برآورد اسکوات به تفکیک نوع شناور در بنادر ایران با استفاده از روش‌های تجربی

هدا فصیحی کرمی[۱*] ، سیده معصومه صداقی[۲]

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، (h.fasihi@ bhrc.ac.ir)
[۲] استادیار، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، (S.sadaghi@bhrc.ac.ir)

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۱۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۲۶

کلمات کلیدی:
اسکوات
روشهای تجربی
بنادر ایران

چکیده

پدیده اسکوات، جابجایی شناور به سمت پایین، شامل حرکت انتقالی و چرخشی بدنه، بر اثر عبور جریان آب، از اطراف آن است. امروزه، با افزایش چشمگیر اندازه و سرعت شناورها طی سال‌های اخیر، اهمیت تعیین دقیق و منطقی پارامتر اسکوات در طراحی آبراهه‌ها افزایش یافته است زیرا هزینه‌های اقتصادی طراحی و ایجاد یک آبراهه و یا تردد ایمن شناورها در آبراهه‌های موجود، از جمله مسایل مهمی هستند که پارامتر اسکوات در آنها نقش مهمی را بازی می‌کند. برای تعیین میزان اسکوات می‌توان از روش‌های مختلفی مانند استفاده از روابط تجربی، اندازه‌گیری میدانی و مدل‌سازی‌های عددی استفاده کرد. استفاده از روش مناسب در طراحی آبراهه‌ها با توجه به شرایط و محدودیت‌های محیطی و عملیاتی حائز اهمیت است. لذا در این پژوهش، پس از بررسی همه‌جانبه دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های معتبر جهانی، روابط محاسباتی ارائه شده در آیین‌نامه پیانک برای برآورد اسکوات شناورهای ورودی در افق ۱۴۰۴ به بنادر اصلی کشور (شهید رجایی، بوشهر، چابهار و امیرآباد) که دارای کانال محدود می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفته است. در بررسی انجام شده، تاثیر نوع و سرعت شناورهایی که در بنادر اصلی کشور تردد می‌کنند با توجه به مشخصات آبراهه‌های ورودی این بنادر مورد تحلیل قرار گرفته و پیشنهاداتی برای استفاده از این روابط در بنادر کشور ارائه شده است.

Estimating the squat of different vessel types in the design of Iranian ports waterways using empirical relations

Hoda Fasihi Karami [1*], Seyedeh Masoome Sadaghi [2]

[1] M.Sc. Grad, Road, Housing & Urban Development Research Center; h.fasihi@bhrc.ac.ir*
[2], Assistant Professor, Road, Housing & Urban Development Research Center; S.sadaghi@bhrc.ac.ir

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 06 Jun. 2020
Accepted: 16 Sep. 2020

Keywords:
Squat
empirical relations
Iranian ports

ABSTRACT

Squat is a steady downward displacement consisting of a translation and rotation due to the flow of water past the moving hull. Nowadays, with the considerable increases in the size and speed of ships, the importance of accurate determination of the squat parameter in the design of waterways has increased. Squat has an important role both in economic costs of design and construction of new waterways and safe movement of ships in existing waterways. Various methods can be used for squat estimation including empirical relations, laboratory test models and numerical modeling. In this paper, based on PIANC recommendations, different empirical formulas are used to estimate the squat of the incoming ships to some of the main ports of Iran on the horizon of 1404. Finally, by concluding the results, suggestions are given for calculating the squat of different vessel types in the design of Iranian ports waterways.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.32.9.0]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.32.59]

۱ - مقدمه

هنگامی که کشتی یا شناوری با سرعت در یک مقطع محدود، مانند کانال یا نواحی کم عمق حرکت می‌کند، جریان آب ایجاد شده در اطراف آن با مقاومت روبرو می‌شود. سرعت جریان برگشتی در زیر کشتی به علت کاهش سطح مقطع، زیاد شده و سبب افت فشار می‌گردد. این پدیده هیدرودینامیکی، سبب می‌شود که کشتی به سمت پایین کشیده[۱] شده و همزمان شیب آن به سمت سینه یا پاشنه متمایل شود[۲]. مقدار فرورفتگی دینامیکی شناور در اثر این پدیده را اسکوات می‌نامند. [۱] برآورد میزان اسکوات، در طراحی عمق کانال‌های ناوبری بنادر حائز اهمیت است. با توجه به محل فرورفتگی شناور، دو نوع اسکوات دماغه و پاشنه وجود دارد. از نظر تجربی، حداکثر مقدار اسکوات، در شناورهای با سرعت پایین مانند شناورهای تانکری و فله، در دماغه و در کشتی‌های باریک و با سرعت بالا مانند کشتی‌های مسافری و کشتی‌های کانتینری، حداکثر مقدار اسکوات در پاشنه رخ می‌دهد. [۲] اگرچه اسکوات برای کشتی‌های با سرعت کم و ابعاد کوچک وجود دارد ولی مقدار آن ناچیز بوده و قابل صرفنظر است، در مقابل در شناورهای بزرگ، مقدار اسکوات قابل توجه بوده و می‌تواند منجر به بروز مشکلاتی در ناوبری و تردد ایمن شناورها و یا موجب به گل نشستن آن‌ها در کانال بنادر شود. لذا با توجه به افزایش چشمگیر اندازه و سرعت شناورها طی سال‌های اخیر، اهمیت پدیده اسکوات افزایش یافته است. برای تعیین میزان اسکوات می‌توان از روش‌های مختلفی مانند استفاده از روابط تجربی، اندازه‌گیری میدانی و مدل‌سازی‌های عددی استفاده کرد. روش‌های محاسباتی و مدل‌سازی فیزیکی همراه با روش‌های رگرسیونی منجر به ارائه رابطه-های تجربی گردیده است که جایگاه مهمی در طراحی کانال‌ها دارند. همانطور که استنباط می‌شود، تعیین دقیق و منطقی پارامتر اسکوات در طراحی آبراهه‌ها از ابعاد مختلفی دارای اهمیت است. به عنوان مثال هزینه‌های اقتصادی طراحی و ایجاد یک آبراهه و یا تردد ایمن شناورها در آبراهه‌های موجود، از جمله مسایل مهمی هستند که پارامتر اسکوات در آنها نقش مهمی را بازی می‌کند. استفاده از روش مناسب در طراحی آبراهه‌ها با توجه به شرایط و محدودیت‌های محیطی و عملیاتی حائز اهمیت است. لذا در این پژوهش، پس از بررسی همه‌جانبه دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های معتبر جهانی، روابط محاسباتی ارائه شده در آیین‌نامه پیانک برای برآورد اسکوات شناورهای ورودی در افق ۱۴۰۴ به بنادر اصلی کشور (شهید رجایی، بوشهر، چابهار و امیرآباد) که دارای کانال محدود می‌باشند مورد بررسی قرار گرفته است. در بررسی انجام شده، تاثیر نوع و سرعت شناورهایی که در بنادر اصلی کشور تردد می‌کنند با توجه به مشخصات آبراهه‌های ورودی این بنادر مورد تحلیل قرار گرفته و پیشنهاداتی برای استفاده از این روابط در بنادر کشور ارائه شده است.

