فرآیند طراحی کشتی

یک طرح مهندسی محصولی است که تمام نیازهای بهره بردار را در برمیگیرد . در فرآیند طراحی تـصمیمات اغلب با استفاده از اطلاعات ناکافی و خواسته های نامفهوم بهره بردار که بایستی نسبت به رفـع مـوارد ابهـام آنها اقدام نمود اتخاذ میگردد .

طراح باید تشخیص دهد که موارد ابهام کجا بوده و خطاهای احتمالی و امکان اصـلاح آنهـا بایـد در مراحـل بعدی طرح قرار داشته باشد .

برای ارزیابی و اصلاح مشکل در یک طرح مهندسی هیچ وقت فقط یک راه حل وجود ندارد . ولی فقط یـک راه حل قابل قبول که تمام احتیاجات را پوشش می دهد وجود دارد.گسترش هر طرح پیچیده مهندسی شـامل تقابل بین نوآوری / ایجاد کردن و محافظه کاری / جلوگیری از خطر است .

« گالین » شاخصهای زیر را در ایجاد نقشه کشی مطرح می کند :

- نوآوری باید در زمان درست صورت گیرد .
- تمامی نوآوریها که شکست خورده اند نباید فراموش شوند ، بعضی از آنها نیـاز اسـت کـه گـاهی دوبـاره بررسی شوند .
- بیشتر نوآوریهای موفق یکباره وارد بازار نمی شوند بلکه نتیجـه ای از کـاربرد قـدم بـه قـدم نـوآوری در طراحی کشتی هستند .
- صاحبان کشتیها نوآوریها را دوست ندارند (زیرا کار آنها به خودی خود از نظر اقتصادی نامطمئن است .)
- در یک طرح کشتی بیشتر از یک نوآوری بزرگ استفاده نکنید .
- نوآوری که مجاز به کاربرد در نقشه کشتی باشد باید از هر نظر موثق ترین باشد .
- نوآوری که صاحبان کشتی قبول کرده اند باید منافع مالی را دربرداشته باشد .
- منابع یک نوآوری به بهترین صورت به مشتریان ارائه شود.
- یک طراح نباید به تمامی یک نوآوری اصرار بورزد بلکه گاهی ممکن است مجبور باشد بعضی از قسمتها را حذف و از باقی آن استفاده کند.

اگر چه کشتیهای دریاپیما مدتهای بسیاری است که طراحی و ساخته می شوند ولی در دهه هـای اخیـر ، مـا شاهد پیشرفتهای بسیاری در صنعت کشتی سازی بوده ایم.

بارزترین تغییر استفاده از کامپیوتر در این زمینه است . این پیشرفت نه تنها بر تمام جنبه های طراحی و آنالیز آن اثر می گذارد بلکه در تهیه آن و راه اندازی طرح نیز کمک می کند .

مارپیچ طرح

طراحی یک کشتی یک فرآیند است که در آن تخمینهای اولیه زده می شود و سپس اطلاعات و گسترش آن به عنوان نتیجه ای از بازگشت به نقاط اولیه صورت می گیرد .

در تهیه یک کشتی با کارکردهای فراوان ، موارد متضاد و متقابل زیادی باید مورد توجه قرار گیرند . بنـابراین شکل طراحی باید بگونه ای باشد که به یک راه حل متعادل که در آن نقاط نامشخص به حداقل رسیده انـد ، برسیم .

در واقع یک روش قابل قبولی و کلی برای بررسی فرآیند طراحی کـشتی وجـود نـدارد . فرآینـدهای منطبـق شونده شامل موارد زیادی هستند که در فاز بعدی نقشه اثر می گذارد .

یک فرآیند منطبق شونده معمولاً با اصطلاحات بیشتر و تکرار اصطلاحات ایجاد می شود .

راه کلاسیکی که در فرآیند طراحی صورت می گیرد تا طرح به شکل نهایی آن برسد مارپیچ نقشه نامیده مـی شود .

طرح الهام گرفته از یک طرح نمونه قدیمی در طی مراحلی که شامل تمامی جنبـه هـای ژئـومتری و شـکل کشتی می شود به طرح جدید تبدیل می شود .

در مفهوم مارپیچ نقشه ، فرآیند طراحی کشتی به عنوان دنباله ای از تغییرات که هر یک جزئیـات مختلفـی را مارپیچ نقشه کشی در چندین شکل مختلف توزیع شده است .

برای آغاز نمودن فرآیند نقشه کشی نیاز به داشتن مواردی از قبیل موارد زیر میباشد :

- حداکثر وزن ظرفیت بارگیری در کانتینر
- حجم مورد نیاز ظرفیت بارگیری در کانتینر
- طراحی استانداردها و حدود

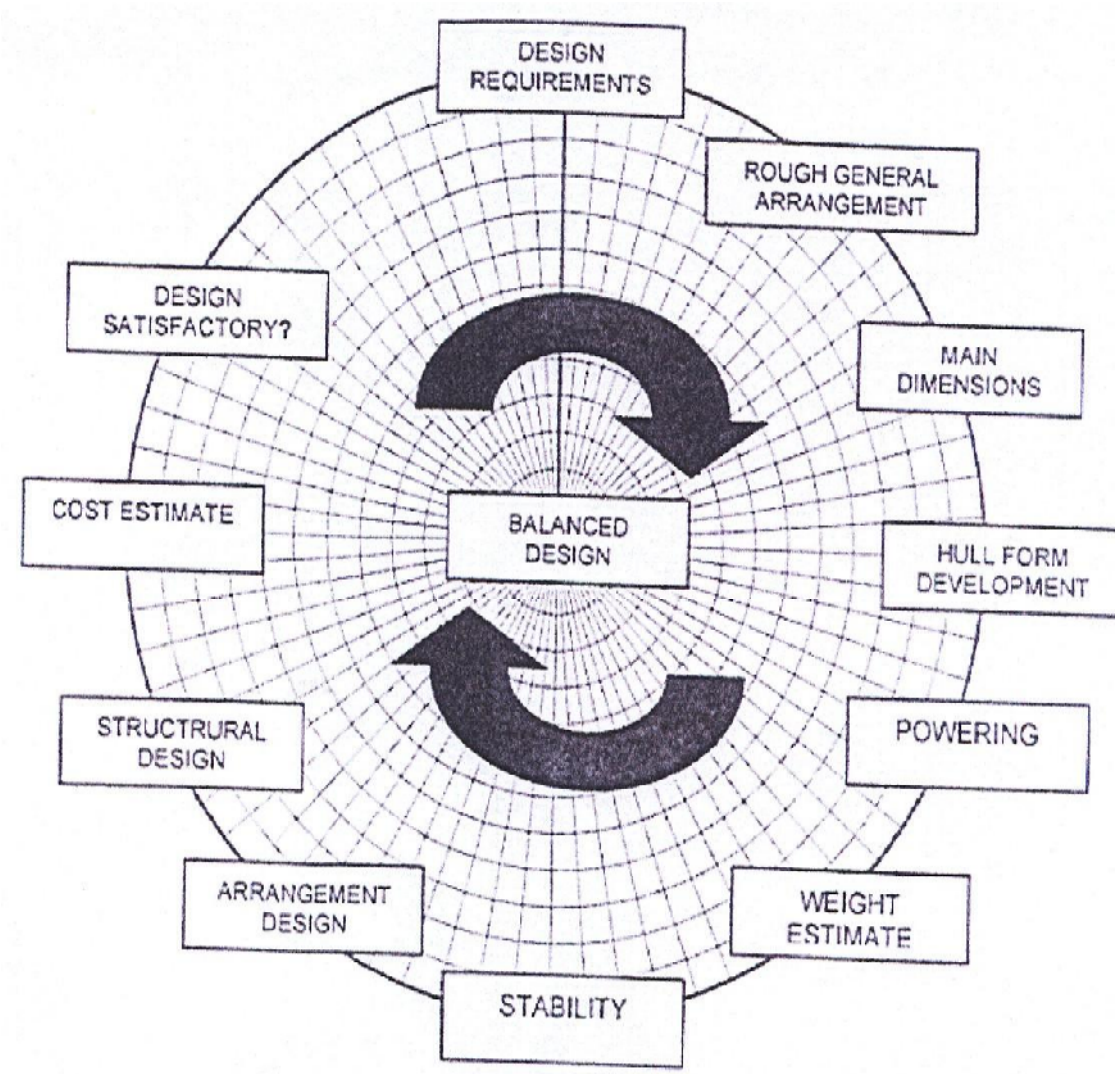


Figure 4.1. Ship design spiral

در قدم اول (شکل ۴،۱) موارد اصلی نقشه نشان داده شده اند . در قدم دوم مصرف کننده اطلاعاتی را از قدم اول مشخص می کند که اینها به فاکتورهای دیگر شکل بدنه که باز هم استفاده کننده مشخص می کند اضافه می شود تا تخمینهای اولیه شکل بدنه بدست آید. شکل بدنه شامل یک قاب سیمی 3-D ساده شده بدنه کامل کشتی از پائینترین سطح کف تا بالاترین سطح عرشه است .

به این منظور ، لازم است که تخمینی برای حداکثر ظرفیت بارگیری که در مارپیچ طرح اولیه قرار می گیرد انجام شود .

قاب سیمی تهیه شده از ژئومتری بدنه بگونه ای طراحی می شود که بتوان از خطهای ساخته شـده گـسترش بدنه را استخراج نمود . بعضی از خروجیهای اولیه از این سطوح عبارتد از : تعداد عرشه هـا در بدنـه کـشتی و مجموع حجم موجود در بدنه کشتی و سطح موجود بر هر عرشه .

در قدم سوم مقاومت و Sea keeping بدنه کشتی که در قدم دوم اثبات شده ، محاسبه می شود . در قدم چهارم کل نیروی رانش محاسبه می شود . این نیرو شامل انرژی سازه ها و نیروی جابجا کننده سیستم های نیروی محرکه اولیه می باشد ، سیستم رانش می تواند مکانیکی یا الکتریکی باشد .

سیستمهای الکتریکی و سیستم کمکی در مرحله پنجم طراحی می شود .

ساختار کشتی در مرحله بعدی طراحی می شود . در اینجا بارهای کلی و جزئی محاسبه شده مورد استفاده قرار می گیرد . با مواد مورد استفاده کوچکترین ساختار سازه ای برای قدرت کافی بـا حـداقل Gage Plating طراحی میشود . کوچک سازی برای تخمین وزن ساختمان کشتی استفاده می شود .

در مرحله هفتم با محاسبه وزن قسمتها و سیستمهای مختلف کشتی و جمع آنها ، وزن کمینه کشتی محاسبه شود . متعاقباً همه وزنها و بارهای کشتی محاسبه و جمع زده می شوند . تنظـیم جانمـایی نهـایی کـشتی در مرحله هشتم سازماندهی می شود . سطح عرشه مورد نیاز و حجم ضروری برای پشتیبانی از همه سیستمهای کشتی و بارها محاسبه شده و با حجم موجود در بدنه کشتی مقایسه می شود . اگر بدنه کشتی از حجم کـافی برای برآورده نمودن حجم مورد نیاز برخوردار نباشد ، کمبود حجم با افزایش اندازه Super Structure تـا جائیکه مجموع حجم موجود در بدنه کشتی و سوپر استراکچر برابر با حجم مورد نیاز شود ، برطرف می شود .

در مرحله نهم صحت پایداری طرح ایجاد شده ارزیابی می شود . در این آنـالیز از قـاب سـیمی 3-D کـه در مرحله دوم تهیه شده اسـتفاده میـشود تـا بـازوی بازگردانـنـده)

(Righting Arm را که از زاویه Heel از صفر تا ۹۰ درجه است ، ارزیابی گردد .

مرحله دهم مشخص می کند که آیا به نقشه متعادل رسیده ایم یا نه . در اینجا وزن پر از بار که در مرحله دوم برای دستیابی به شکل بدنه استفاده شده بود با وزن پر باری که در مرحله هفتم استفاده شده مقایسه می شود .

اگر این دو وزن تفاوت داشته باشند ، آنگاه چـرخش دیگـری در مـارپیچ نقـشه صـورت مـی گیـرد . در ایـن محاسبات فرم بدنه با استفاده از وزن بزرگتر کل باری که در چرخش قبلی محاسبه شده بدست می آید .

این پروسه چرخشی آنقدر تکرار می شود تا زمانیکه تفاوت کل بار محاسبه شده در انتهای چرخش ٪ ۰/۵ کل باری باشد که در ابتدای مرحله استفاده شده باشد .

هنگامیکه نقشه های اولیه تهیه شد ، Sea keeping و قیمت چرخه طراحی مشخص می شود .

بهینه سازی در طراحی

بهینه سازی : عبارتست از یافتن بهترین راه برای محدود کردن متغیرها و یا افزایش تعداد انتخابها.

دو راه زیر برای رسیدن به طرح بهینه وجود دارد :

۱- روش تحقیق مستقیم : با استفاده از پارامترهای مختلف و سیستماتیک و در نظر گرفتن متغیرهای گوناگون راه حلهای مختلف بررسی شده و بهترین این راه حل ها بعنوان حد مطلوب انتخاب می شود .

البته برای مسائل با متغیرهای طراحی زیاد این روش ها هنوز ناکافی هستند .

۲- روش Steepness : راه حل هائی که توسط برخی اطلاعات از توابع در جهات مختلف مشخص شده ، بهینه می شوند . بدین صورت که Steepness ها در همه جهات صفر درنظر گرفته می شود و بهترین راه حل تخمین زده می شود . این روش در خیلی موارد مناسب است .

