-of-sea-level-rise.html#.VnlvYP197IU.

Uzlu,E., Kömürcü,M.I, Kankal,M., Dede,T., Öztürk,H.T.,2014, "Prediction of berm geometry using a set of laboratory tests combined with teaching–learning-based optimization and artificial bee colony algorithms", **Applied Ocean Research** 48 ,103–113.

Watanabe, A., Maruyama, K., Shimizu, T., Sakakiyama, T., 1986, "Numerical prediction model of three-dimensional beach deformation around a structure",**Coastal Engineering in Japan** 29, 179 194.

ABSTRACT

cross-shore profiles of sandy beaches have an optimal role in analyzing and designing port areas, including commercial and fishing ones, because the cross-shore profiles will determine the sea's behavior in the coastal zone and will indicate the process of depth changes in this range. The active area usually extends from the coastline to the point offshore, where the movement of sediment from the effective wave is small. The equations that have been derived since the 1980s in determining important parameters related to the design of offshore structures such as docks, coastal walls and sea-bed pipes that cross the coastal area, as well as to create coastal boundaries and design coastal recovery projects have always had errors. This creates a higher design risk and as a result costs a lot.

In this research, the cross-shore profiles of the southern shores of the Caspian Sea have been investigated according to data measured by the National Center for Caspian Sea Studies and Research And the type of cross-shore profiles and the number of its bar. In the following, according to the available data and regression analysis and the TLBO optimization algorithm, the equations of the geometric variables of the cross-shore profiles, which have the least error, are presented as equations conforming to the transverse Caspian profiles.

Based on the results, the behavior of the coastal areas of the Caspian Sea is a stormy nature with a coastal erosion, which makes it possible to form multiple profiles (three bars) that are very high And geometric parameters of cross-shore profiles include the distance from the beginning of the first formation to the coastline and its depth, the distance of crest of highest bar to the coastline and its depth, the lasting distance of the last heath to the coastline and its depth, the tallest bar and volume The total bars formed using regression analysis and TLBO optimization algorithm with the lowest error values are obtained.

Keywords : Cross-shore Profiles, Erosion profiles, bars, Geometric shape, Caspian sea, regression, TLBO



Shahrood University of Technology
Faculty of Civil Engineering

Development of beach profile equations for multiple bars on the southern beaches of Caspian sea

By: Fateme Ghanbari

Supervisors:
Dr.mehdi Adjami

February 2019