۲- مبانی نظری تحقیق

۲-۱- پیشینه تحقیق

مطالعات بسیاری به منظور محاسبه حداکثر مقدار اسکوات کشتی‌ها با ابعاد مختلف در موقعیت‌های گوناگون انجام شده است. اولین رابطه توسط تاک در سال ۱۹۶۶ ارائه شد که مبنای بسیاری از فرمول‌های دیگر اسکوات قرار گرفته‌است. [۳] پس از آن تاک و تیلور[۳] در سال ۱۹۷۰ رابطه‌ای را برای محاسبه اسکوات در آب‌های کم‌عمق ارائه نمودند. [۴] دند[۴] در سال ۱۹۷۳ اسکوات یک کشتی واقعی را در آب کم عمق اندازه‌گیری نمود. [۵] هوفت[۵] در سال ۱۹۷۴ با ترکیب ضرایب مربوط به میزان فرورفتگی و چرخش ارائه شده در رابطه تاک، رابطه کاربردی‌تری را برای محاسبه اسکوات در کانال‌های نامحدود ارائه نمود. [۶] بک و همکاران[۶] در سال ۱۹۷۵ محاسباتی را در خصوص حرکت کشتی در آب‌های کم عمق ارائه نمودند. [۷] هوسکا[۷] در سال ۱۹۷۶ با اضافه کردن یک ضریب اصلاحی برای عرض کانال، امکان به کارگیری رابطه هوفت را در آبراهه‌های محدود نیز، میسر نمود. [۸] اریزلو و هاوزر[۸] در سال ۱۹۷۸ بر اساس آزمایشات انجام شده در آبراهه‌های نامحدود با عمق محدود، رابطه‌ای را برای محاسبه اسکوات دماغه ارائه نمودند [۹] که البته توسط تحقیقات بعدی اریزلو در سال ۱۹۹۴ جایگزین گردید. [۱۰] پس از آن باراس[۹] در سال ۱۹۷۹ تحقیق همه جانبه‌ای بر روی اسکوات انجام داد و کتابچه‌ای تحت عنوان اسکوات کشتی را منتشر نمود که نتایج آن در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۴ تکمیل و بروزرسانی گردید. رومیش[۱۰] در سال ۱۹۸۹ جهت محاسبه پارامتر اسکوات در هر دو موقعیت دماغه و پاشنه شناور با استفاده از آزمایش‌های مدل فیزیکی برای انواع آبراهه‌ها روابطی را ارائه نمود. میلوارد[۱۱] در سال ۱۹۹۰ روشی را برای محاسبه اسکوات در آب‌های کم عمق انجام داد. انکودینو[۱۲] و دجت[۱۳] در سال ۲۰۰۰ مجموعه روابط مارسیم[۱۴] را که شامل ۲۰۰۰ فرمول جهت محاسبه حداکثر مقدار اسکوات، برمبنای میزان فرورفتگی نقطه مرکزی[۱۵] و چرخش شناور[۱۶] در آبهای کم‌عمق، ارائه نمودند. این روابط یکی از جامع‌ترین و در عین حال پیچیده‌ترین فرمول‌ها جهت تخمین اسکوات می‌باشد. گارد ساحلی کانادا تحقیقاتی را در زمینه اصلاح فرمول اریزلو در مسیر دریایی لاورنس[۱۷] در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۹ انجام داد. بریگز و دجت در سال ۲۰۰۹ و بریگز و همکاران در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳ مقایسه‌ای میان مقادیر پیش‌بینی اسکوات با روابط مارسیم و پیانک در شرایط آزمایشگاهی در آزمایشگاه باو[۱۸] و داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های انجام شده در کانال پاناما انجام دادند که تطابق مناسبی را نشان داد. در سال ۲۰۱۸ مک‌تاگارت[۱۹] روشی را برای محاسبه اسکوات بر مبنای تئوری جریان پتانسیل رانکین ارائه کرد. تحقیقات متعدد محققین و متخصصین از سال ۱۹۶۶ تا کنون،

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.32.9.0]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.32.59]

نشان‌دهنده اهمیت تعیین دقیق مقدار اسکوات می‌باشد که این اهمیت با توجه به افزایش تناژ و سرعت شناورهای نسل جدید در حال افزایش است.

۲-۲- بررسی آیین‌نامه‌های مرتبط

آیین‌نامه‌ها، راهنماها و دستورالعمل‌های تخصصی در هر حوزه، نتیجه پژوهش‌های گسترده متخصصان، متولیان و خبرگان آن حوزه و همچنین برگزاری جلسات متعدد هم‌اندیشی درخصوص جمع‌بندی نتایج حاصله، بومی‌سازی آن‌ها در کشور مربوطه و اخذ تصمیمات نهایی می‌باشند. بنابراین می‌توان آن‌ها را به‌عنوان مرجعی معتبر، مبنای مطالعات قرار داد. لذا در این بخش مروری بر دستورالعمل‌ها، آیین‌نامه‌ها، راهنماها و سایر مراجع ملی و بین‌المللی مرتبط و معتبر در خصوص محاسبه اسکوات در آبراهه‌ها، انجام شده است.

- **آیین‌نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران**

این آیین‌نامه در سال ۱۳۸۵ از سوی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور به کلیه دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران ابلاغ شده است. در این آیین‌نامه در قسمت "عمق آبراهه"، عوامل موثر در تعیین عمق مناسب آبراهه معرفی شده است که یکی از این عوامل "اضافه عمق برای فروروی کشتی هنگام حرکت شناور" می‌باشد. ولی به چگونگی محاسبه این پارامتر به صورت جداگانه اشاره‌ای نشده است. [۱۱]

- **دستورالعمل طراحی سازه‌های ساحلی**

این دستورالعمل در سال ۱۳۹۲ از سوی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور به کلیه دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران ابلاغ شده است. در بخش ششم این دستورالعمل تحت عنوان "کانال‌های ناوبری و حوضچه‌ها" در قسمت تعیین عمق کانال‌های ناوبری به پارامتر اسکوات اشاره و برای تعیین مقدار تقریبی آن، پیشنهاد شده است که از رابطه هوفت استفاده شود. [۱۲]

- **آیین‌نامه پیانک**

پیانک یک انجمن جهانی تخصصی می‌باشد که به عنوان قدیمی‌ترین انجمن دریایی با هدف ارتقاء دانش علمی و فنی در زمینه زیر ساخت های حمل و نقل آبی در سال ۱۸۸۵ در کشور بلژیک تأسیس شده است. گزارش "طراحی کانال‌های ورودی بنادر"[۲۰] توسط کمیته ناوبری دریایی[۲۱] با همکاری IAPH[۲۲]، IALA[۲۳]، IMPM [۲۴] در سال ۲۰۱۴ تهیه شده است. در متن و پیوست این گزارش تعریف کاملی از اسکوات، اهمیت این پارامتر، عوامل موثر در تعیین آن و همچنین روش‌های محاسبه آن به تفصیل توضیح داده شده است. پیانک توصیه می‌کند که کانال‌ها در دو مرحله طراحی شوند: رویکرد کلی به طراحی و جزئیات طراحی. بطور کلی بر اساس این آیین‌نامه، برای محاسبه اسکوات در انواع کانال‌ها، ساده‌ترین روش مربوط به باراس (۲۰۰۲) و یوشیمورا (۱۹۸۶) می‌باشد. برای کانال‌های باز یا نامحدود، سابقه نشان داده است رابطه آیکورلز (۱۹۸۰) از عملکرد و نتایج بهتری برخوردار است و فرمول‌های اریزلو-۲، هوسکا/گالیو و رومیش که از پیچیدگی بیشتری برخوردارند در مرحله جزئیات طراحی بکار گرفته می‌شوند. هنگام مقایسه این فرمول‌ها، باید به آماره‌های مربوط به حداقل، میانگین و حداکثر اسکوات توجه نمود که حتما در بازه مجاز قرار گیرند و همچنین برای مقایسه برتری نسبی یک مدل بر مدل یا مدل‌های دیگر باید معیارهایی در نظر گرفته شود. اگر برای پروژه زمان و میزان سرمایه معینی در نظر گرفته شده است، می‌توان یک مدل فیزیکی یا عددی طراحی نمود و بر اساس نتایج حاصل از آن صحت برآوردهای مدل پیانک را خصوصا برای حالتی که کشتی-های جدید با ابعاد بزرگ مد نظر است، اعتبارسنجی و تایید کرد. همچنین ذکر شده است که برای محاسبه بیشترین مقدار اسکوات در دماغه و پاشنه، فرمولهای تجربی ارائه شده در متن پیوست D این گزارش، باید مورد بررسی دقیق و مقایسه قرار گیرند و در این میان محدودیت‌های کانال و شناور نیز، در نظر گرفته شوند. [۱]

- **آیین‌نامه طراحی سازه‌های دریایی و مهندسی سواحل ژاپن (OCDI)[۲۵]**

آیین‌نامه طراحی سازه‌های دریایی و مهندسی سواحل ژاپن، استاندارد فنی و شرح و تفسیر برای بنادر و تجهیزات ساحلی در ژاپن می‌باشد که اولین نسخه آن در سال ۱۹۹۹ منتشر و سپس در سال ۲۰۰۲ و ۲۰۰۹ به‌روزرسانی شد.