اغلب روشهای بهینه سازی در طراحی کشتی بر اساس روش دوم است زیرا این روش برای توابع یکنواخت به اندازه کافی مناسب است . با این روش بعنوان مثال می توان min یک تابع قیمت بر اساس C_B و L_{BP} را بدست آورد . (شکل ۱-۳)

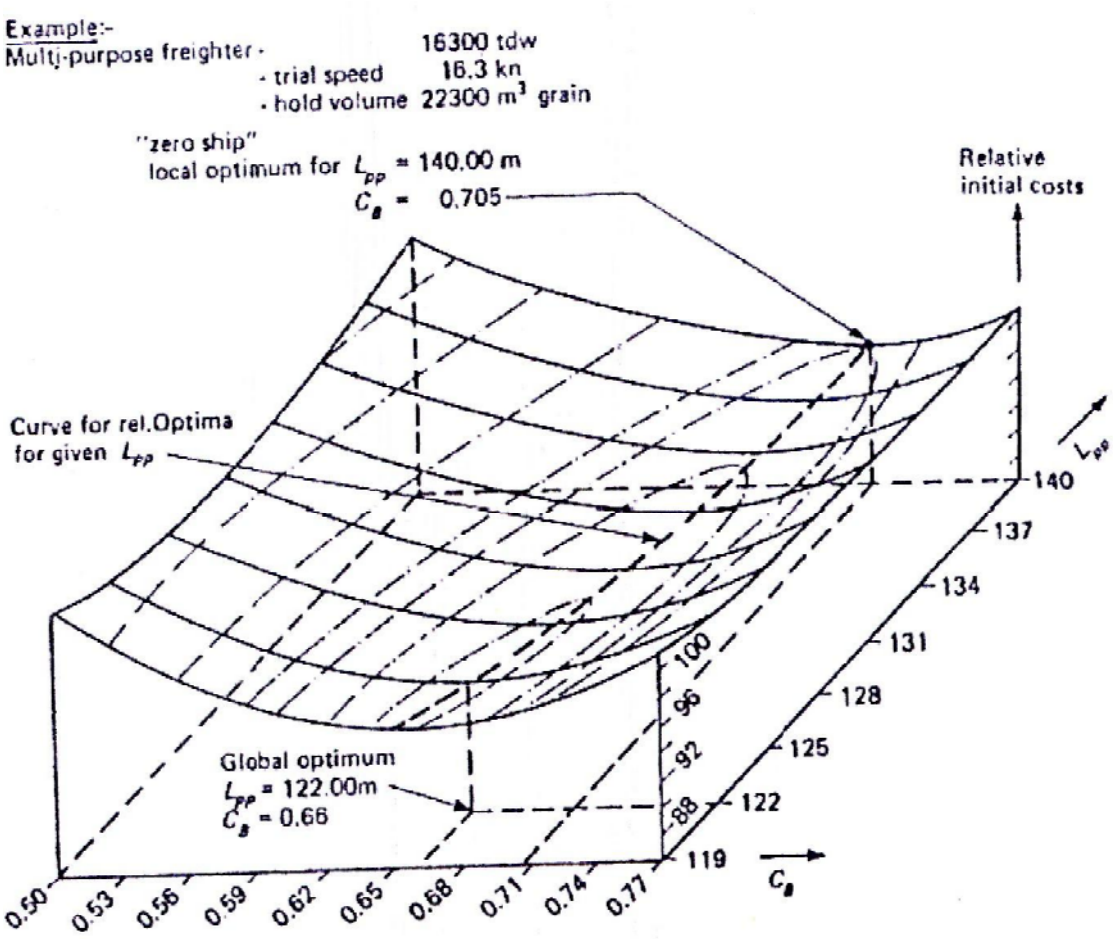


Figure 3.1 Example of overall costs dependent on length and block coefficient

یک روش هم در ترکیب دو روش فوق است که با استفاده از تعداد نقاط کمتری می توان نقطه شـروع روش Steepness را محاسبه کرد . اگرچه استفاده متناوب از دو روش پیشنهاد می شود .

تمام روابط اقتصادی و فنی در مدلهای بهینه سازی شده می توانند در نظر گرفته شوند و باید بعنـوان تـوابعی بیان و شناخته شوند . برخی روابط مثل V=CB.L.B.T و روابط تجربی برای تقویـت اولیـه اسـتفاده مـی گردند . مراحل باید به اندازه کافی دقیق شوند . اگر تغییر رویه ضروری باشد و در صـورتیکه مقـادیر تقریبـی پیوسته باشند نتایج دو مرحله باید هماهنگ شوند .

دو راه حل برای بکار بردن مسائل چند ضابطه ای وجود دارند :

۱- یک ضابطه انتخاب شده و ضوابط دیگر بصورت اجباری فرمولیزه می شود .

۲- جمع کل ضوابط هدف بهینه سازی را شکل می دهد .

به هر حال ما روش اول را پیشنهاد می کنیم .

برای بهینه سازی ، نیازهای طراحی از قبیل وزن بار DWT ، سرعت کشتی و حجم انبارها باید درنظر گرفته شود . نقطه شروع " اساس طراحی " متغیر صفر نامیده می شود .

در روند بهینه سازی مقادیر یا متغیرهای تناوبی برای ابعاد اصلی ، پارامترهای شکل ، جابجائی ، قدرت رانش اصلی ، تناژ مصرف سوخت و قیمت اولیه باید در نظرگرفته شوند . شکل ۲. ۳ اثرات بهینه سازی های مختلف را بر منحنی مساحت مقاطع (S.A.C) نشان می دهد . بهینه سازی ابعاد اصلی اغلب با مقادیر یافت شده بر روی کشتیهای ساخته شده فرق می کند .

برای این تفاوتها دلایل متعددی وجود دارد :

۱- برخی کشتیها Suboptimal هستند :

مراحل طراحی معمولی به آمار و مقایسه کشتیهای موجود متکی هستند . این طراحی ها خواسته های مالک را برآورده می کنند اما راه حل بهتر آنست که هم کارخانه تولید کننده و هم مالک را ارضاء کند . طراحی پیشرفته و به آنالیز ترکیبی در طراحی و مقایسه متغیرهای تولیدی به کمک کامپیوتر سوق می یابد . این مسئله باید اختلاف بین بهینه سازی و کشتی های ساخته شده را کاهش دهد .

Eig 3.2 and Fig 3.3

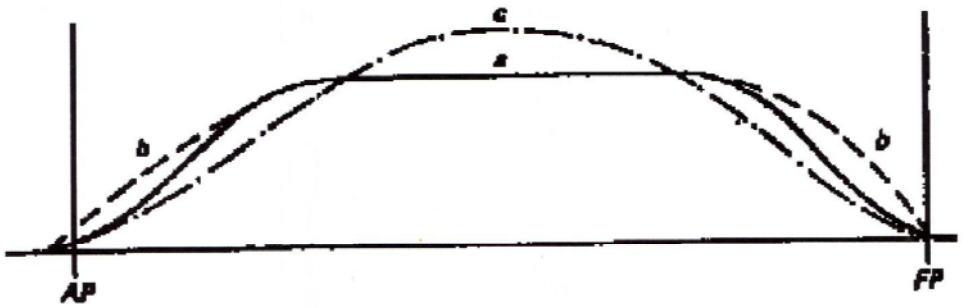


Figure 3.2 Changes produced in sectional area curve by various optimization constraints:
***a* is the basis form;**
***b* is a fuller form with more displacement; optimization of carrying capacity with maximum main dimensions and variable displacement;**
***c* is a finer form with the displacement of the basis form *a*, with variable main dimensions**

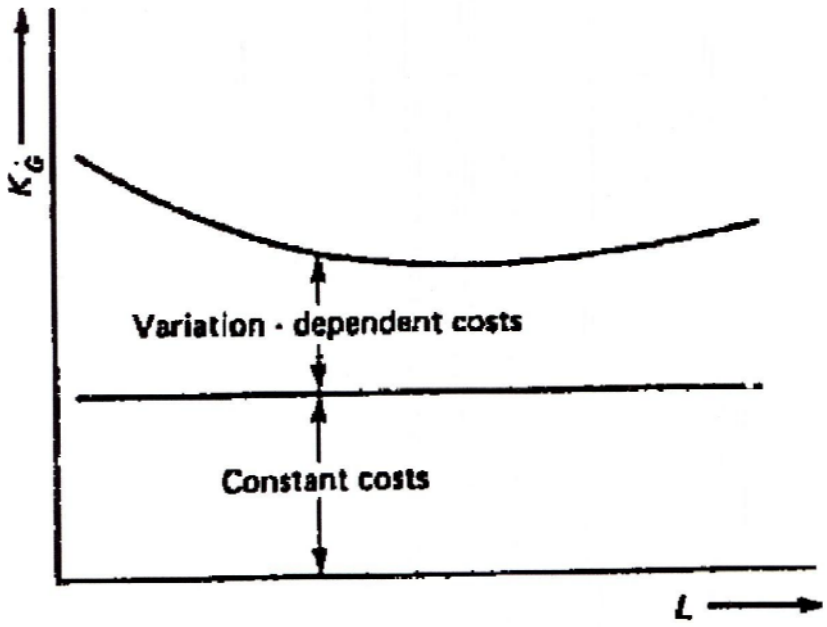


Figure 3.3 Division of costs into length-dependent and length-independent

۲- مدلهای بهینه سازی شده کافی نیستند :

مدلهای بهینه شده ممکن است فاکتورهایی را که در عمل مهم هستند ولی در تعیین کمیت با دشواری همراه هستند ، در نظرگرفته باشند . حتی برای کمیت های مستقیم اغلب از روابط مهم چشم پوشی می شود که منجر به بهینه سازی اشتباه می شود به طور مثال :

a) یک شناور سریع معمولاً بار زیادی حمل نمی کند و برای جبران هزینه می تواند نرخ کرایه را افزایش دهد ولی در محاسبه هزینه بار اغلب درآمد در سرعت مستقل درنظر گرفته می شود .

b) یک شناور بزرگ هزینه حمل اسکله به اسکله کمتری بر واحد بار در بر می گیرد . اما زمان برای حمل بار در اسکله ممکن است افزایش یابد . اغلب ، زمان در بندر به اندازه مشخصی در نظر گرفته می شود .

c) طراحی انبارهای یخچالی با در نظر گرفتن عایق کاری و دمای مورد نیاز در بهینه سازی ابعاد اصلی تأثیر می گذارد باید سرمایه های اضافی و هزینه های سالیانه در مدل برای بدست آوردن نتایج واقعی به حساب آورده شود .

d) کارایی کشتی اغلب در طول زمان کاهش می یابد . هزینه های عملیاتی نیز متعاقباً افزایش می یابد اما معمولاً زمان مستقل به حساب می آید .

مدل بهینه شده می تواند بر اساس بسیاری از روابط فنی ساده باشد . اغلب مشکلات عملی برای بدست آوردن داده های واقعی به ثبت می رسند . برای مثال فرآیندهای تخمین وزن ، تخمین قدرت و هزینه های ساخت می تواند نادرست می باشند و این وقتی آشکار می شود که نتایج فرمول شده مختلف با هم مقایسه می شوند .

فرآیند بهینه سازی اکنون اشتباهات را در فرمولها به نسبت کمینه کردن هدف ، بیشتر مشخص می کند . نتیجه مدل بهینه شده باید با شناور ساخته شده مقایسه شود . تفاوتهای نامتناقص می توانند در تعریف فاکتورهای مهم که در مدل درنظر گرفته نشده اند ، کمک کنند .

در یک آنالیز حساس در مورد تخمین اصول ، گستره راه حل بهینه و طراحی که در آن به صورت یکسان وجود دارد باید درنظرگرفته شود . اگر این گستره خیلی وسیع باشد بهینه سازی ناچیز می شود .

باید با دید منتقدانه ای نتایج بهینه سازی را بازنگری نمود . یک بهینه سازی اتوماتیک نمی تواند طراح را در مورد مسئولیتش مبراء کند بلکه فقط او را در تصمیماتش پشتیبانی می کند .

حوزه کاربرد بهینه سازی در طراحی کشتی :

بهینه سازی معمول حتی برای خطوطی که شامل Bulbous Bow و ابعاد ثابت می شوند فراتر از توانایی های متداول محاسباتی ما است . اگرچه برخی بهینه سازی های معمول در پی استفاده از روشهای CFD هستند نتایج علیرغم محاسبات بالا متقاعد کننده نیست . در عوض ما مسائلی را در بهینه سازی طراحی کشتی کانون مورد توجه قرار می دهیم که شامل متغیرهای مستقل کم و توابع نسبتاً ساده باشند .

به هر حال بهینه سازی می تواند در گستره وسیعی از مسائل طراحی کشتی از بهینه سازی زودگذر تا جزئیات طراحی سازه ای را شامل شود .

در بهینه سازی زودگذر ، هدف یافتن تعداد شناورهای بهینه ، سرعت شناور و حجم ، بدون داخل شدن در ابعاد اصلی است . بطور مثال بازده اقتصادی شناور معمولاً با افزایش ابعادش بهبود می یابد . آبخور توسط کانالها و اتاقکها محدود می شود . به هر حال برای آبخور محدوده شده ، باید در نظر داشت که شناور همیشه

پر از بار نمی شود . پهنای مخازن هم با ساخت و تعمیر عرشه محدود می شود . پهنای کانتینربرها هم توسط فاصله اتصال کانتینر محدود می شود .

در زیر ، عوامل نامعلومی که برآورد اندازه کشتی بهینه را کاهش می دهند آورده شده است :

۱- محدودیت دسترسی به بارهای پیوسته برای اهداف مشخص و ارتباط آنها با حرکات و سایز را مسیرهای مشخص محدود می کند .

۲- مدت بارگیری توسط سایز ، تعداد سفرهای دریایی در سال و همچنین درآمد ، افزایش می یابد.

۳- شرکتهای کشتیرانی قابلیت انعطاف خود را از دست می دهند و شناورهای کوچک متعددی در مسیرهای مختلف به تناوب سرویس دهی می کنند و معمولاً بار زیادی را جذب می کنند . این برای پاسخ دهی در نوسانات فصلی آسانتر است .

۴- عوارض بنادر با تناژ افزایش می یابد . یک شناور بزرگ که به دفعات لنگراندازی می کند نسبت به شناورهای کوچک متعددی که در مسیرهای مشخص با همان لنگراندازیها سرویس دهی می کنند باید عوارض بندر بیشتری بپردازد . بنابراین در بنادر کمتری پهلو می گیرد .

۵- در ناوگان کانتینربری ، شرکتهای کشتیرانی حمل و نقل Door to Door راپیشنهاد می دهند . اگر شناورهای بزرگ در مراکز فعالیت کمتری سرویس دهی کنند و بار را از آنجا تا مشتریان منحصر به فردی توزیع کننده قیمت سوخت رسانی و Hinter Land افزایش می یابد. این ملاحظات سبب اهمیت دادن کمپانیهای کشتی سازی به بهینه کردن سایز شناور می شوند.