در نسخه ۲۰۰۲ این آیین‌نامه، در تعیین عمق کانال ناوبری اشاره مستقیم به مولفه اسکوات نکرده است ولی جهت تعیین حداقل فاصله کشتی تا بستر دریا[۲۶] (که شامل اسکوات نیز می‌باشد)، کتاب‌های نوشته شده توسط یاو و هوندا را به عنوان مرجع معرفی کرده است. همچنین برای تخمین مقدار تقریبی فرورفتگی بدنه در آب[۲۷] با لحاظ سرعت و اندازه شناور، فرمول هوفت پیشنهاد شده است. [۱۳] در این مرجع به طور کلی توصیه شده است که ۱۰ درصد عمق آبخور شناور به عنوان حداقل فاصله کف شناور تا بستر کانال در نظر گرفته شود.

در نسخه ۲۰۰۹ این آیین‌نامه، برای تعیین عمق کانال ناوبری دو حالت در نظر گرفته شده است. حالت اول هنگامی است که ابعاد شناور طرح، شرایط محیطی ناوبری مانند آب‌وهوا، وضعیت دریا و سرعت کشتی مشخص نباشند. در این حالت عمق کانال، ضریبی بین ۱.۱ تا ۱.۲ حداکثر آبخور شناور طرح در آب‌های ساکن در نظر گرفته شده و اشاره مستقیم به پارامتر اسکوات نشده است. حالت دوم هنگامی است که ابعاد شناور طرح و شرایط ناوبری مانند آب‌وهوا، وضعیت دریا و سرعت کشتی مشخص باشند. در این حالت برای محاسبه عمق کلی کانال ناوبری رابطه‌ای ارائه شده که پارامتر اسکوات نیز در آن لحاظ شده است. در این رابطه، اسکوات با توجه

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.32.9.0]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.32.59]

به مشخصات ابعادی شناور و کانال و نیز سرعت عبور شناور تعیین می‌شود.

- **استاندارد بریتانیا (BS)**

مؤسسه استاندارد بریتانیا[۲۸]، مرجع استانداردگذاری در کشور انگلستان است. این موسسه در استاندارد سری ۶۳۴۹، راهنمایی جهت برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت و نگهداری سازه‌های دریایی ارائه می‌دهد.

در جلد اول از ویرایش ۲۰۱۳ این استاندارد به موضوع عمق کانال اشاره شده و با مبنا قراردادن توصیه‌های پیانک، عوامل موثر در تعیین عمق کانال را معرفی کرده است. در این بخش ضمن تعریف اسکوات، بر لزوم توجه و تعیین آن تاکید شده است و به این نکته اشاره دارد که پیش‌بینی مقدار اسکوات با استفاده از روشهای تجربی در طراحی کانال با عدم قطعیت همراه است. این عدم قطعیت باید در تعیین و بهینه‌سازی عمق کلی کانال در نظر گرفته شود. [۱۴]

- **آیین نامه کشورکانادا**

کتابچه راهنمای طراحی کانال، توسط گروه توسعه آبراه‌های گارد ساحلی کانادا (CCG) منتشر شده است. این کتابچه راهنما، برای کانالهایی طراحی شده است که اصولاً شناورهای بزرگ مانند تانکرها و کشتی‌های حمل کالاهای فله درآن تردد دارند. در این راهنما برای محاسبه پارامتر اسکوات از فرمول اریزلو استفاده شده است.

۳- روش‌شناسی تحقیق

در این پژوهش گردآوری اطلاعات پیشینه و مبانی نظری تحقیق، به روش کتابخانه‌ای و از کتب، گزارشات و مقالات فارسی و لاتین جمع-آوری و استخراج شده است. پس از آن با برگزاری جلسات هم‌اندیشی با خبرگان و متخصصین، براساس شاخص‌های اعتبار، به‌روز بودن، جامعیت و همچنین دارا بودن جزییات، آیین‌نامه پیانک به‌عنوان مبنای این پژوهش جهت برآورد اسکوات شناورهای ورودی به بنادر اصلی ایران (بوشهر، شهیدرجایی، شهیدبهشتی چابهار و امیرآباد) در افق ۱۴۰۴ مورد استفاده قرار گرفت. مشخصات شناورهای ورودی به بنادر مذکور در افق ۱۴۰۴ بر اساس مطالعات «به روز رسانی طرح جامع بنادر بازرگانی» که در سال ۱۳۹۵ انجام شده، استخراج شده است. داده‌ها و اطلاعات مربوط به مشخصات کانال بندر، بر اساس نقشه هیدروگرافی هر بندر استخراج شده که با توجه به اینکه عمق فعلی بنادر کمتر از آبخور شناورهای ورودی در سال ۱۴۰۴ می‌باشد، عمق کانال، ارتفاع و شیب ترانشه با استفاده از نظرات کارشناسی محاسبه و تخمین زده شده است. با استفاده از داده‌های مذکور، مقدار اسکوات شناورهای ورودی به بنادر نامبرده شده در افق ۱۴۰۴ بر اساس رابطه‌های تجربی ذکر شده در آیین‌نامه پیانک محاسبه شده است. (لازم به ذکر است به جز رابطه باراس در کشتی‌های کانتینری، تمامی روابط استفاده شده مربوط به محاسبه اسکوات دماغه شناورها می‌باشند. با توجه به معیار ضریب بلوکی[۲۹](۰.۷) در رابطه باراس، اسکوات کشتی باید در پاشنه رخ دهد. لیکن با توجه به اینکه این مقدار در شناورهای کانتینری نزدیک به ۰.۷ می‌باشد، انتظار می‌رود مقادیر اسکوات در دماغه و پاشنه به هم نزدیک باشند). در نهایت با تجزیه و تحلیل مقادیر بدست آمده، مناسبترین روش جهت محاسبه اسکوات در کانال‌های محدود به تفکیک نوع شناور پیشنهاد شده شده است.

۴- محاسبه اسکوات در برخی بنادر اصلی کشور

بر اساس آیین‌نامه منتخب در این پژوهش (آیین‌نامه پیانک ۲۰۱۴)، میزان اسکوات شناورها را می‌توان با استفاده از روش‌های تجربی تاک، هوسکا/ گالیو، باراس، اریزلو، رومیش، ایکورلز و یوشیمورا ، محاسبه نمود (جدول ۱). در تمامی روابط مذکور، اسکوات دماغه کشتی محاسبه می‌شود و تنها روابط باراس و رومیش قادر به پیش‌بینی اسکوات پاشنه کشتی نیز می‌باشند. در رابطه رومیش دو فرمول جداگانه برای محاسبه اسکوات دماغه و پاشنه ارائه شده است. لیکن در رابطه باراس مقدار حداکثر اسکوات در دماغه یا پاشنه کشتی بستگی به پارامتر C_B دارد. بر اساس این رابطه اگر C_B کوچکتر از ۰.۷ باشد اسکوات در پاشنه و اگر بزرگتر از ۰.۷ باشد اسکوات در دماغه کشتی رخ می‌دهد. لازم به ذکر است در رابطه باراس واحد سرعت بر حسب گره دریایی و در تمامی روابط دیگر واحد سرعت بر حسب متر بر ثانیه می‌باشد.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.32.9.0]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.32.59]

جدول ۱- روابط تجربی معرفی شده در آیین‌نامه پیانک جهت محاسبه اسکوات شناورها [1]

عنوان		روابط	ضرایب
تاک	(۱)	$S_{b_T} = (C_z + C_\theta)\frac{\nabla}{{L_{pp}}^2}\frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1-F_{nh}^2}}$	C_Zو C_θ ضرایبی بر پایه ویژگی‌های بدنه کشتی به ترتیب برای مقادیر میانگین میزان فرورفتگی و چرخش می‌باشند.
هوسکا/ گالیو	(۲)	$S_{bH} = C_s\frac{\nabla}{L_{pp}^2}\frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1-F_{nh}^2}}K_s$	C_s ضریب ثابت اسکوات بر اساس نوع شناور است و K_s پارامتری بدون بعد است.
آیکورلز	(۳)	$S_{b,I} = C_s\frac{\nabla}{{L_{pp}}^2}\frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1-F_{nh}^2}}$	C_s ضریب ثابت اسکوات بر اساس نوع شناور است.
باراس	(۴)	$S_{Max,B3} = \frac{C_B V_k^2}{100/K}$	K پارامتری بدون بعد است.
اریزلو	(۵)	$S_{b,E2} = 0.298\frac{h^2}{T}\left(\frac{V_s}{\sqrt{gT}}\right)^{2.289}\left(\frac{h}{T}\right)^{-2.972}(K_b)$	پارامتر بدون بعد K_b یک ضریب تصحیح است.
رومیش	(۶)	$S_{b,R} = C_v C_f K_{\Delta T} T$ $S_{s,R} = C_v K_{\Delta T} T$	C_V ضریب تصحیح برای سرعت کشتی، C_F ضریب تصحیح برای شکل کشتی و $K_{\Delta T}$ یک ضریب تصحیح برای اسکوات در سرعت‌های بحرانی کشتی است.
یوشیمورا	(۷)	$S_{b,Y} = \left[\left(0.7 + 1.5\frac{1}{\frac{h}{T}}\right)\left(\frac{C_B}{\frac{L_{pp}}{B}}\right) + 15\frac{1}{\frac{h}{T}}\left(\frac{C_B}{\frac{L_{pp}}{B}}\right)^3\right]\frac{V_e^2}{g}$	

همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است، تمامی روابط، دارای ضریب مخصوص آن رابطه می‌باشند. هر کدام از این ضرایب تابعی از پارامترهای متعدد و پیچیدگی‌های بسیاری هستند که از توضیحات بیشتر در این خصوص صرفنظر شده است. همچنین هریک از روابط ذکر شده دارای محدودیت‌هایی در مقادیر پارامترهای خود، ناشی از شرایط خاص آزمایش برای برآورد آن پارامترها می‌باشد که در جدول ۲ به آن‌ها اشاره شده است. از آنجا که برآورد پارامترهای روابط مذکور برگرفته از انجام مدل‌های فیزیکی در شرایط محدود آزمایشگاهی می‌باشند، لذا در برخی روابط مقادیر پارامترها بسیار محدود می‌باشند. البته این بدان معنا نیست که در صورت نقض محدودیت‌ها، آن رابطه قابل استفاده نباشد. طراحان باید نسبت به سرعت مورد استفاده در طراحی خود توجه خاص داشته باشند؛ زیرا این روابط برای محدوده خاصی از سرعت‌ها توسعه داده شده‌اند. بنابراین چنانچه محدودیت‌های آزمایشگاهی افزایش یابند، باید از قضاوت‌های مهندسی استفاده کرد.

جدول ۲- محدودیت‌های پارامترهای محاسباتی اسکوات در روابط تجربی مختلف

	رابطه	تاک	هوسکا/گالیو	آیکورلز	باراس	اریزلو	رومیش	یوشیمورا
محدودیت‌ها	C_B	–	۰/۸ - ۰/۶	۰/۸ - ۰/۶	۰/۸۵ - ۰/۵	≥۰/۸	–	۰/۸ - ۰/۵۵
	S	–	–	–	۰/۲۵ - ۰/۱	–	–	–
	B/T	–	۳/۵ - ۲/۱۹	۳/۵ - ۲/۱۹	–	۲/۹ - ۲/۴	۲/۶	۵/۵ - ۲/۵
	h/T	–	۲/۰ - ۱/۱	۲/۰ - ۱/۱	۱/۴ - ۱/۱	۲/۵ - ۱/۱	۲/۲۵ - ۱/۱۹	≥۱/۲
	h_T/h	–	۰/۸۱ - ۰/۲۲	۰/۸۱ - ۰/۲۲	–	–	–	–
	L/B	–	۸/۵ - ۵/۵	۸/۵ - ۵/۵	–	۶/۸ - ۶/۷	۸/۷	۶/۰ - ۳/۷
	L/T	–	۲۰/۲ - ۱۶/۱	۲۰/۲ - ۱۶/۱	–	–	۲۲/۹	–

لازم به ذکر است، رابطه آیکورلز برای آبراهه‌های نامحدود توسعه داده شده است، لیکن گاهی برای آبراهه‌های محدود نیز استفاده می‌شود. جهت بررسی بیشتر روابط، در جدول ۳ پارامترهای موثر در محاسبه اسکوات شناورها به تفکیک هر رابطه نشان داده شده است.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.32.9.0]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.32.59]

جدول ۳- عوامل موثر در محاسبه اسکوات شناورها به تفکیک روابط تجربی

	پارامترهای موثر	تاک	باراس	اریزلو	یوشیمورا	آیکورلز	هوسکا/گالیو	رومیش
پارامترهای مربوط به شناور	طول بین عمودها در شناور (L_{pp})	*			*	*	*	*
	عرض شناور (B)	*	*	*	*	*	*	*
	آبخور شناور(T)	*	*	*	*	*	*	*
	ضریب بلوکی (C_B)	*	*		*	*	*	*
	سرعت شناور (V)	*	*	*	*	*	*	*
	جابجایی حجمی کشتی (∇)	*				*	*	
پارامترهای مربوط به کانال	عمق کانال (h)	*	*	*	*	*	*	*
	شیب ترانشه (n)	*	*		*	*	*	*
	عرض کانال (w)	*	*	*	*	*	*	*
	ارتفاع ترانشه (h_T)							*
پارامترهای مشترک بین شناور و کانال	عدد فرود عمق[۳۰] (F_{nh})	*				*	*	

بر اساس جدول ۲ و جدول ۳ ملاحظه می‌شود که رابطه تاک دارای کمترین محدودیت و روابط هوسکا/گالیو و آیکورلز دارای بیشترین محدودیت می‌باشند و همچنین رابطه رومیش بیشترین پارامتر و رابطه اریزلو کمترین پارامترها را در محاسبه اسکوات در نظر می‌گیرند. در ادامه با استفاده از روش‌های تجربی مذکور، مقادیر اسکوات شناورهای ورودی به بنادر اصلی کشور در افق ۱۴۰۴، محاسبه شده است. از آنجا که نتایج محاسبات با استفاده از رابطه آیکورلز بسیار نزدیک به نتایج هوسکا می‌باشد، لذا نمودار آیکورلز در محاسبات نشان داده نشده است.

۱-۴- بندر چابهار

بندر چابهار واقع در استان سیستان و بلوچستان و شمال دریای عمان، شامل دو بندر مهم شهیدکلانتری و شهید بهشتی است. در حال حاضر ظرفیت پذیرش کالا در این بندر ۱۵ میلیون تن در سال است و همچنین ترمینال مسافری آن قادر به سرویس‌دهی حدود ۶۰۰ مسافر به صورت همزمان می‌باشد. [۱۵]

بر اساس پیش‌بینی‌های ارائه شده در مطالعات «به روز رسانی طرح جامع بنادر بازرگانی» ، بزرگترین شناورهای ورودی به بندر شهیدبهشتی چابهار در افق طرح ۱۴۰۴ به‌شرح جدول ۴ می‌باشد.