فاکتورهای مورد توجه در سایز شناورهای بزرگ در زیر آمده است :

- افزایش سالانه روند باربری
- رسیدگی سریع به بار (تخلیه و بارگیری)
- باری که فقط از یک راه بدست می آید
- مدت دسترسی به بار
- فاصله سفر دریایی بلند مدت
- کاهش تخلیه و بارگیری و هزینه های Stock Piling

- پیش بینی توسعه بنادر
- کاهش قیمت های واحد کشتیهای در حال ساخت
- کاهش تکرار سرویس دهی

برای جزئیات بیشتر انتخاب سایز شناور به Benford (۱۹۶۵) رجوع می کنیم .

پس از آنکه سایز شناور ، سرعت و تعداد شناورها توسط برخی مشخصات دیگر تعیین شد ، مهندس طـراح در کارخانه کشتی سازی معمولاً مجبور است که یک بهینه سازی بعنوان نقطه شروع طراحی از ابعاد اصلی انجام دهد.

برای باقیمانده فصل ما در ارتباط با بهینه سازی ابعاد اصل یک کشاورز صحبت می کنیم . کار تحقیقاتی برای معرفی بهینه سازی برای طراحی ادراکی شناور در آلمان توسط دانشگاه فنی آخن انجام شد . یک بهینه سازی جنبه های فنـی را دگرگـون مـی کنـد و نتـایج را از دیـد اقتـصادی ارزیـابی مـی کنـد . معـادلات پایـه ($V=C_BLBT$) مشخصات فنی و معادلاتی که معیارهای اقتصادی را توضیح می دهند سیستمهای پیچیده کم یا زیادی از معادلات پیوسته را شکل می دهند که معمولاً غیر خطـی هـستند . Grudenschwager (1988) یک مدل بهینه شده گسترده از شناور RO-RO با ۵۷ مجهول و ۴۴ معادله و ۳۴ قیـد ارائـه داده است.

برای ایجاد مدلهای بهینه شده پیچیده ، پیشنهاد می شود که کار را با روابط و متغیرهای طراحی آغـاز کـرد و سپس مدل را مرحله به مرحله بهبود بخشید . مقایسه نتایج در طراحی مدل پیچیده برای اجتناب از خطاهایی که واضح نیستند ضروری است.

متغیرهای طراحی که شامل توابع پله ای هستند (تعداد تیغه های پروانه ، قدرت موتورها و .....) ممکن است در مراحل بعدی بدست آورده شوند و در مدل خیلی گمراه کننده ثابت گرفته شوند . متغیرهـای ضـعیف یـا از مرتبه اهمیت دوم در مرحله بعدی از مراحل پیشرفت معرفی می شوند.

اگر خطاهای مربوطه به اندازه کافی کوچک باشد ، میتوان ساده سازیها را در نظر نگرفت و یا متعاقبـاً در نظـر گرفته شوند.

اصل اقتصادی برای بهینه سازی کاهش قیمتها :

میزان سودی که در کاهش قیمتها محاسبه می شود معمولاً مبلغ سودی است که در بازار پولی برای کارهای بلند مدت در نظر گرفته میشود . این کاهش قیمتها از ارزش پرداختهای گذشته می افزاید.

از مبالغی که به طور جداگانه کاسته می شود می توان به وجه لازم برای نصب ساختمانهای جدید و قیمت فروش مجدد کشتی اشاره کرد .

مبلغ کاسته شده KPV از حساب " K " که " L " سال بعد پرداخت می شود .

برای مثال قیمت فروش مجدد یا قیمت قطعات کشتی :

" i " میزان سود حساب است $Kpv = k\frac{1}{(1+i)} = K.PWF$

PWF فاکتور ارزشمندی جنس است .

برای سود ۸٪ ← برای مدت ۲۰ سال استفاده از کشتی PWF ۰/۲۱۴۵ و برای مدت یکسالی ۰/۹۲۵۹ خواهد بود .

اگر تفاوت قیمت کشتی بعد از ۲۰ سال ۵٪ قیمت اولیه آن باشد میزان درصد کاسته شده ۱٪ خواهد بود .

بنابراین غلط نادیده گفتن آن به منظور سازه سازی فرمول ، ناچیز است .

از مجموعه وجه های مرسوم K به میزان Kpv کاسته می شود .

$$Kpv = k\frac{(1+i)^L, i}{(1+i)^L - 1} = K.CRF$$

CRF فاکتور اصلاح مجدد است .

هر چه زمان استفاده از وسیله کمتر باشد CRF بزرگتر خواهد بود .

برای سود ۸٪ ، CRF معادل 0.1018 برای ۲۰ سال خواهد بود و برای یک سال معادل 1.08 خواهد بود .

فرمول بالا میزان سود را بعد از یکسال محاسبه می کند .

پرداختهای دیگر را نیز می توان به این شکل محاسبه کرد . برای مثال برای پرداختهای ۴ برابر ، مبلغ i را بر ۴ تقسیم و L را در ۴ ضرب می کنیم . برای حسابهایی که در مدت زمانهای بسیار بیشتری (بیشتر از سالها) لازم است محاسبه شوند و یا با تغییرات اساسی در میزان حسابها برای مثال تعمیرات در ابعاد وسیع همراهند میانگین سالیانه حساب می شود .

جایی که قیمتها تغییر می کند قیمتهای آتی باید در میزان میانگین سالیانه وارد شود . ارزیابی قیمتها به شکل جداگانه بر پایه سود پولهایی است که در پروژه های بلندمدت ممکن است افزایش یابند .

مشکلات :

۱- عمر مفید کشتی را باید حدس زد .

۲- در زمان عمر مفید کشتی قیمتها ممکن است تغییر کنند که محاسبات را تحت تأثیر قرار دهد .

برای مثال بعد از بحران نفت در سال ۱۹۷۳ قیمت سوخت بسیار افزایش یافت . در اینصورت تمامی بودجه ها و درآمدهای کشتی در زمان استفاده از آن نیز کاسته می شود که با NPV نمایش داده می شود .

(i) سود میزان بهره ای است که NPV صفر برای مبلغ قابل پرداخت دارد . سود پول همچنین میزان تخفیف مبالغ جاری یا میزان برگشت داخلی نیز نامیده می شود . در واقع سود محاسبه شده باید به عنوان شاخص اقتصادی استفاده جایگزینهای مختلف کشتی را ارزیابی کرد طول مدت استفاده از وسایل مختلف هم باید محاسبه شود .

متأسفانه سود محاسبه شده به هزینه های غیر قابل پیش بینی مانند میزان حمل و نقل کالا در آینده ، هزینه استفاده از وسیله در آینده و مدت استفاده از وسیله بستگی دارد .

همچنین به محاسباتی مثل محاسبه هزینه ساخت ، هزینه عملیات ها و در آمد نیز احتیاج دارد .

در دیگر معیارهای اقتصادی که به زمان ، مانند پول نگاه می کنند شامل NPV و سرمایه/NPV یا میزان حمل و پرداختهای آینده می کاهد . از قیمت های اولیه بعلت مهم بودن پرداختها کاسته نمی شود . واژه پرداختهای اولیه مدل بهینه سازی را آسان می کند . با حذف قیمتهای غیر وابسته مختلف قیمتهای اولیه اغلب به عنوان بهترین معیار برای تخمین حداکثر میزان سوددهی کشتی سازیها استفاده می شود . هر چند در تجارت مدرن کارخانه های کشتی سازی باید مالکین کشتی را از نظر طراحی قانع کرده و بنابراین قیمتها تا حدود ۲ برابر میزان مورد انتظار افزایش می یابد .

بطور خلاصه ، معیارهای بهینه سازی باید به صورت وجه محاسبه شوند . برای دستیابی ساده تر که اغلب در مدلهای بهینه سازی پیشرفته در نظر گرفته می شود تعداد مبالغ اولیه را به حداقل می رسانند .

مبالغ اولیه (مبالغ ساخت) :

هزینه ساخت را می توان طبقه بندی کرد به :

- هزینه مستقیم
- هزینه مواد مصرفی (همراه با خرید سرویسها)
- هزینه های اضافه

برای بهینه سازی ، هزینه های تولیدات تقسیم می شود به :

۱- هزینه های متغیرهای وابسته :

(a) هزینه بدنه کشتی (hull)

(b) هزینه نیروی محرکه (propulsion)

(c) دیگر هزینه های وابسته مثل Piping و .....

۲- هزینه های مختلف و غیر وابسته :

هزینه هایی که در مورد گونه های متلف کشتی یکسان نیست مثل تجهیزات ناوبری ، هزینه های ساختمانی توسط کالا و سرمایه ها پوشانده می شود .

منابع سرمایه ای که ممکن است مورد توجه قرار نگیرد .

سود سرمایه باید بیشتر از سرمایه گذاریهای دیگر باشد بخصوص در مورد سود سرمایه گذاریهای بلند مدت . این روش ارزیابی برای تصمیم گیری برای سرمایه گذاری بسیار ساده است اما بهینه سازی مبالغ اصلی را قربانی می کند .

مشخصاً ۴۵-۱۵٪ از مبالغ اولیه به کارخانه کشتی سازی تعلق دارد . بقیه مبالغ مربوط به دیگران است . از مبلغ مربوط به کارخانه ، ۲۰٪ مربوط به طراحی و ۸۰٪ برای تهیه یکی از انواع کشتی های باری است .

ارزیابی هزینه های متغیرهای وابسته :

سازه پیشرفته و اتاقک عرشه معمولاً خود هزینه های متغیرهای مستقل حساب می شود . هزینه های متغیر و وابسته عبارتند از :

۱- قیمت فولاد بدنه کشتی

۲- قیمت نیروی محرکه

۳- تجهیزاتی که برای کشتی های مختلف متفاوتند .

کارخانه معمولاً قیمت هایی که برای تهیه فولاد مورد نیاز لازم است را به ۲ قسمت تقسیم می کنند:

۱- هزینه لازم برای فولاد نورد شده اولیه . قیمت صفحات و قطعات نورد شده برحسب تن در نظر گرفته می شود .

اتلاف هزینه نیز باید در نظر گرفته شود .

۲- هزینه دیگر شامل تعداد نفر ، ساعتی که برای انجام کار لازم است می باشد که برحسب متدهای مختلف عدد آن متفاوت خواهد بود . نفر ، ساعت برای پروژه های Superstructure و ساختمانهای روی عرشه در مقایسه با بدنه کشتی بیشتر لازم است . میزان کار لازم برای فولادهای سنگین در کشتی های کوچکتر بیشتر است .

برای مثال یک کشتی با حجم 7000^{m3} ۱۵٪ کمتر زمان کارکرد در هر تن در مقایسه با کشتی با حجم 2000^{m3} نیاز دارد . برای بهینه سازی بهتر است که هزینه لازم برای هر تن فولاد به کار گرفته شده در نظر گرفته می شود و سپس این واحد در وزن فولاد ضرب شود .

این واحد قیمت را می توان با محاسبه هزینه استیل بدنه کشتی تقسیم بر وزن استیل پیش بینی کرد .

$$Kst[MU/t] = Ko(\frac{4}{3\sqrt{L/m}} + \frac{3}{L/m} + 0/2082$$

$$\times \frac{3}{2058 + CB^2} - 0/07\frac{0/65 - CB}{0/65}$$

K_O نمایانگر هزینه های ساخت کشتی با 140^{m} طول با CB = ۰/۶۵

۰/۵۱۲ ≤ CB ≤ ۰/۸۱۲ و ^{m} ۲۰۰ > L > ۸۰ m می تواند مورد استفاده قرار گیرد . این فرمول را می توان بر حسب قیمت مواد و تغییرات کاری تغییر داد .

هزینه های واحد رانش :

برای بهینه سازی قسمت های اصلی ، هزینه های قسمت رانش ممکن است که مداوماً نیاز به تخمین زدن داشته باشد . این هزینه ها با ضرب نیروی محرکه در واحد قیمتها بر واحد قدرت محاسبه می شود . می توان از کاتالوگ قیمتها برای موتورها ، دنده ها و دیگر تستهای بزرگ در محاسبه استفاده کرد . محاسبه دیگر قسمتهای ماشین را با ضرب فاکتورهای لازم انجام داد . فقط قسمتهای کاربردی در قسمت رانش باید مورد

توجه قرار گیرد . قسمتهای الکتریکی که بعنوان قسمتی از طراحی موتور حساب می شود ، شامل ژنراتورها ، لوله های آب ، دریچه ها ، و پمپها ، متغیرهای غیر وابسته هستند .

هزینه های گروه های وزنی تجهیزات و Outfit :

برای بهینه سازی هزینه های اولیه تجهیزات به سه گروه باید تقسیم شود :

۱- تجهیزات متغیرهای غیروابسته مثل واحدهای الکترونیکی بر روی اسکله

۲- تجهیزات متغیرهای وابسته مثل لنگر ، زنجیرها و ..... که می تواند تغییر کنند . اگر متغیرهای وابسته قید نشوند تجهیزات مورد بحث را می توان حذف کرد .

۳- تجهیزات متغیر وابسته قوی مثل هزینه انبارهای کشتی که به شکل نه چندان دقیق بالا می رود . در ارتباط با ارتفاع انبار و ۱/۶ بربار عرض انبار مثلاً انبارهای کناره ای گران تر از نمونه های بلند و تاریک است .

ارتباطات واحد هزینه ها :

هزینه های واحد به وزن استیل و ماشین بستگی دارد که با زمان تغییر می کند ، هر چند اگر نسبت آن ثابت باقی بماند ، نتایج محاسبات ثابت خواهند ماند .

برای مثال اگر محاسبه طراحی که برای آینده با افزایش نسبت ها در مقایسه با قیمت های کنونی تخمین زده شود ، نتیجه مقادیر مشابهی می دهد وقتی که از داده های به روز استفاده شود .

درآمدهای سالیانه و هزینه ها :

درآمد کشتی های باری به تعداد بارها و سفرهای دریایی بستگی دارد .

هزینه برای دوره کاری یک کشتی عبارت است از :

۱- هزینه های خطر احتمالی :

زیرا کشتی شامل بسیاری از بیمه ها است مثل :

- بیمه بدنه کشتی و وسایل جانبی
- بیمه حوادث دریایی منجر به صدمه و زیان
- بیمه و غرامت

هزینه های خطر احتمالی مجموعاً ۰/۵ ٪ کل هزینه ها را شامل می شود .