جدول ۴- مشخصات شناورهای ورودی به بندر چابهار در افق ۱۴۰۴

نوع شناور	وزن بار مرده[۳۱] (t)	طول بین عمودها در شناور[۳۲] (m)	عرض شناور (m)	آبخور شناور (m)	ضریب بلوکی
کانتینری	۸۰۰۰۰	۲۸۴	۴۰/۳	۱۴/۵	۰/۶۶
فله‌بر	۸۰۰۰۰	۲۲۸	۳۶/۵	۱۴	۰/۸۲
تانکر	۸۰۰۰۰	۲۲۳	۴۰	۱۴	۰/۸

همچنین اطلاعات مربوط به مشخصات کانال بندرشهید بهشتی، جهت محاسبه اسکوات شناورهای ورودی به بندر، بر اساس نقشه‌های هیدروگرافی اخذ شده از سازمان بنادر و دریانوردی و همچنین تخمین‌های کارشناسی، به شرح ذیل می‌باشد:

نوع کانال: محدود

طول کانال دسترسی: ۳۰۰۰ متر

حداقل عرض کانال دسترسی: ۳۰۰ متر

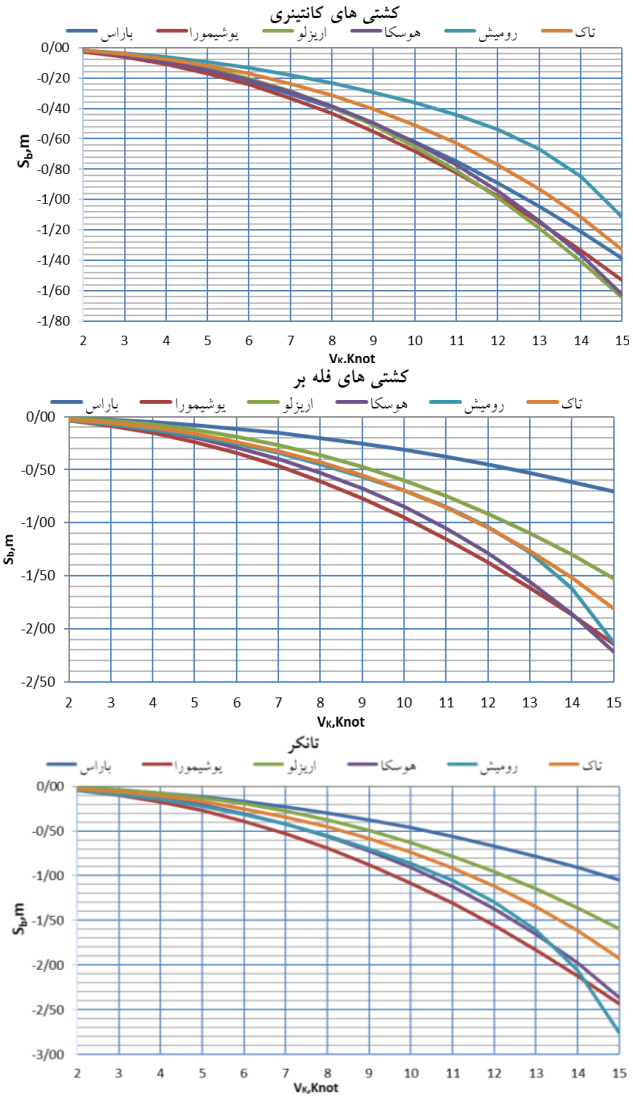
حداقل عمق کانال دسترسی: ۱۶ متر

شیب کانال (n): ۴

ارتفاع ترانشه (h_T): ۵ متر

با توجه به اطلاعات و مفروضات ذکر شده، اسکوات شناورهای ورودی به بندر، براساس روابط تجربی مورد استناد در آیین‌نامه پیانک ۲۰۱۴، محاسبه و نتایج در شکل ۱ نشان داده شده است.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.32.9.0]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.32.59]



شکل ۱- محاسبه اسکوات دماغه به تفکیک شناورهای ورودی به بندر شهیدبهشتی چابهار در افق ۱۴۰۴

۲-۴- بندر بوشهر

در این بندر، خدماتی مانند حمل و نقل کالاهای فله، کانتینر، عمومی، مواد نفتی، نگهداری و پردازش کالا، محصولات سردخانه‌ای و مسافری قابل ارائه است. همچنین به دلیل وجود جزیره بندری نگین با مساحت بالغ بر ۱۹۰ هکتار و طرح‌های توسعه آن، می‌توان گفت که ظرفیت عملیاتی این بندر در آینده افزایش چشمگیری خواهد یافت.

بر اساس پیش‌بینی‌های ارائه شده در مطالعات «به روز رسانی طرح جامع بنادر بازرگانی»، بزرگترین شناورهای ورودی به این بندر در افق طرح ۱۴۰۴ طبق جدول ۵ می‌باشد.

جدول ۵- مشخصات شناورهای ورودی به بندر بوشهر در افق طرح ۱۴۰۴

نوع شناور	وزن بار مرده (t)	طول بین عمودها در شناور (m)	عرض شناور (m)	آبخور شناور (m)	ضریب بلوکی
کانتینری	۶۰۰۰۰	۲۷۵	۳۲	۱۳/۲	۰/۶۹
فله‌بر	۶۰۰۰۰	۲۱۰	۳۳/۵	۱۲/۸	۰/۸
تانکر	۶۰۰۰۰	۲۰۶	۳۶	۱۳	۰/۷۹

همچنین اطلاعات مربوط به مشخصات کانال بندر بوشهر، جهت محاسبه اسکوات شناورهای ورودی به بندر، بر اساس نقشه هیدروگرافی اخذ شده از سازمان بنادر و دریانوردی و همچنین تخمین‌های کارشناسی به شرح ذیل می‌باشد:

نوع کانال: محدود

طول کانال دسترسی: ۳۹۰۰ متر

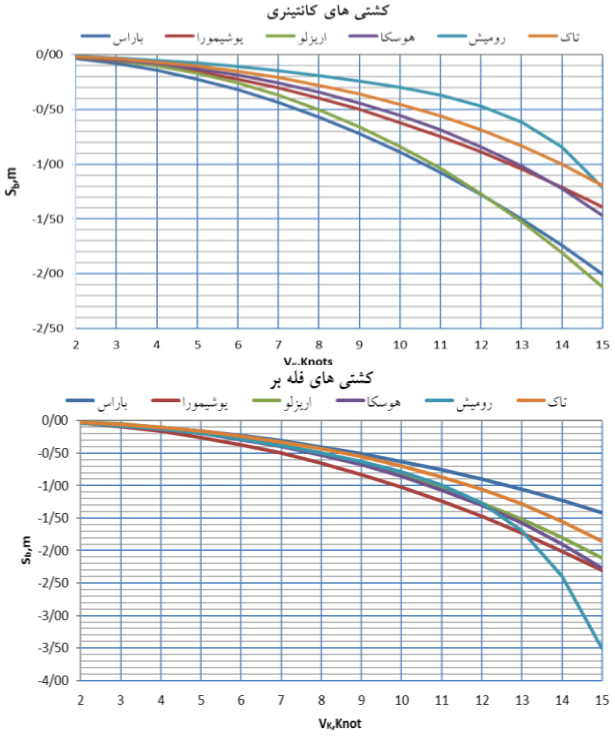
حداقل عرض کانال دسترسی: ۱۴۰ متر

حداقل عمق کانال دسترسی: ۱۵ متر

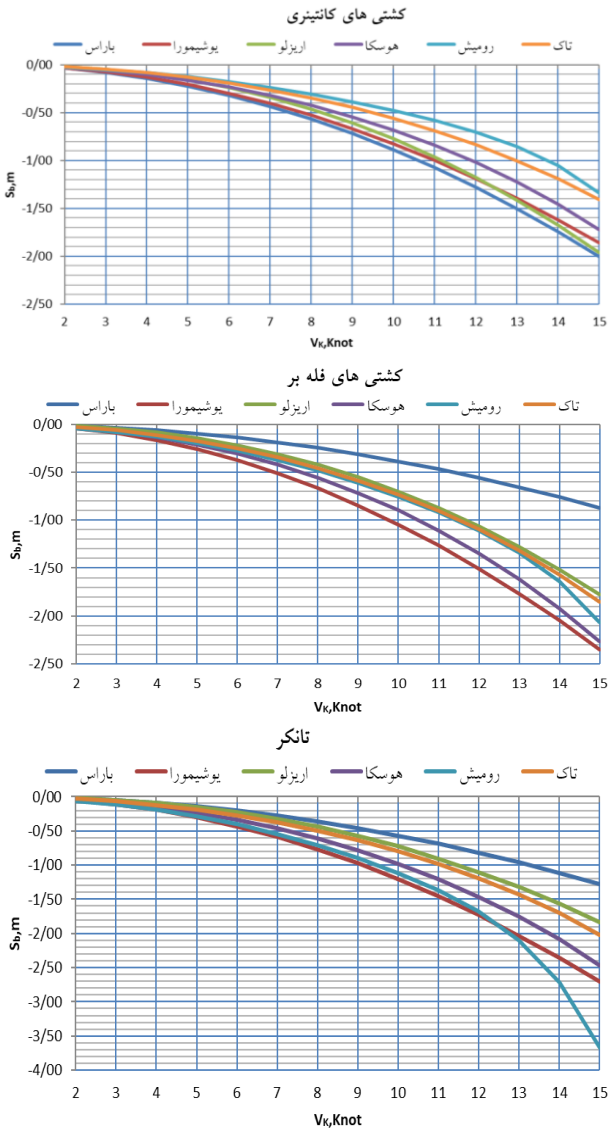
شیب کانال (n): ۴

ارتفاع ترانشه (h_T): ۶ متر

با توجه به اطلاعات و مفروضات ذکر شده، اسکوات شناورهای ورودی به بندر، براساس روابط تجربی مورد استناد در آیین‌نامه پیانک ۲۰۱۴، محاسبه و نتایج در شکل ۱ نشان داده شده است.



[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.32.9.0]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.32.59]

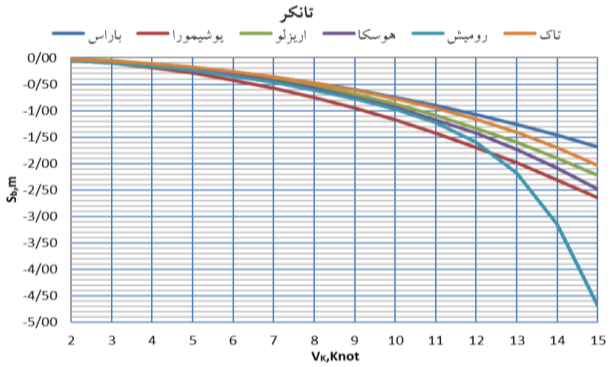


شکل ۳- محاسبه اسکوات دماغه به تفکیک شناورهای ورودی به بندر شهیدرجایی در افق ۱۴۰۴

۴-۴- بندر امیرآباد

منطقه ویژه اقتصادی بندر امیر آباد در شرق استان مازندران و فاصله ۵۱ کیلومتری شهرستان ساری قرار دارد. این بندر می‌تواند در زمینه حمل و نقل غلات، کالای عمومی، فرآورده‌های نفتی، اسکله‌های رورو، کانتینری، نگهداری و پردازش کالا برای صاحبان کالا و بخش‌های دولتی به ارائه خدمت بپردازد.

بر اساس پیش‌بینی‌های ارائه شده در مطالعات «به روزرسانی طرح جامع بنادر بازرگانی»، بزرگترین شناورهای ورودی به این بندر در افق طرح ۱۴۰۴ طبق جدول ۷ می‌باشد.



شکل ۲- محاسبه اسکوات دماغه به تفکیک شناورهای ورودی به بندر بوشهر در افق ۱۴۰۴

۳-۴- بندر شهید رجایی

منطقه ویژه اقتصادی بندر شهید رجایی در شمال جزیره قشم و تنگه هرمز در فاصله ۱۵ کیلومتری خروجی غربی شهر بندر عباس واقع شده است که با داشتن روابط دریایی و مبادله کالا با بیش از ۸۰ بندر معروف بین‌المللی، بیش از یک سوم تجارت دریایی ایران را پشتیبانی می‌کند.

بر اساس پیش‌بینی‌های ارائه شده در مطالعات «به روز رسانی طرح جامع بنادر بازرگانی»، بزرگترین شناورهای ورودی به این بندر در افق طرح ۱۴۰۴ طبق جدول ۶ می‌باشد.

جدول ۶- مشخصات شناورهای ورودی به بندر شهیدرجایی در افق ۱۴۰۴

نوع شناور	وزن بار مرده (t)	طول بین عمودها در شناور (m)	عرض شناور (m)	آبخور شناور (m)	ضریب بلوکی
کانتینری	۲۰۰۰۰۰	۳۸۵	۵۹	۱۶/۵	۰/۶۸
فله‌بر	۱۵۰۰۰۰	۲۷۶	۴۴	۱۷/۵	۰/۸۲
تانکر	۱۵۰۰۰۰	۲۷۰	۴۹/۵	۱۶/۹	۰/۸

همچنین اطلاعات مربوط به مشخصات کانال بندرشهیدرجایی، جهت محاسبه اسکوات شناورهای ورودی به بندر، بر اساس نقشه هیدروگرافی اخذ شده از سازمان بنادر و دریانوردی و همچنین تخمین‌های کارشناسی، به شرح ذیل می‌باشد:

نوع کانال: محدود

طول کانال دسترسی: ۸۳۳۴ متر

حداقل عرض کانال دسترسی: ۲۷۵ متر

حداقل عمق کانال دسترسی: ۱۹ متر

شیب کانال (n): ۴

ارتفاع ترانشه (h_T): ۶ متر

با توجه به اطلاعات و مفروضات ذکر شده، اسکوات شناورهای ورودی به بندر، براساس روابط تجربی مورد استناد در آیین‌نامه پیانک ۲۰۱۴، محاسبه و نتایج در شکل ۳ نشان داده شده است.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.32.9.0]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.32.59]

جدول ۷- مشخصات شناورهای ورودی به بندر امیرآباد در افق ۱۴۰۴

نوع شناور	وزن بار مرده (t)	طول بین عمودها در شناور (m)	عرض شناور (m)	آبخور شناور (m)	ضریب بلوکی
فله‌بر	۱۰۰۰۰	۱۲۴	۱۸	۷/۵	۰/۷۶
تانکر	۱۰۰۰۰	۱۳۷	۱۹	۷/۸	۰/۷۲

همچنین اطلاعات مربوط به مشخصات کانال بندرامیرآباد، جهت محاسبه اسکوات شناورهای ورودی به بندر، بر اساس نقشه هیدروگرافی اخذ شده از سازمان بنادر و دریانوردی و همچنین تخمین‌های کارشناسی، به شرح ذیل می‌باشد:

نوع کانال: محدود

طول کانال دسترسی: ۱۰۰۰ متر

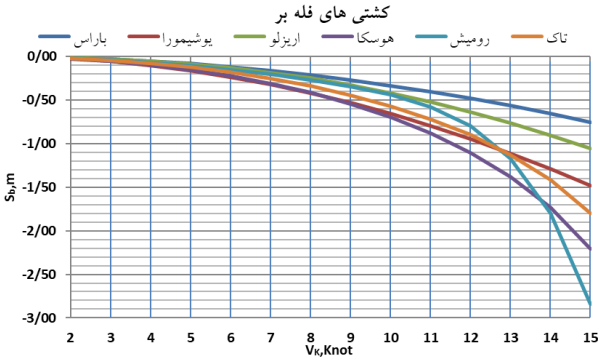
حداقل عرض کانال دسترسی: ۲۲۰ متر

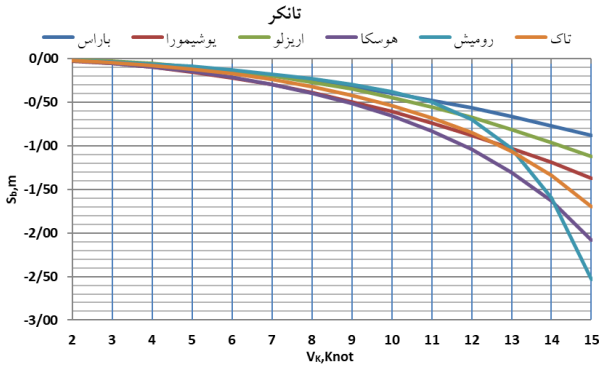
حداقل عمق کانال دسترسی: ۱۰ متر

شیب کانال (n): ۴

ارتفاع ترانشه (h_T): ۶ متر

با توجه به اطلاعات و مفروضات ذکر شده، اسکوات شناورهای ورودی به بندر، براساس روابط تجربی مورد استناد در آیین‌نامه پیانک ۲۰۱۴، محاسبه و نتایج در شکل ۴ نشان داده شده است.