۲- هزینه های تعمیر و نگهداری :

هزینه های کارهای صورت گرفته که به شکل آمار در کمپانی های کشتیرانی وجود دارد.

۳- هزینه سوخت و روغن کاری :

که به کارکرد موتور و زمان عملیات بستگی دارد .

۴- هزینه های کارگران :

شامل حقوق ها ، اضافه کاری ها ، غذا خوری ، سرویس هـای دیگـر (بیمـه سـلامتی ، تـصادف) امکانـات کارگران به قدرت موتور بستگی دارد اما در ابعاد وسیع با عملکردهای متفاوت ثابت باقی می مانـد . بنـابراین هزینه های کارمندان یک متغیر مستقل است .

۵- هزینه های جانبی :

- وظایف روی عرشه ، هزینه راهنما ، مالیات اجناس
- هزینه های در نظر گرفته شده برای کمپانی کشتیرانی
- هزینه های خطر احتمالی برای بار (مثل بیمه مخصوص ۰/۴-۰/۲ قیمت بار)

مورد مربوط به عرشه Lock و هزینه راهنما به تناژ بستگی دارد .

هزینه های اضافی و مالیات ها به کارکنان بستگی دارد .

۶- هزینه های اسباب کار و دیگر امکانات :

که به سایز کشتی ، سایز موتور ، تعداد کارمندان و غیره بستگی دارد .

محاسبه متغیر وابسته مشکل است اما هزینه آن در مقایسه با بقیه کمتر است . به همین علـت تفـاوت هـای موجود و قیمت های کالاهای کاری ممکن است در نظر گرفته نشود .

۷- هزینه مدیریت بار :

که تحت تأثیر نوع کشتی و ابزار مدیریت بار در اسکله قرار می گیرد . اینها متغیرهای غیروابسته بـرای ابعـاد کشتی هستند .

متد تفاوت در هزینه :

هزینه های اولیه و جاری می توانند با توجه به تفاوتهای اساسی در کشتی بهینه سازی شوند. این کار محاسبه را با استفاده از باقیماندن متغیرهای وابسته آسان می کند . هزینه های متفاوت نمونه های موثق تری معمولاً ارائه می دهند .

تفاوت در هزینه های اولیه شامل تفاوت قیمتهای فولاد و قیمتهای موتور است .

$$\Delta KG[MU] = Wsto.Ksto - Wstn.Kstn.Kst_n + \Delta K_M.CM$$

$$= Wsto.Ksto - Wstn.Kstn + \Delta PB.Km.Cm$$

هزینه های متفاوت برای تستهای اولیه	$\Delta KG(MU)$
وزن فولاد بدنه برای متغیر پایه	$Wsto[t]$
وزن فولاد بدنه برای متغیر n	$Wstn[t]$
هزینه اختصاصی برای استیل نصب شده	$Ks + [MU/t]$
هزینه های متفاوت برای موتور اصلی	$\Delta K_M[MU]$
فاکتور لحاظ شده برای هزینه های متفاوت " تستهای باقیمانده " در واحد موتوری	C_M
تفاوت در قدرت موتور مورد نیاز	$\Delta PB[KN]$
قیمت اختصاصی برای قدرت موتور	$KM[MU/KWD]$

محاسبه سرمایه به تنهایی مورد نیاز نیست بلکه فقط تغییراتی که باعث حداکثر سود مـی شـود مـی بایست محاسبه شوند .

مهمترین بخش در تفاوت در هزینه ها عبارتند از :

۱- هزینه های اولیه

۲- هزینه های سوخت روغنکاری

۳- هزینه های تعمیر و نگهداری

۴- درآمد مشخص از متغیر وابسته

میزان نیروی رانش مورد نیاز از آزمایش سرعت بدست خواهد آمد . بنابراین هزینه های اولیه واحد رانش به مقدار قدرت موتوری که تحت آزمایش سرعت است ، بستگی دارد .

هزینه سوخت به سرعت سرویس دهی بستگی دارد . بنابراین هزینه های سوخت سالیانه و روغنکاری بستگی دارد به :

$$K_f + L[MU/60] = P_{B,D}.F.(K_f.S_f + K_L.S_L)$$

قدرت ترمز در سرویس سرعت	$PB,D[KW]$
زمان کارکرد سالیانه	$F[h]$
هزینه یک تن از سوخت (یا سوخت سنگین)	$K_f[MU/t]$
مصرف سوخت مخصوص	$S_f[t/kwh]$
هزینه یک تناژ روغن برای روغنکاری	$K_f[Mu/t]$
مصرف روغنکاری مخصوص	$S_f[t/kwh]$

ناپیوستگی در هزینه های واحد رانش :

هزینه اجزاء واحد رانش مثل موتور ، گیربکس و غیره منحنی هزینه را شامل می شود .

منحنی پله ای می تواند یک مینیمم در قسمت مورد نظر یا نقطه ای پائینتر از آن نقطه داشته باشد . با هزینه های اولیه ، بهینه سازی همیشه در ابتدای منحنی در قسمت راست جدول موتور کوچکتر پر از بار قرار می گیرد . در قسمت دیگر موتوری با یک سیلندر بیشتر که بارگیری کمتری قرار دارد. بنابراین وقتیکه هزینه های اولیه و هزینه های سالیانه در نظر گرفته شود مقدار کاهش قیمتها تقریباً پیوسته خواهد بود .

محاسبه سرعت پیوسته ، وقتیکه نیروی رانش به جدول پله ای تبدیل می شود وقتیکه بهینه سازی همه قسمتها مد نظر است ، فقط برای مقایسه به کار می رود .

در عمل ، اگر از تمام قسمت نیروی رانش استفاده شود سرعت بیشتر لازم است .

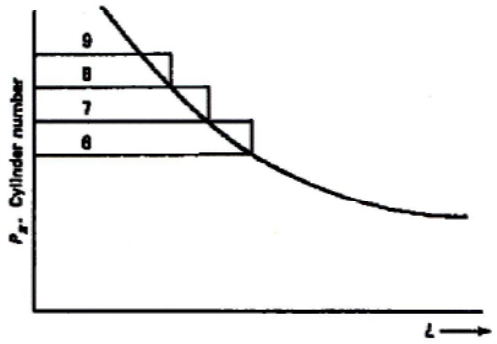


Figure 3.4 Propulsion power P_B and corresponding engine cylinder number as a function of ship's length

Fig 3.4
Fig 3.5

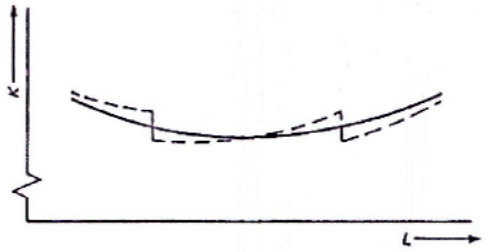


Figure 3.5 Effect of a change in number of engine cylinders on the cost of the ship

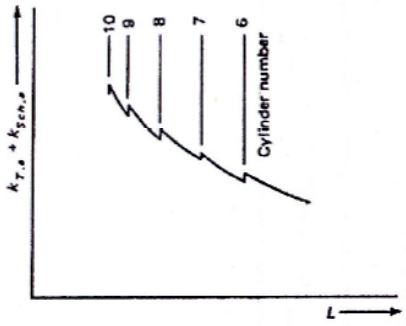


Figure 3.6 Annual fuel and lubricant costs ($k_f + k_l$) as a function of number of engine cylinders and ship's length

توضیح بعضی از پارامترهای مهم

عرض

حداکثر B از مینیمم متاسنتریک ارتفاع $\overline{GM}$ بدست می آید و به شکل غیر مستقیم ، یک حداکثر حجم مایع در جریان هم بدست می آید سیستم $\overline{GM}$ برای حداقل میزان احتیاجات است ولی می تواند برای حجمهای بیشتری که توسط تانکرها و فله برها حمل می شوند نیز استفاده شود .

طول

طول کشتی بنابه وزن بار ، وزن مرده و سایز آنها تعیین می شود اما AM.L , B/T , B/D و CB نیز باید در نظر گرفت . بنابراین افزایش ۱۰٪ در طول AM را تا ۱۵٪ و D و B و T را هر کدام ۵٪ کاهش می دهد .

L/B و L/D نیز هر کدام تا ۱۶٪ افزایش می یابد .

برای این نوع تغییرات هم افزایش طول نتایج زیر را به دنبال دارد :

۱- افزایش سطح Freeboard مورد نیاز همراه با کاهش سطح موجود

۲- کاهش استقامت اولیه

۳- توانایی بهتر نگهداری و توانایی کمتر در تغییرات سیستم

۴- افزایش وزن فولاد

۵- کاهش کارکرد موتور و وزن

۶- کاهش مصرف سوخت در فاصله های مشابه

افزایش Free Board

از Freeboard موجود کاسته می شود در حالیکه Freeboard لازم و مورد نیاز افزوده می شود .

Freeboardمتداول هرگز با کوتاه کردن طول کشتی اگر CB خودش را ثابت نگه داریم ، تناقصی ندارد .

کاهش پایداری اولیه

بهینه سازی معمولاً به پایداری اولیه ثابت احتیاج دارد .

کاهش $\overline{GM}$ اگر لازم باشد با افزایش کمی در B/T و کاهش T و D جبران می شود .

اینکار وزن فولاد را افزایش و نیروی ذخیره شده را کاهش می دهد .

توانایی های تعمیر و نگهداری سیستم :

این دو فاکتور معکوس یکدیگرند .

افزایش وزن فولاد کاهش کارکرد موتور و وزن ، کاهش در مصرف سوخت این تغییرات بر وضعیت اقتصادی کشتی بسیار موثرند .

ضریب ظرافت بدنه :

۱- تغییرات Freeboard عادی برای CB<0.68 (با D 85%)

۲- کاهش سطح زیرین بازوی راست اگر مقاومت اولیه مشابه استفاده شود .

۳- افزایش کمی در وزن فولاد اتاقک روی عرشه

۴- کاهش قدرت موتور لازم و وزن موتور و مصرف سوخت

۵- در Sea keeping بهتر ، نیروی مقاوم در برابر حرکت کشتی کمتر می شود و کـاهش Slamming را در بر دارد .

۶- احتیاج کمتر به عملیات روی اسکله بعلت اینکه وسط بدنه کوتاهتر و انتهای کشتی بزرگتر است .

۷- انبارهای بزرگتر ، اگر انبارها با افزایش عرض کشتی بزرگتر شوند . در انبارها نیز تبعاً سنگین تر و گرانتـر خواهد بود .

۸- پروفایلهای ژئومتری کمتر ، پهنای کناره ها بیشتر و سطح زمین مستطیلی بیشتر

۹- محدودیتها در ابعاد Slipway ، عرشه و Lock زودتر بدست می آید .

۱۰- جرثقیلهای بلندتر می شوند اگر طول آنها با عرض کشتی تعیین شود نه با طول انبارها

<u>پایداری اولیه</u>

$\overline{GM}$ تقریباً ثابت می ماند اگر B/T ثابت نگه داشته شود هر چند $\overline{GM}$ توضیح داده شده بیشتر با تغییرات عرض در فرمول موهلبرت ارتباط دارد .

$$B = \frac{BO}{C\left[\left(CB/CBO\right)^2 - 1\right] + 1}$$

برای مسافربری و کشتیهای کانتینری C=0.12

برای تانکرها و کشتیهای باری C=0.16

Sea Keeping

CB برای Sea Keeping مدنظر گرفته می شود . از زمانیکه قدرت تجهیزات برای شرایط آزمایش درنظر گرفته می شود یا هیچ اصلاحی برای اثرات دریا در نظر گرفته نمی شود .

بنابراین CB ایده ال برای سرویس بسرعت باید کوچکتر از سرعت آزمایش باشد . مقادیری از هزینه های Sea Keeping بر عهده مالکهای کشتی است که اگر مشخص نشده باشد طراحان کشتی بهینه سازیشان را در هر مورد به تنهایی انجام خواهند داد .

اندازه انبار

کلاً در کشتیهای باری اندازه انبار را به نسبت حجم زیر عرشه می سنجند . برای کانتینرها و کشتیهای رو- رو پایین آوردن CB منجر به افزایش فضای نامطلوب می شود و فضای بیشتر مورد نیاز خواهد بود .

معمولاً حجم زیر عرشه $\nabla_D = L.B.D.C_{.BD}$ یکسان نگه داشته می شود .

هر تفاوتی به علت Camber و یا Sheer در نظر گرفته نمی شود و یا بعنوان تغییرات همیشگی پذیرفته می شود .

C_{BD} را می توان به شکل درست با یک فرمول بدست آورد :

$$CB + C.(\frac{D}{T} - 1).(1 - CB)$$

با C=0.3 برای مقاطع U و شکل C=0.4 برای مقاطع V شکل

با محاسبه اولیه فضای زیر عرشه ثابت ، تغییر در اندازه موتورخانه ، تغییرات ناشی از آن در فضای قابل تغییر در انتهای کشتی و حجم بدنه دو لایه در نظر گرفته نمی شود .

تغییر در اندازه موتورخانه ناشی از تغییر در نیروی رانش و ساختار کف داخلی برای جایگاه موتور است .

تأثیر بر هزینه :

تغییرات CB ، فولاد بدنه و هزینه های سیستم رانش را تغییر می دهد نه تنها وزن فولاد که قیمت هـر تـن کار شده فولاد نیز متغیر وابسته است .

هر تن فولاد کار شده در کشتی با C_B کامل کمتر از کشتی C_B کـوچکتر اسـت هزینـه هـای فـولاد بدنـه مشخصاً با اندازه بدنه تغییر می کند .

ما تقسیم بندی سختی کار در ساخت بدنه را به شکل زیر مشخص کرده ایم :

۱- سطوح صاف با قسمتهای بدون انحنا در وسط بدنه کشتی

۲- سطوح صاف با قسمتهای بدون انحنا که در وسط کشتی قرار ندارند برای مثال قـسمتی از عرشـه بـدون انحنا در انتهای کشتی

۳- سطوحی با انحنای ملایم یا قسمتهای بدون انحنا یا انحانادار . ورقه هایی که برای همان قـسمت شـکل داده شده اند برای ساختن وسیله استفاده می شدند ولی قسمتهای انحنادار از پیش ساخته شده هستند .