شکل ۴- محاسبه اسکوات دماغه به تفکیک شناورهای ورودی به بندر امیرآباد در افق ۱۴۰۴

۵- تحلیل نتایج

همانطور که نمودارهای محاسبه اسکوات نشان می‌دهند، سرعت شناور عامل بسیار تاثیرگذاری در تعیین مقدار اسکوات می‌باشد. سرعت شناورها را می‌توان در سه دسته، سرعت کم (۵-۸ گره دریایی)، سرعت متوسط (۸-۱۲ گره دریایی) و سرعت بالا (بالاتر از ۱۲ گره دریایی) تقسیم‌بندی نمود. [1] در خصوص سرعت ورود و تردد شناورها در کانال بنادر، با کارشناسان و خبرگان در امور ناوبری، مصاحبه‌هایی انجام شد. بر اساس نظرات متخصصین مذکور، در حال حاضر، شناورها با سرعت کم (حداکثر ۸ گره دریایی) در کانال ورودی بنادر ایران حرکت می‌کنند. لذا با این فرض، مقادیر اسکوات محاسباتی برای سرعت ۸ گره دریایی در انواع شناورهای طرح بنادر مورد مطالعه، در جدول ۸ ارائه شده است.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.32.9.0]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.32.59]

جدول ۸- اسکوات محاسباتی برای شناورهای طرح برخی بنادر مهم کشور در افق ۱۴۰۴ (سرعت ۸ گره دریایی)

بندر مورد بررسی	شناور کانتینری				شناور فله بر				شناور تانکری			
	آبخور شناور طرح (متر)	رابطه محاسبه اسکوات	مقدار اسکوات (متر)	اسکوات بر حسب درصد از آبخور شناور طرح	آبخور شناور طرح (متر)	رابطه محاسبه اسکوات	مقدار اسکوات (متر)	اسکوات بر حسب درصد از آبخور شناور طرح	آبخور شناور طرح (متر)	رابطه محاسبه اسکوات	مقدار اسکوات (متر)	اسکوات بر حسب درصد از آبخور شناور طرح
بوشهر	۱۳.۲	رومیش	۰/۱۹	۱/۴	۱۲/۸	باراس	۰/۴	۳/۱	۱۳	تاک	۰/۴۷	۳/۶
		تاک	۰/۲۸	۲/۱		تاک	۰/۴۳	۳/۴		باراس	۰/۴۸	۳/۷
		هوسکا	۰/۳۴	۲/۶		رومیش	۰/۵	۳/۹		اریزلو	۰/۵۳	۴/۱
		یوشیمورا	۰/۴	۳		اریزلو	۰/۵	۳/۹		هوسکا	۰/۵۸	۴/۵
		اریزلو	۰/۵	۳/۸		هوسکا	۰/۵۳	۴/۱		رومیش	۰/۶۱	۴/۷
		باراس	۰/۵۷	۴/۳		یوشیمورا	۰/۶۶	۵/۲		یوشیمورا	۰/۷۵	۵/۸
شهیدرجایی	۱۶.۵	رومیش	۰/۳۱	۱/۹	۱۷/۵	باراس	۰/۲۵	۱/۴	۱۶/۹	باراس	۰/۳۶	۲/۱
		تاک	۰/۳۵	۲/۱		اریزلو	۰/۴۲	۲/۴		اریزلو	۰/۴۳	۲/۵
		هوسکا	۰/۴۲	۲/۵		تاک	۰/۴۶	۲/۶		تاک	/۵۰	۳
		اریزلو	۰/۴۶	۲/۸		رومیش	۰/۴۸	۲/۷		هوسکا	۰/۶۱	۳/۶
		یوشیمورا	۰/۵۳	۳/۲		هوسکا	۰/۵۶	۳/۲		رومیش	۰/۷۱	۴/۲
		باراس	۰/۵۷	۳/۵		یوشیمورا	۰/۶۷	۳/۸		یوشیمورا	۰/۷۷	۴/۶
شهیدبهشتی چابهار	۱۴.۵	رومیش	۰/۲۳	۱/۶	۱۴	باراس	۰/۲	۱/۴	۱۴	باراس	۰/۳	۲/۱
		تاک	۰/۳۲	۲/۲		اریزلو	۰/۳۶	۲/۶		اریزلو	۰/۳۸	۲/۷
		هوسکا	۰/۳۹	۲/۷		تاک	۰/۴۳	۳/۱		تاک	۰/۴۶	۳/۳
		اریزلو	۰/۳۹	۲/۷		رومیش	۰/۴۵	۳/۲		رومیش	۰/۵۵	۳/۹
		باراس	۰/۴	۲/۸		هوسکا	۰/۵۳	۳/۸		هوسکا	۰/۵۶	۴
		یوشیمورا	۰/۴۴	۳		یوشیمورا	۰/۶۱	۴/۴		یوشیمورا	۰/۶۹	۴/۹
امیرآباد		-	-	-	۷/۵	باراس	۰/۲۱	۲/۸	۷/۸	رومیش	۰/۲۳	۲/۹
		-	-	-		اریزلو	۰/۲۵	۳/۳		باراس	۰/۲۵	۳/۲
		-	-	-		رومیش	۰/۲۷	۳/۶		اریزلو	۰/۲۷	۳/۵
		-	-	-		تاک	۰/۳۴	۴/۵		تاک	۰/۳۲	۴/۱
		-	-	-		هوسکا	۰/۴۲	۵/۶		هوسکا	۰/۳۹	۵
		-	-	-		یوشیمورا	۰/۴۲	۵/۶		یوشیمورا	۰/۳۹	۵

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.32.9.0]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.32.59]

۵-۱- مقایسه نتایج بین بنادر مختلف به تفکیک نوع شناور



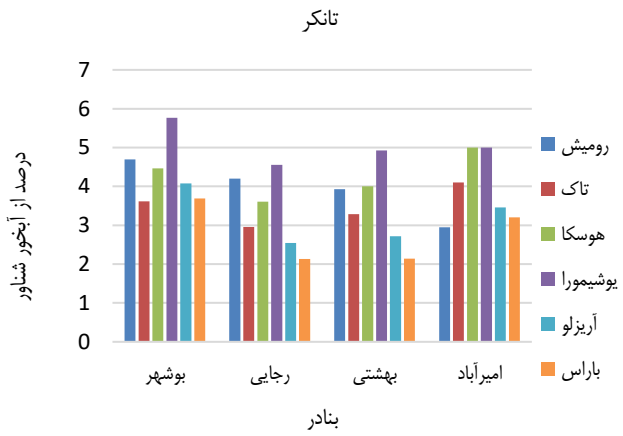
شکل ۵- مقادیر اسکوات بر حسب درصد از آبخور کشتی‌های کانتینری در سرعت ۸ گره دریایی به تفکیک بنادر

برای کشتی‌های کانتینری، در همه بنادر مورد بررسی، رابطه رومیش کمترین مقدار و رابطه باراس بیشترین مقدار اسکوات را تخمین می‌زند. مقادیر حاصل از همه روابط در تمام بنادر کمتر از ۴.۵ درصد از عمق آبخور شناور طرح است.