۴- سطوحی با انحناهای بیشتر که فقط در یک جهت هستند برای مثال قسمت صاف کف کشتی ورقه هایی که بوسیله نورد سرد ساخته شده اند .

۵- ورقه هایی با انحنای متوسط که برای منظورهای مختلف انحنا داده می شوند برای مثـال بعـضی از آنهـا اطراف پروانه استفاده می شود .

۶- ورقه هایی با انحناهای بسیار زیاد که برای قسمتهای انحنادار جلویی کشتی این ورقه ها بصورت نورد گرم ساخته می شوند .

کاهش C_B طراحی و ساختار را پیچیده می کند ولی از هزینه ها می کاهد

۱- ورقه های انحنادار بیشتر ، ورقه های صاف با سطح مستطیلی کمتر

۲- سرمایه گذاری بیشتر برای جزئیات ساخت

۳- سرمایه گذاری بیشتر برای ماکت چوبی

۴- وسایل باقیمانده (Scrap) بیشتر

۵- تنوع بیشتر در ورقه ها و قسمتی که با هزینه های نگهداری و مدیریت ارتباط دارند .

افزایش CB با $\triangle C_B=0.1$ معمولاً به افزایش وزن روی سطح صاف بدنه می انجامد (گروه ۱) به مقـدار ۰/۳ استیل بدنه از گروههای ۳ و ۵ به گروههای ۱و۲ تغییر می کند . تعداد ورقه های با انحنای زیاد گـروه ۶

به منحنی تحت تأثیر C_B قرار می گیرد . تغییر وزن ورقه ها و قسمتهای انحنادار بدنه به فاکتورهای زیـادی بستگی دارد تقریباً استیل بدنه $\triangle C_B$ .0.23 وزن استیل بدنه است .

سرعت

سرعت برای کارکرد اقتصادی یک کشتی و تأثیرگذاری بر هزینه های کلـی مهـم اسـت . سـرویس سـرعت بعنوان یک مورد اضافه در پروسه بهینه سازی می تواند مورد توجه قرار گیـرد کـشتیهایی بـا ۲ شـرط بـاری مشخص می توانند به هر دو شرط جداگانه توجه کنند : بارگیری کامل و بالاست (Ballast)

تغییرات سرعت با دو نوع محاسبه بدست می آید .

۱- سریهای متنوع سنتی ، هر یک ظرفیت سرعت مشخص دارد بـرای مثـال کـشتیهایی بـا سـرعت بیـشتر توانایی حمل بار کمتر دارند .

۲- سریهای متنوع کشتی هر یک ظرفیت حمل مشخص دارند برای مثال آنهایی که سریعتر می روند ظرفیت حمل و نقل بیشتری دارد در مقایسه با کشتی با سرعت کمتر و بنابراین کشتیهای کمتری مورد نیاز است .

با افزایش سرعت ظرفیت حمل ثابت ، ظرفیت حمل و نقل افزوده می شود ولی با ظرفیت جابجایی ثابت باقی می ماند پس باید سایز کشتی تغییر کند پس بهتر است هزینه های حمـل و نقـل یـک بـار را در کـشتیهای مختلف در یک مسیر مقایسه کنیم .

در حقیقت ۲ وضعیت برای محاسبه بهینه سازی وجود دارد :

۱- وضعیت غیرقابل رقابت ، سرعت بر درآمد اثرگذار نیست

۲- وضعیت قابل رقابت ، سرعت بیشتر ممکن است بار بیشتری را جذب کند این اولین دلیل صاحبان کـشتی برای داشتن کشتیهای سریعتر است .

در هر مورد همه تغییرها با سود محاسبه شده باید در نظر گرفته شود . در وضعیت غیرقابل رقابت که صاحبان کشتی کالاهای خود جابجا می کنند این مورد نمایانگر وضعیت حقیقی است . در مورد وضعیتهای قابل رقابت باید محدودیتهای کمتری برای جذب سرویسها وجود داشته باشد . اگر سود هزینه های بار در نظر گرفته شود . با توجه به بهینه سازی برای کشتیهای باری خشک معمولاً سرعتهای با ۲ گره با کمتر از حد نرمال سـاخته می شود .

تعدادی از فاکتورهای کلی که از افزایش سرعت کشتیها طرفداری می کنند .

– ارزش بار بیشتر

– میزان بار بیشتر

– رقابت بخصوص زمانی که میزان بار ثابت است

– سود بیشتر

– زمان بازگشت کمتر

– هزینه های روزانه مثل کارکنان

– کاهش هزینه های نگهداری از وسیله

– طراحی بهتر بدنه ، کاهش قدرت مورد نیاز

– بدنه های ظریفتر

– سوخت ارزانتر

– مصرف سوخت کمتر

موارد خاصی در بهینه سازی :

بهینه سازی در کشتیهای که زیاد ساخته می شوند .

شرایط برای ساخت کشتی بصورت سری سازی با ساخت یک کشتی به تنهایی متفاوت است .

مزایای تکرار طراحی عبارتند از :

۱– کاهش طراحی و جزئیات ساختمانی منجر به کاهش زمان لازم می شود .

۲– کاهش نیاز jig (داربست) برای ساختمانهای پیچیده ورقه ها و قسمتهای مختلف

۳– اطمینان بیشتر در تخمین سرعت ، وزن مرده و اندازه درنظر گرفته شده

۴– محاسبات دقیقتر در هزینه های اولیه با استفاده از متد " تفاوت قیمت "

اگر کشتی پایه ای کوچکتر وجود نداشته باشد برای تنظیم سایز طراحی جدید با کوچکتر کردن کشتی اولیه بزرگتر می توان به مقصود رسید . با اینکار CB کاهش می یابد تهیه یک طرح جدید از طرح اصلی با سرعت مشابه با تغییر وسط تنه کشتی معمولاً به ایجاد یک طرح جدید ترجیح داده می شود در مقابل تبدیل کشتی اصلی به کشتی سریعتر با افزایش قدرت حرکتی با محدودیهای زیاد اقتصادی است .

ساده سازی ساختار فولاد بدنه :

فرآیند طبیعی که در ساخت کشتیهای باری استفاده می شود به افزایش C_B برای مقاومت بیشتر پایه گـذاری شده است . در سال 1967 ,Voss , Blohm کشتی را طراحی کردنـد بـا فـرم Pioneer کـه قـسمت انحنای جلوی کشتی را جدا کردند و کلاً سطوح صاف را شامل می شد کـه 3-10% کـاهش هزینـه هـای ساخت را در بر می گیرد . ولی نیازهای قدرت حرکت و مشکلات مواد ساختمانی که زودتر فرسوده می شـوند باعث شد که این راهکار بی استفاده بماند . متد ساختمان دیگری که معمولاً در کشتیها استفاده می شود ایـن است که قاب آنها را در ابتدا ، یا اینکه تماماً مستقیم بسازیم قسمت بیرونی را فقط در یک سوء انحنا دهیم بـا اینکار نیازهای قدرت حرکتی افزایش می یابد .

تفاوتهای بین مقادیر پهنای B و مقداری که با تعداد و سایز کانتینرها مشخص می شـود بـا تنـوع مـشخص آماری در پهنای تانکهای جانبی بخصوص تقریباً نصف عرض کانتینر مشخص می شود .

طول کشتی کانتینربر به طول نگهداری شده بستگی دارد .

نقطه پیش پایانی استفاده شده که کوتاهتر یا بلندتر ساخته شده در واقع نتیجه ای از ظرفیت کانتینر است زیرا که نقطه پیش پایانی انبار معمولاً عرضی کمتر از عرض وسط کشتی دارد و عرض مورد اسـتفاده کمتـر مـی شود .

عمق :

بطور مشابه عمق کشتی به ارتفاع کانتینر بستگی ندارد زیرا که ارتفاع لبه انبار باعث ایجاد تفاوت مـی شـود . ارتفاع کف های دو جداره را به حداقل می رسانند زیرا که تانکهای جانبی که برای تقویت مقاومت در مقابـل خم شدن معمولاً نصب می شوند فضای لازم برای هر منظور را در تانکها ایجاد می کند .

بهینه سازی سرمایه های اصلی

ظرفیت حمل کانتینرها جزء مراحل پایانی مدل بهینه سازی دقیق هستند

متغیر اصلی که معمولاً انتخاب می شود توانایی حمل را به حداکثر برسانند .

اگر قسمتهای اصلی کشتی تغییر کرده اند ظرفیت زیر عرشه ثابت و سایز ثابت ، تعداد کانتینرها ذخیره ساز در زیر عرشه ثابت نخواهد ماند بنابراین قسمتهای اصلی باید اصلاح شوند .

بعلت اینکه در کشتیهای باریک حداکثر عرض قابل استفاده فقط برای یک قسمت کوچک از طول قابل استفاده است ، کاهش در تعداد کانتینرها ذخیره ساز در عرض وسط کشتی باعث کاهش کمی در تعداد کانتینرها می شود بنابراین نسبت حجم کانتینر به حجم مورد استفاده کمی تغییر می کند وقتی که قسمتهای اصلی در کشتیهای کانتینر باریک نسبت به کشتی های کاملتر تغییر می کند .

یک روش عملی برای تخمین هزینه ساخت کشتی

مقدمه ، کارخانجات کشتی سازی برای یک فعالیت اقتصادی موفق باید این توانایی را داشته باشند که بتوانند یک قسمت مناسب را ارائه دهند . تخمین قیمت نقش بسزایی در مزایده ها و مناقصه ها دارد . راههای بسیاری برای تخمین قیمت وجود دارد . این راهها نقش پایه ای در پیش ساخت کشتی ها دارند .

مهندسان کشتی سازی معمولاً پیشینه ای از میزان هزینه نتیجه کار خود ندارند و مدیران نیز اطلاعاتی در مورد تخمین هزینه و به دنبال آن میزان سرمایه گذاری بر روی پروژه ها ندارند .

همانطور که قبلاً گفته شد راههای بسیاری برای تخمین هزینه ها وجود ولی همه آنها عملی نیستند زیرا یا بسیار سری هستند و در اختیار همگان نیستند و یا بسیار مشکل می باشند و عملی نیستند . در این مطلب یک روش ساده و عملی برای تخمین هزینه در اختیار شما قرار می گیرد . این روش ، روشی است که سالها در بسیاری از کارخانجات کشتی سازی استفاده شده است و کمک شایانی به مهندسان و مدیران صنعت کشتی سازی نموده است .

دید بسیاری از خوانندگان این متن در مسائل ساخت کشتی حرفه ای می باشد مانند مسائل مربوط به طراحی ، تجهیزات مورد نیاز ، مسائل فنی و مهندسی ، آنالیز ساخت ، تهیه نقشه ها و در آخر ساخت کشتی . در حالیکه مسائل مالی و اقتصادی درفرآیند ساخت کشتی بسیار حائز اهمیت می باشد که گاهی ممکن است فراموش شود . در صورتیکه درجه اهمیت آن شاید به اندازه مسائل فنی در فرآیند ساخت باشد .

× حوزه بررسی تخمین هزینه کشتی :

تخمین هزینه های ساخت کشتی بحث بسیار گسترده و وسیعی می باشد که به طور اهم شامل :

– هزینه های ساخت : هزینه های کارگاهی و هزینه مواد مصرفی در طراحی و قسمتهای اجرایی و همچنین هزینه های تست مختلف

– هزینه های Lifecycle : هزینه های ساختمانی بعلاوه نگهداری ، عملیات ، پشتیبانی و مدرنیزه کردن .

– مجموع هزینه های مالکان : شامل ساختمان ، هزینه Lifecycle بعلاوه هزینه های آموزش و دیگر موارد .

اگر چه مطالب ذکر شده برای برآورد هزینه های ساختمانی یک شناور جدید می باشد ولی می توان از آن برای برآورد هزینه های تعمیرات و تغییرات و مدرنیزه کردن نیز استفاده نمود .

× روشهای نمونه برای برآورد هزینه :

روشهای رسمی و غیر رسمی زیادی برای برآورد هزینه وجود دارد که در زیر تعدادی از آنها به طور مختصر شرح داده می شوند .

– " Black Book " تخمین هزینه بوسیله فرمولها ، جداول و چارتهایی که بر اساس تجارب سالهای گذشته بدست آمده اند و همچنین بر مبنای اطلاعات بدست آمده ازمالکان و فروشندگان می باشد از آنجا که این روشن معمولاً محافظت می شود و اطلاعات این روش در اختیار همگان قرار ندارد و به تبع آن امکان تجزیه و تحلیل آن بسیار محدود است .

تأئید آن بسیار دشوار است . ولی روش Black Book نتایج قابل قبولی در مورد ساخت یک شناور و یا ساخت شناورها در تعداد کم و یا اندازه های محدود به ما می دهد این روش به نوع شناور و یا اندازه آن وابسته نمی باشد .

– Parametric Approach : برآورد هزینه برا ساس کارکترهای موجود در فرآیند ساخت مانند نسبتهای طول ، حجم ، جابجائی و توان مورد نیاز نیروی محرکه . این روش در بعضی موارد متناسب با روش Black Book می باشد . ولی در مورد مسائل پیچیده و پروژه های عظیم این روش تخمین درستی در مورد مسائل فنی و اقتصادی به نمی دهد .

– Standard Ship Approach : بسیاری از کارخانجات کشتی سازی ترجیح می دهند از روشهای طراحی طبق استانداردها استفاده نمایند ، زیرا اطلاعات خوبی در مورد هزینه های مختلف مراحل ساخت طبق این روش در دست می باشد . این روش کارخانجات کشتی سازی را قادر می سازد تا با سرعت

عمل بهتر و با درجه اطمینان بالاتر فعالیت نمایند و خواسته های مشتریان را فراهم نمایند در این روش حتی می توان تغییراتی البته محدود را در طراحی بوجود آورد زیـرا خریـداران و مالکـان را تـرجیح مـی دهنـد کـه شناوری را بخرند که نیازهای تجاری آنها را برآورده سازد.

– Direct Analysis Approach : وقتی که طراحی بطورکامل به اتمام می رسد ، هزینه ها بر اساس طراحی ، مقدار مواد مصرفی ، قیمت فروش در موارد مشابه و هزینه قیمت موجود برآورد می شود . البته این روش فقط بصورت مقطعی و زمانیکه مراحل طراحی کامل شده اند استفاده می شود .

کارخانجات کشتی سازی در مراحل مختلف ساخت کشتی سعی بر این دارند که از کلیه روشهای ذکر شده در بالا برای تخمین هزینه های خود استفاده نمایند .

× روش برآورد هزینه تجهیزات :

Three Tiered Hierarchy: سلسله مراتب برآورد هزینه در مراحل مختلف طراحی و بر پایـه جزئیـات بدست آمده در طول فرآیند طراحی

– ردیف اول شامل : تعریف و مفهوم طراحی و جزیئات محدود می باشد .

– ردیف دوم : شامل طراحی مقدماتی می باشد .

– ردیف سوم : این قسمت شامل خلاصه ای از طراحی و جزئیات مفصل می باشد .

Independence Among Tiers : (عدم وابستگی بین ردیف ها)

عدم وابستگی بین ردیفها این امکان را به کسی که برآورد هزینه می کند ، می دهد که بتواند برآورد هزینه را به داده های فنی و جزئیات گوناگون گسترش دهد .

Material and labor included : کارخانجات کشتی سازی معمولاً بـرآورد هزینـه مـواد مـصرفی و هزینه کارگاهی را جداگانه محاسبه می نمایند . این کار به منظور سرویس دهـی معتبـر کارخانجـات کـشتی سازی صورت می گیرد . زیرا هزینه مواد مصرفی بر اساس تهیه و تدارک آنها برآورده می شود در صورتی که هزینه های کارگاهی و کاگران مشغول به کار بصورت نفر ساعت برآورده می شد .

Confidence Levels : مدیران کارخانجات کشتی سازی احتیاج به دانستن میزان درستی برآورد هزینه ها دارند تا بوسیله آنها بتوانند پیشنهادها را گسترش دهند تا در مناقصه ها با درجه اطمینان بالا شرکت کنند .

شرح و توضیح برآورد هزینه ها در کارخانجات کشتی سازی معمولاً طراحی کشتی ها به بخش فنی مهنـدس مربوط می شود و برآورد هزینه ها ساخت کشتی نیز مطلق به بخش برآورد هزینه می باشد.

: Description of the architecture

نرم افزار برآورد هزینه به دو قسمت مرتبط به هم تقسیم می شود اولـین قـسمت ، فنـی مهندسـی و دومـین قسمت ، هزینه می باشد .

- قسمت فنی مهندسی بصورت مقایسه بین پنج مدل مطرح می شود :

۱- کمیتهای مبنی برای مهندسی کشتی

۲- مبنا و طراحی قسمتهای اصل کشتی

۳- کمیتهای پارامتری مهندسی

۴- مشخص نمودن کمیتهای مهندسی

۵- انتخاب منابع کمیتهای مهندسی

- قسمت هزینه بصورت مقایسه بین چهار مدل مطرح می شود .

۱- هزینه پارامتری

۲- مشخص نمودن هزینه ها

۳- انتخاب نمودن منابع هزینه

۴- گزارش های هزینه

کلیه موارد ذکر شده در شکل ۲ (fig.2) بطور کاملاً مشخص ، ترسیم شده است .

در ذیل کلیه موارد اصلی و تأثیر گذار در برآورد هزینه ساخت کشتی بر اساس ارزش نهایی کـشتی بیـان شده است که بوسیله مطالعه و بررسی آن می توان تخمین قابل قبولی از هزینه سـاخت کـشتی بدسـت آورد .

۱-- هزینه طراحی : مقدار هزینه طراحی بطور کلی ۳٪ تا ۷٪ ارزش شناور می باشد . که میزان آن بـستگی به نوع طراحی و پیچیدگی آن دارد مثلاً هزینه طراحی برای شناورهایی که نقشه های Basic design آنها آماده می باشد ، ۳٪ میزان ارزش شناور است ولی وقتی که طراحی شناور از نقطه صفر طراحی شروع می شود . هزینه آن چیزی در حدود ۷٪ ارزش شناور .

۲- هزینه تأیید طرح توسط مؤسسات رده بندی : میزان این هزینه بطور تقریبی ۱٪ ارزش شناور جهت تأیید طرح و ۱٪ - ۵ . ۱٪ جهت نظارت بر مراحل ساخت شناور می باشد .

۳- هزینه مواد مصرفی و تجهیزات : برای برآورد هزینه مواد مصرفی و تجهیزات در ابتدا به دفترچه مشخصات شناور رجوع می شود و صورت وسایل مورد نیاز مانند مقدار فولاد مصرفی در ساخت بدنه و پروفیلهای که در ساختمان کشتی استفاده می شوند و تجهیزاتی مانند وینچها ، لنگر و ..... تهیه می گردد و هزینه آنها طبق آخرین قیمتهای موجود در بازار برآورده می شود .

۴- انتخاب پیمانکاران جهت ساخت و اقدام به ساخت : در این قسمت برآورد هزینه بصورت محاسبه میزان دستمزد ساخت و نصب برای هر قسمت از دفترچه ساخت و نصب می باشد .

۵- هزینه به آب اندازی شناور و هزینه تستهای مربوط به آن : هزینه انواع تست در هنگام به آب اندازی ۱٪ ارزش شناور می باشد .

۶- اضافه نمودن هزینه سود و سربار به برآورد کل هزینه های قبلی

مراحل طراحی کشتی

Ship design pricess

طراحی کشتی، عبارتست از مشخص کردن و گسترش تمام جزئیات یک کشتی به طوریکه قابل اجرا باشد. در عین حال، هدف کاهش هزینه نیز منظور نظر باشد.

مفاهیم کلی

طراحی سیستم های پیچیده

کشتی، یک سیستم خیلی پیچیده مهندسی است که از سیستمهای کوچکتری که آنها نیز تا حد زیادی پیچیده هستند، تشکیل شده است. بنابراین طراحی کشتی نیز شبیه به دیگر سیستم های پیچیده مهندسی، باید مراحل زیر را در بر گیرد:

۱- تعریف احتیاجات، مأموریتها، کاری و قابلیت اطمینان. همچنین مخارج اولیه و زمانبندی اجرای پروژه.در مراحل اولیه طرح، خواسته ها تا حدی مبهم یا نامعلوم اند و طراح، وظیفه دارد تا خواسته های مشتری را تشخیص داده و آنها را با دقت تقسیم بندی نماید.

۲- محدودیت های اصلی از نوع سیاسی، قانونی، اجتماعی (برای مثال سلامتی و ایمنی) و نیز از نقطه نظر منابع، تحقیقات و وضعیت اطلاعات اولیه هستند . موانع دیگر، عدم وجود داده هایی مانند وزن، فضا و هزینه هستند.

۳- مطالعات کلی درباره همه جوانب طرح، بسیارمهم است . این مطالعات ، راه حلهای متفاوت برای طرح برآورده می سازد یا نه.

۴- اثبات عملی بودن راه حل که مشخص می نماید که آیا راه حل پیشنهاد، اهداف و خواسته های اولیه را برآورده می سازد یا نه .

۵- گسترش طرح، به معنی آماده سازی جزئیات کامل طرح برای آغاز عملیات ساخت کشتی.

۶- در سیستم های مهندسی پیچیده، معمولاً طراحی جزئیات ، به طور همزمان با ساخت و آزمایش انجام می گیرد که این به خاطر کاهش زمان لازم برای انجام طرح و تصحیح فرضهای اولیه، با استفاده از نتایج حاصل از آزمایشها و مشکلات احتمالی ساخت است.

۷- در طول عمر کشتی، عملکرد و نتایج اندازه گیریها، بر روی آن باید جمع آوری شوند تا در بهینه سازی طرح های آینده مورد استفاده قرار گیرند.

مراحل طراحی یا حداقل ۵ مرحله اول آن، به روش تکرار انجام می گیرد یعنی تصمیم گیری در هر قسمت در قسمتهای دیگر تأثیر می گذارد که به معنی تحلیل و تنظیم دوباره آنها است . روش ا کثر طراحی های مهندسی در مراحل اولیه از نوع سعی و خطاست.

اتخاذ تصمیم سازگار با اکثر محدودیتها، در همه مراحل لازم است ، تا طرح نهائی بهینه گردد. برای برآوردن اهداف طراحی در زمان مقرر و با قیمت مناسب یک گروه طراحی قوی لازم است معمولاً در مراحل اولیه طراحی یک تیم طراحی وجود دارد ولی در مراحل بعدی (وقتی که قرار دادها منعقد شدند) بهتر است کار بین تیم های تخصصی تر تقسیم گردد تا طراحی دقیقتر انجام گیرد، چرا که اکثر حوادث ناگوار در عملکرد کشتی ها، ناشی از ضعیف بودن طراحی جزئیات بوده است .

۹-۱-۱ ماهیت طراحی کشتی

کشتی ها یکی از سیستم های پیچیده و پرخرج مهندسی هستند و طراحی آنها در برگیرنده مسائل تکنیکی خیلی زیادی است که باعث پرحجم بودن طراحی کلی کشتی می گردد.

مشکل عمده، بر سر محدودیتهایی است که ناشی از قوانین خاص کشتی ها و یا خواسته های مشتری است . اینها شامل محدودیتهای طبیعی در دریا می شودو اینکه کشتی باید تا چندین ماه در دریا جوابگوی خود باشد. بعلاوه هیچ نمونه مشابهی از طرح ساخته نمی شود و بجز در حالات خیلی خاص که چند نوع یکسان از یک طرح ساخته می شوند، در باقی حالات طرح مورد نظر برای اولین بار ساخته می گردد.

در طراحی کشتی، مسائل گفته شده در بالا دنبال می گردد، ولی در هر حال تعداد زیادتری مهندس در طراحی یک کشتی نسبت به دیگر طرحهای مهندسی شریک هستند. شکل بدنه از نظر سازه ای و هیدرودینامیکی مهم است، همچنین دیگر قسمتهای دو بعدی و سه بعدی و یا خارجی در موفق بودن طرح مؤثر هستند. با توجه به شرایط سخت وخشن محیطی، لزوم قابلیت حرکت، احتمال آتش سوزی و جاری شدن آب بداخل کشتی دیده می شود که در نتیجه برای طراحی کشتی، محدودیت های بیشتری نسبت به وسایل حمل و نقل زمینی وجود دارد . همچنین عوامل اجتماعی، نه تنها از نظر نحوه کار افراد در کشتی و شرایط زیستی، بلکه از نظر تاثیرات حرکات کشتی بر روی کارکنان ومسافران نیز از اهمیت خاصی برخوردار هستند. بدن انسان به حرکات خاص و فرکانسهای مشخصی حساس است ، برای مثال بیماری دریا، اغلب در فرکانس های حرکت حدود $0.2\mathrm{Hz}$ اتفاق می افتد. یک طراح موفق سعی در تنظیم حرکات کشتی دارد تا شرایط بهتری را برای افراد داخل کشتی بوجود آورد. همچنین قرار دادن محل زیست آنان در قسمتهایی که دامنه نوسان کمتری دارند، باعث مناسبتر شدن وضعیت زندگی بر روی کشتی می گردد.

روند طراحی کشتی، معمولاً به صورت یک دیاگرام مارپیچ، مانند شکل ۹-۱ نمایش داده می شود. این دیاگرام ، طراحی یک کشتی تجاری را از اولین مرحله که درخواستهای مشتری است تا آخرین مرحله که طراحی جزئیات و ساخت است، نمایش می دهد.دیاگرام حلزونی نمایش داده شده، یک ماهیت تکراری دارد بدین معنی که همه عوامل در نظر گرفته می شوند و به دنبال آن اگر تغییری در یک مرحله داده شد، گردش مراحل، دوباره صورت می گیرد تا تغییرات متناسب با آن در همه قمستها داده شود. همچنین ممکن است ناپیوستگی هایی وجود داشته باشد، برای مثال، تغییر ابعاد کلی کشتی ممکن است آنقدر ادامه یابد که جایگزین کردن یکنوع سیستم رانش جدید الزامی گردد.

راه دیگر، برای روند طراحی کشتی های تجاری، در شکل ۹-۲ نمایش داده شده است که شامل استفاده از طراحی و ساخت به کمک کامپیوتر (CAD/CAM) است (برنامه های مورد استفاده در شکل مشخص گردیده اند.)