شکل ۶- مقادیر اسکوات بر حسب درصد از آبخور کشتی‌های فله‌بر در سرعت ۸ گره دریایی به تفکیک بنادر

در کشتی‌های فله‌بر، بر خلاف کشتی‌های کانتینری، رابطه باراس در تمام بنادر مورد بررسی کمترین مقدار اسکوات را برآورد می‌کند و بیشترین برآورد میزان اسکوات از رابطه یوشیمورا حاصل می‌شود. حداکثر اسکوات برآورد شده برای کشتی‌های فله‌بر، کمی بیش از ۵ درصد عمق آبخور شناورهای طرح به دست آمده است.



شکل ۷- مقادیر اسکوات بر حسب درصد از آبخور تانکرها در سرعت ۸ گره دریایی به تفکیک بنادر

در مورد تانکرها نیز، نتایج به دست آمده تقریبا مشابه کشتی‌های فله‌بر است. رابطه باراس کمترین مقدار اسکوات را برآورد می‌کند و بیشترین برآورد مربوط به رابطه یوشیمورا است. حداکثر اسکوات برآورد شده برای کشتی‌های تانکری نیز در همه بنادر به جز بندر بوشهر به پنج درصد آبخور شناور طرح محدود شده است. در بندر بوشهر این مقدار به حدود ۵.۸ درصد رسیده است.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.32.9.0]
[DOI: 10.29252/marineeng.16.32.59]

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.32.9.0]

[DOI: 10.29252/marineeng.16.32.59]

۲-۵- مقایسه نتایج بر اساس نوع شناورها به تفکیک بنادر



شکل ۸- مقادیر اسکوات بر حسب درصد از آبخور شناور طرح در سرعت ۸ گره دریایی به تفکیک بنادر مورد مطالعه

نتایج بررسی مقادیر اسکوات حاصل از روابط مختلف برای انواع شناورهای طرح به تفکیک بنادر مورد مطالعه، نشان می‌دهد که تقریبا در همه بنادر، مقدار اسکوات مربوط به شناورهای کانتینری نسبت به دیگر انواع شناورهای بررسی شده کمتر است. تنها رابطه باراس مقدار اسکوات شناورهای کانتینری را بیش از دو نوع دیگر محاسبه می‌کند. مقدار اسکوات مربوط به شناورهای فله‌بر و تانکر که با سرعت مشابه در حرکت باشند، به یکدیگر نزدیک است.

همچنین نمودارهای مقایسه‌ای فوق نشان می‌دهند که رابطه اریزلو کمترین حساسیت را به نوع شناور دارد و تقریبا برای هر سه نوع شناور مقادیر مشابهی را برآورد می‌کند. زیرا همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است، پارامتر ضریب بلوکی در این رابطه بی‌تاثیر است.

۶- جمع‌بندی و پیشنهادات

در این پژوهش از روش‌های تجربی مختلف برای برآورد پارامتر اسکوات در بنادر اصلی دارای کانال محدود (بوشهر، شهیدرجایی، شهیدبهشتی چابهار و امیرآباد) در افق ۱۴۰۴ استفاده شد. در این راستا ضمن اشاره به مطالعات تجربی و آزمایشگاهی مختلف و همچنین آیین‌نامه‌های معتبر در این زمینه که منتج از مطالعات مذکور بوده‌اند، آیین‌نامه پیانک به عنوان مناسب‌ترین آیین‌نامه که دربرگیرنده مدل‌های معتبری در برآورد اسکوات است مد نظر قرار گرفت. پس از تعیین مناسب‌ترین آیین‌نامه به عنوان گام نخست، روابط تجربی پیشنهادی در این آیین‌نامه مورد تحلیل و سپس مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر مربوط به متغیرها و پارامترهای روابط مذکور بر اساس داده‌ها و اطلاعات گردآوری شده، محاسبه و پس از جایگذاری در مدل‌ها، مقادیر مختلف اسکوات برای هر یک از مدل‌ها به ازای سرعت‌های مختلف شناور در کانال به تفکیک هر بندر بدست آمد. به طور کلی با توجه به نتایج حاصل، توصیه می‌شود که در طراحی کانالهای ناوبری بنادر ایران، در صورتیکه شناور طرح از نوع کانتینربر باشد، رابطه باراس و برای شناورهای طرح از نوع فله‌بر یا تانکر از رابطه یوشیمورا استفاده شود. زیرا بدون ایجاد تفاوت چشمگیر در هزینه‌های لایروبی، نتیجه قابل اطمینان‌تری را ارائه می‌دهند. البته با توجه به عدم قطعیت نتایج حاصله از روابط تجربی، لازم است بکارگیری نتایج بدست آمده در این پژوهش با قضاوت‌های مهندسی نیز همراه باشد.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.17357608.1399.16.32.9.0]

[DOI: 10.29252/marineeng.16.32.59]

۷- کلید واژگان

1. Sinkage
2. Change in Trim
3. Tuck and Taylor
4. Dand & Ferguson
5. Hooft
6. Beck et al
7. Huuska
8. Eryuzlu and Hausser
9. Barrass
10. Römisch
11. Millward
12. Ankudinov
13. Daggett
14. MARSIM, Maritime Simulation and Ship Manoeuvrability
15. Midpoint Sinkage
16. Vessel Trim
17. Lawrence
18. BAW (Bundesanstalt für Wasserbau) Laboratory
19. McTaggart
20. Harbor Approach Channels Design Guidelines
21. Permanent International Association of Navigation Congresses
22. The International Association of Ports and Harbors
23. The International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities
24. 1 International Maritime Pilots' Association
25. The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan
26. Keel clearance
27. Hull sinking
28. BSI Group
29. Block Coefficient (C_b)
30. Depth Froude Number
31. Dead Weight Tonnage (DWT)
32. Length between perpendiculars (L_{pp})

۷- منابع

[1] PIANC, "*Harbour Approach Channels Design Guidelines*," 2014.

[2] B. Barrass, *Ship Squat and Interaction*, UK: Withersby Publishing & Seamanship, 2009.

[3] E. Tuck, "*Shallow Water Flows Past Slender Bodies*," Fluid Mechanics, vol. 26, no. 1, pp. 81-95, 1966.

[4] Tuck, E.O;Taylor, P.J, "*Shallow Water Problems in Ship Hydrodynamics*," in Proceedings 8th Symposium on Naval Hydrodynamics, 1970.

[5] PIANC, "*"Approach Channels: A Guide for Design*," Final Report of the Joint PIANC-IAPH Working Group II-30 in cooperation with IMPA and IALA, Brussels, 1997.

[6] J. Hooft, "*The behaviour of a ship in head waves at restricted water depths*," International Ship Building Progress, vol. 11, 1974.

[7] Beck, R.F; Newman, J.N., Tuck, E.O. , "*Hydrodynamic Forces on Ships in Dredged Channels.*," Journal of Ship Research, vol. 9, no. 03, 1975.

[8] O. Huuska, "*On the evaluation of underkeel clearances in finnish waterways*," Helsinki University of Technology, Ship Hydromechanics Laboratory, Otaniemi, Finland, 1976.

[9] Eryuzlu.N. E. ; Hausser.R, "*Experimental investigations into some aspects of large Ships Navigation in restricted Waterways*," Proc. Symp. Asp. Navi. Const., vol. 2, 1978.

[10] Eryuzlu, N.E; Cao, Y.L., D'agnolo, F. , "*Underkeel Requirements for Large Vessels in Shallow Waterways*," in Proceedings 28th International Navigation Congress, *PIANC*, Spain, 1994.

[11] T .& .PMO" ,*Iranian Marine Structures and Ports Design guideline ",*PBO, Tehran, 1385.

[12] PMO",*Coastal Structures Design Instructions* ", PBO, Tehran, 1392.

[13] "*Technical Standards and Commentaries for port and harbour facilities*," The Oveseas costal area developement institute, JAPAN, 2002.

[14] "*Maritime works – Part 1-1: General – Code of practice for planning and design for operations*," BSI Standards , 2013.

[15] Local statistics of Port and Maritime Organization, Sistan and Baluchestan Province Branch,1398