۹-۱-۲ مطالعات اقتصادی

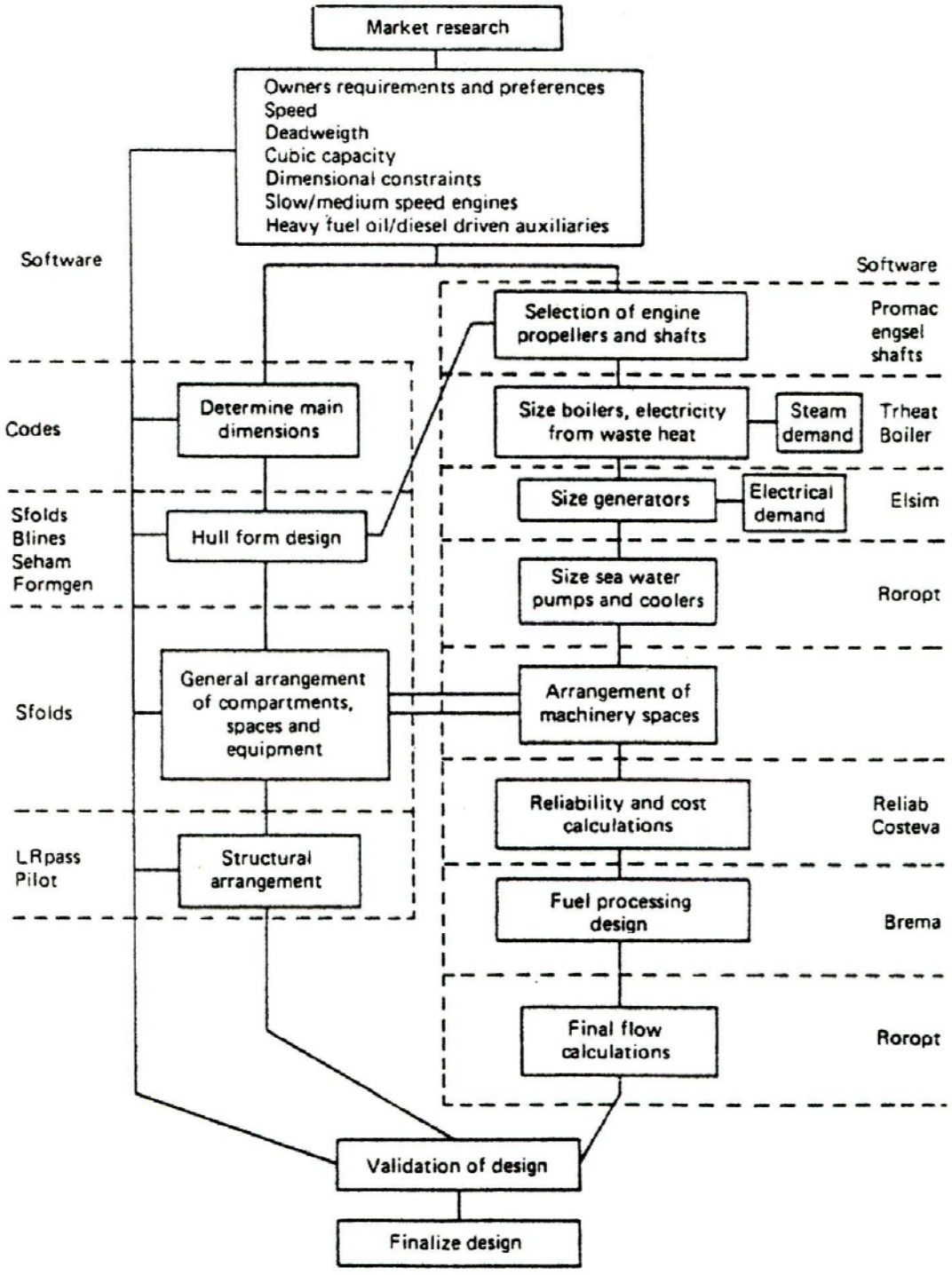
روند طراحی یک کشتی تجاری، با ارزیابی های اقتصادی و احتمالاً تحقیقات در مورد بازار کار بوسیله مشتری آغاز می گردد. در این مرحله کشتی ، تنها به عنوان قسمتی از یک سیستم بزرگ حمل و نقل در نظر گرفته می شود که احتیاجات این سیستم حمل و نقل با تعداد زیادی کشتی کوچک یا تعداد کمتری کشتی بزرگ قابل جوابگویی است. مشتری باید راههای مختلف، مانند کرایه کردن کشتی از دیگران، خرید کشتی های دست دوم، خرید کشتی موجود و بالاخره ساخت کشتی جدید را مورد بررسی قرار دهد. بنابراین مطالعات اقتصادی پیچیده ای لازم است تا راه حل مناسب وکشتی بهینه از نقطه نظر نوع، سرعت و تناژ مشخص گردد. لازمهٔ بررسی های فوق، تخمین هزینه ساخت و هزینه های سرویس کشتی است که مخارج مربوطه با یک جدول یا دیاگرام، مانند جدول ۹-۱ برای طول عمر کشتی مشخص می شوند.

جدول ۹-۱ هزینه های مختلف مربوط به یک کشتی

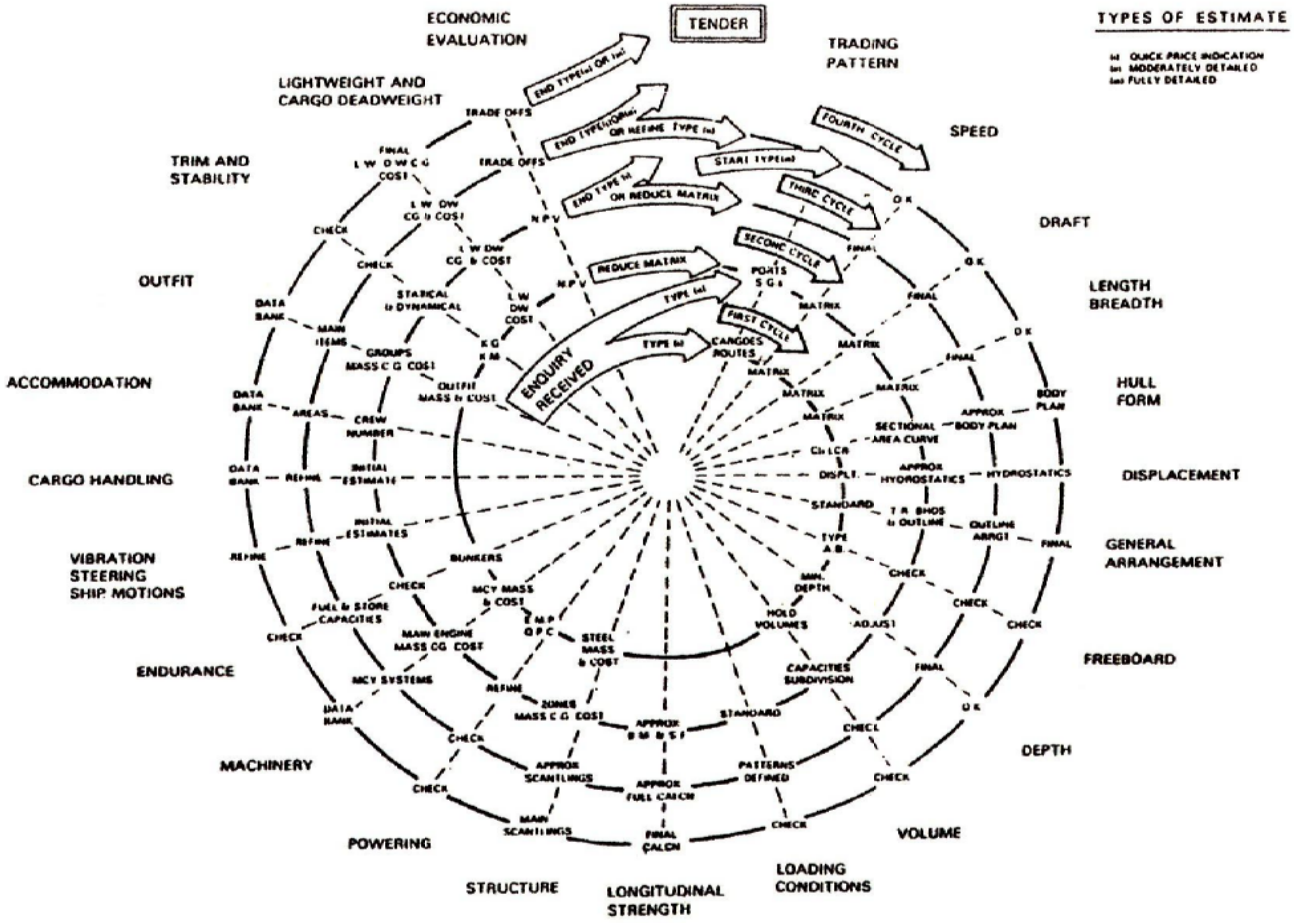
Cast type	Description
Capital costs	Design costs Building costs (down payment and

	installments) Associated loan repayments and long interest Taxex Depreciation and profit (considered for convenience as costs)
Daiy running costs	Crew expenses (wages,benefits, victualling, training, travel,etc) Repair and maintenance stores Insurance Administration
Voyage costs	Fuel Port charges and light dues Tugs and pilotage Canal dues
Cargo expenses	Cargo handling Cargo claims, etc.

درآمد حاصل از کرایه دادن کشتی باید همه مخارج را پوشانده و همچنین با نرخ مناسبی سرمایه گذاری اولیه را باز گرداند . یک روش متداول برای بیان وضعیت اقتصادی کشتی نرخ کرایه مورد نیاز (RFR) است. این حداقل نرخی است که صاحب کشتی باید به ازاء واحد کالا دریافت کند تا متضرر نگردد.



مراحل طراحی کشتی



ماریپچ طراحی برای یک کشتی تجاری

۹-۱-۳ عوامل موثر در طراحی کشتی

محدودیتهای اصلی در طراحی کشتی، شبیه محدودیتها در طراحی دیگر سیستم هـای مهندسـی اسـت. ایـن محدودیتها عبارتند از ، عوامل اقتصادی ، جغرافیایی و تکنیکی، همچنین استانداردها و آیین نامه های ساخت نیز از جمله محدودیتهای اساسی هستند.

۹-۲ مشخصات اولیه کشتی

هنگامیکه تصمیم نهایی درباره نوع کشتی، مسیر، سرعت و تنـاژ اتخـاذ گردیـد، تخمـین اولیـه ابعـاد کـشتی امکانپذیر می گردد. اگر اطلاعات خوبی راجع را به یک کشتی مشابه در دسترس باشد، می تواند در نظر گرفتن تفاوتهای آن وکشتی مورد نیاز ، در مدت کم و با دقت خوبی ابعـاد تقریبـی را محاسـبه نمـود. در صورت عدم دسترسی به اطلاعات مورد نیاز از کشتی های مشابه، می توان از روشهای پارامتری استفاده نمود. یک روش بسیار متداول، تقسیم کشتی ها به سه گروه زیر است:

۱- کشتی های وزنی ، که ابعاد آنها بیشتر با وزن بار ارتباط دارد تا حجم بار، مثل کشتی هایی که سنگ آهن حمل می کنند. چنین کشتی هایی معمولاً در وضعیت حداکثر بار، دارای حداقل فری برد هستند .

۲- کشتی های حجمی، ابعاد این نوع کشتی ها ارتباط مستقیم با حجم بار دارد و وزن بار چندان تعیین کننده نیست مانند کشتی هایی که بارهای سبک حمل می کنند و یاکشتی های مسافربری.

۳- کشتی های با ابعاد، در این نوع کشتی ها، محدودیتهای خارجی در ابعاد نهایی کشتی مؤثر هستند ماننـد کشتی هایی که قصد عبور از رودخانه ها و یا تنگه ها را دارند که در این صورت عرض و آبخـور کـشتی باید کوچکتر از ابعاد متناظر مسیر باشند. کشتی های کانتینربر و کشتی های حمل خودرو نیز از این نظـر محدودیت دارند و ابعاد کانتیترها یا خودروها در ابعاد نهایی کشتی مؤثر هـستند. بـسیاری از کـشتی هـا، ترکیبی از سه گروه بالا هستند، وزن وحجم، هر دو در طراحی باید منظـور گردنـد و بعـلاوه محـدودیت هایی مانند محدودیت آبخور یا عرض کشتی نیز باید مدنظر باشند .

۹-۲-۱ تعیین ابعاد اولیه بر پایه طول کشتی

این روش، با محاسبه وزن جابجایی وحجم بار برای سه طول مختلف (با اسـتفاده از اطلاعـات جمـع آوری شده قبلی از کشتی های مشابه، مانند نسبت های ضرایب فرم بدنه و ابعاد به طول کشتی) ، آغاز مـی گـردد.

چنانچه نتایج سه محاسبه انجام شده، مقدار مورد نظر را بپوشاند آنگاه می توان با میانیابی، اندازه و ابعاد اولیه کشتی را بدست آورد.

۹-۲-۲ تعیین ابعاد اولیه بر پایه جرم حجمی

یک روش تقریبی ولی خیلی سریع برای تخمین اولیه وزن جابجایی کشتی، استفاده از نسبت $\frac{\text{وزن بار مرده}}{\text{وزن جابجایی}}$ است. شکل دیگر آن عبارتست از استفاده از نسبت حجم بار یعنی

$\frac{\text{حجم کل کالا}}{\text{حجم تئوریک انبارها}}$ و نسبت جرم حجمی کشتی یعنی $\frac{\text{وزن جابجائی}}{\text{حجم تئوریک انبارها}}$. مقادیر متداول، در جدول ۹-۲ نمایش داده شده است.

با این روش ، می توان ازمقدار حجم بار مورد نظر و با استفاده از نسبت حجم بار $\frac{\text{حجم کل کالا}}{\text{حجم تئوریک انبارها}}$ به حجم تئوریک انبارها رسید. و نیز از جرم حجمی کشتی می توان به وزن جابجایی کشتی رسید. سپس از لازم باشد، با استفاده از جرم حجمی کالا می توان حجم کالا را از وزن کالا بدست آورد. مقادیر متداول، در جدول ۹-۳ نشان داده شده است.

جدول ۹-۲

Type of ship	Volume fraction	Ship density ($telm^3$)
General cargo	0.50	0.50
Ro-Ro	0.55	0.35
Crude oil tanker	0.70	0.75
Container ship (including containers on deck)	0.65	0.45

جدول ۹-۳

Cargo	Density ($telm^3$)
Iron ore	1.90-3.50
Phosphate	1.12
Coal	0.75-0.85
Crude oil	0.78-0.92
Residual oil	0.94-1.00
Distillates	0.84-0.94
Gasoline	0.74
Grain (wheat,corn,rye)	0.6-0.75
Containers (average)	0.34-0.38

به عنوان مثال یک نفتکش با ظرفیت $50000\ m^3$ را در نظر بگیرید، در این حالت حجم تئوری انبارها باید برابر $\frac{50000}{0/7} = 71400m^3$ باشد و بنابراین جابجائی برابر خواهد بود بـا $71400 \times 0/75 = 53600t$ پـس به عنوان تخمین اولیه می توانیم وزن جابجائی را برابر 55000 تن در نظر بگیریم.

تخمین اولیه وزن جابجایی کشتی، می تواند تخمین پارامترهای اصلی مورد استفاده قرار می گیرد، یعنی طول L، عرض B،عمق D و آبخور T. مقادیر متداول، برای نسبت های $\frac{D}{T}, \frac{B}{D}, \frac{L}{B}$ و C_B مورد استفاده قرار می گیرند ($C_B = \frac{\nabla}{LBT}$ عبارتست از ضریب ظرافت بدنه). مجموعه متداول دیگـری کـه مـی توانـد مـورد استفاده قرار گیرد عبارتند از M (که برابر است با $\frac{L}{\nabla^{1/3}}$)، $\frac{D}{T}, \frac{B}{D}$ و C_B. با استفاده از مجموعـه دوم مـی توان به شکل زیر عمل نمود:

$$\nabla = \frac{M\Delta}{P_W}$$

$$L = M\nabla^{1/6}$$

$$T = \Delta^{1/3}\left[M - (\frac{B}{T}).C_B\right]^{1/2}$$

$$B = (\frac{B}{T}).T$$

$$D = (\frac{D}{T}).T$$

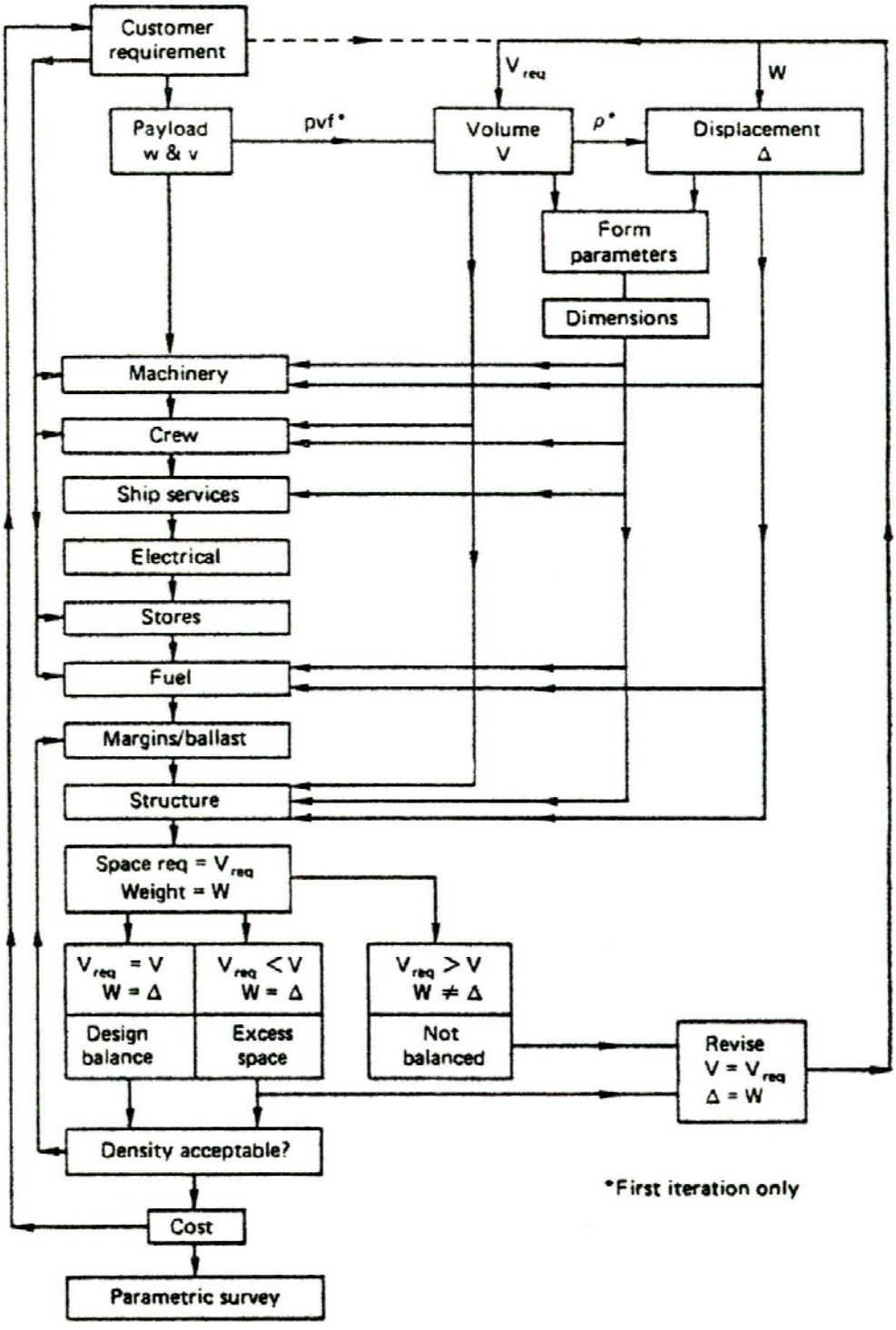
مقادیر بدست آمده (D,B,L) باید مورد بررسی وکنترل قرار گیرند که آیا با حجم تئوریک انبارها، ضریب صفحه آبخور و قسمتی از حجم تئوریک کل که توسط سوپراستراکچر محصور شده است ، سازگاری دارند یا خیر.

مقادیر متداول ضرایبی را که ذکر گردید، می توان از کشتی های مشابه و یا با تجزیه و تحلیل اطلاعات طراحی های گذشته بدست آورد. این اطلاعات فقط در مراحل اولیه طراحی مورد استفاده هستند و در مراحل بعدی طراحی به مقادیر بهینه ای تبدیل خواهند شد.

۹-۲-۳ محاسبات مربوط به قسمت های مختلف

در این مرحله ، تخمین های اولیه جابجایی و حجم تئوری انبارها، با محاسبه وزن و حجم قسمتهای مختلف تصحیح می گرند. زیر مجموعه هایی که معمولاً در محاسبه وزن کشتی های تجارتی مهم هستند عبارتند از ، بار، ماشین آلات (سیستم رانش و ماشین آلات فرعی) ، ملحقات (سیستم ماشین آلات دک و بدنه، وسایل زیست، کارگاهها، رنگ، تجهیزات ایمنی و غیره)، کارکنان و وسایل آنها، سوخت، انبارها(جامد و مایع)، وزن فولاد بکار رفته و مقادیر احتیاطی، به همین ترتیب ، بهتر است که برای حجم ها هم تقسیم بندی به شکل فوق صورت گیرد و مقداری هم به عنوان حجم تهی در نظر گرفته شود.

پس از برآورد وزن وحجم قسمت های مختلف، باید مجموع جدید وزنها وحجم ها بدست آیند و وزن جابجایی جدید مشخص گردد. مقادیر جدید با مقادیر اولیه مقایسه می گردند و در صورت وجود اختلاف زیاد، روند فوق تکرار می گردد تا طرح قابل قبولی بدست آید. معمولاً، فقط چند تکرار، به نتایج معقولی منتهی می گردد. شکل ۹-۳ دیاگرام منطقی ای روند را مشخص می کند.



ارتباط منطقی مراحل مختلف طراحی

۹-۲-۴ انتخاب شکل بدنه و ابعاد اصلی

پس از بدست آورد مقادیر معقول برای وزن جابجائی، حجم و قدرت مورد نیاز، می توان پارامترها و نسبت هایی را که در قسمتهای قبل مورد استفاده قرار گرفتند، دوباره ارزیابی کرده و سعی در بهبود طرح نمود. یک روش مناسب برای بهبود طرح، بررسی وضعیتهای ممکن بصورت یک بررسی پارامتری منظم است .

۹-۲-۵ هزینه ها

هزینه ابتدای ساخت یک کشتی ، مربوطه به هزینه ساخت بدنه (Light Ship) است که از هزینه های مربوط به کارکنان، سوخت و انبارها جدا است . اطلاعات دقیق مربوطه به هزینه ساخت کشتی سری بوده و معمولاً بطور عمومی پخش نمی گردد. چنانچه اطلاعات فوق در دسترس نباشد، می توان روش متداول کاریت را استفاده نمود که بر پایه فرمول پارامتری زیر قرار دارد .

هزینه خرید و نصب موتور آلات + هزینه خرید و نصب ملحقات+ هزینه کارگر ومواد = هزینه ساخت

(موتور آلات) (ملحقات)[۲] (کارهای فولادی)

یا

$$\text{هزینه ساخت} = (a\frac{W_S^{2/3}}{C_B}L^{1/3} + bw_s) + (CW_0^{2/3} + dW_0^{0.82}) + (eP_S^{0.82}) \quad (۹-۲)$$

که w_s وزن فولاد $W,(t)$ وزن ملحقات $L,(t)$ مقدار $P_S,(m)L_{BP}$ قدرت موتور اصلی (BHP) و a ، b ، c ،d وe ضریب هایی هستند که نرخ دستمزدها، ضریب قابلیت تولید، سود مورد نظر، قیمت مواد و ماشین ها، تلفات مواد، هزینه های مربوط به تحویل و مخارج متفرقه را در بردارند.

هزینه سوخت، با استفاده از نرخ مصرف سوخت قدرت محاسبه شده که بستگی به موتور و ماشین آلات انتخاب شده دارد قابل محاسبه است. البته نوع سوخت و محل تهیه آن نیز در محاسبات بایستی در نظر گرفته شوند.

۹-۳ مراحل دیگر طراحی

طراحی قسمتهای مختلف، به صورت موازی با طراحی کلی پی گیری شوند تا نهایتاً طرح مناسبی حاصل شود. این سیستمها عبارتند از ، سیستم محرکه سیستم مهار بندی و لنگر، سیتسم هدایت وسکان، سیتسم بارگیری و تخلیه، کنترل و صدا و ارتعاشات ، اماکن زیست خدمه و بسیاری سیتسمهای کوچکتر.

۹-۴ طراحی به منظور تسهیل ساخت کشتی

۹-۴-۱ در نظر گرفتن طول عمر کشتی

طراحی برای ساخت، به معنی به حداقل رساندن هزینه های ساخت است و طـراح نبایـد آن را بـا کـاهش در هزینه های سرویس و تعمیر کشتی، که اصطلاحاً طراحی برای نگهداری خوانده می شوند، اشتباه نماید، زیـرا چه بسا که روش دوم باعث افزایش هزینه های ساخت گردند. مثالهایی از این نوع عبارتند از ، آسانی دسترسی برای تعمیر و نگهداری، رنگزنی خوب، جزئیات سازه ای مناسب که مانع از ایجاد ترک خستگی گردد، استفاده از مواد با طول عمر زیادیر، مثلاً استفاده از لوله هائی از آلیاژ مس- نیکل و یا فولاد ضد زنگ بجای استفاده از لوله های فولادی معمولی. برقراری تعادل و انتخاب بهینه، با توجه به خواسته های صاحب کشتی و با مطالعه دقیق هزینه ها امکانپذیر است .

موارد اصلی برای نیل به هدف فوق عبارتند از :

۹-۴-۲-۱ سازگاری

طرح باید استفاده از بزرگترین ابعاد ورقها و سایر مواد اولیه موجود در کارخانه مدنظر قـرار دهـد. مـثلاً طـول انبارها و یا ارتفاعها را می توان برابر ضرایبی از ابعاد بزرگترین ورق استاندارد موجود در کارخانه انتخاب نمود، که این نکته باعث کاهش جوشکاری و تلف شدن ورق می گردد. همچنین تقسیم بندی کـشتی بـه قطعـات کوچک، از نقطه نظر وزن و ابعاد متناسب با امکانات و تجهیزات موجود در کارخانه کشتی سازی باشد.

۹-۴-۲-۲ استاندارد ها

استفاده از استاندارد در طراحی به دو شکل امکانپذیر است : اول استفاده از مواد استاندارد، مانند استفاده از لوله و پروفیلهای با ابعاد استاندارد برای قـسمتهای مختلـف کـشتی و دوم انتخـاب طرحـی کـه در آن قطعـات و قسمتهای خا صی تکرار گردند، بدین ترتیب می توان این قسمتهای مشابه را در خط تولید و به صورت تولیـد انبوه ساخت. بطور کلی استفاده از استاندارد ها(در هر دو صورت فوق)، مقدار هزینه ساخت را کاهش می دهد. بهترین حالت آن است که کشتی هایی مشابه به صورت سری ساخته شوند.

۹-۴-۲-۳ سادگی

کاهش مقدار کار و هزینه ها به شکلهای زیر امکانپذیر است :

۱- انتخاب مواد مناسب: مواد غیر متداول که به سختی شکل داده می شوند و جوشکاری آنها مشکل است نباید مورد استفاده قرار گیرند، مگر اینکه هدف خاصی از استفاده آنها مدنظر باشد.

۲- سادگی شکل هندسی: هزینه استفاده وکار با ورقهای مسطح خیلی کمتر از ورقهای انحناء دار تمام می شود. همچنین هزینه ورقهای دارای یک انحناء کمتر از ورقهای با دو انحناء است. البته ممکن است بدنه با شکل ساده، باعث افزایش مقاومت و در نتیجه افزایش هزینه های سوخت گردد، در چنین حالاتی مقایسه بین این افزایش و کاهش در هزینه ساخت و هزینه بهره برداری ضروری است .

۳- کاهش مقدار جوشکاری: طراحی سازه ای گریلیج ها برای حداقل هزینه در فصل پنجم توضیح داده شده است، البته با استفاده از ورقهای موجدار نیز می توان تا حد زیادی جوشکاری را کاهش داد .

۴- سادگی جوشکاری: تقسیم بندی قطعات ومحل جوشکاری های عرضی و طولی در هنگام طراحی باید به نحوی انتخاب گردند که اکثر جوشکاری ها در وضعیت رو به پایین و یا با ماشین امکان پذیر باشد.

۵- اتصالات ساده: هنگام طراحی جزئیات سازه ای، اتصال بین تقویت کننده ها، با دیواره ها و دک ها را می توان به منظور سادگی تنظیم، به طور مناسب طراحی نمود. برای مثال استفاده از اتصالات روی هم، بهتر از اتصالات لب به لب هستند. البته نباید اصل پیوستگی را در سازه بر هم زد و تا حد امکان باید از تغییر شکلهای ناگهانی در سازه پرهیز نمود.

۶- سادگی لوله کشی ها: توجه کافی به سیستم لوله کشی داخل کشتی و بهینه سازی طرح آن، می تواند به مقدار زیادی باعث کاهش در طول لوله ها و خمکاریها، گردد در قسمتهای پیچیده تر، می توان مطالعات سه بعدی را توسط نقشه کشی کامپیوتری انجام داد، تا بهترین طرح بدست آید.

۷- ساخت کامل هر قسمت به طور مجزا: ساخت قسمتهای نظیر اماکن زیست، اتاقک پمپ ها و ... به طور کامل همراه با نصب کلیه تجهیزات مربوطه، موجب کاهش هزینه ها می گردد.

۸- جانمایی کلی: پرهیز از پیچیده نمودن تقسیم بندی های کشتی، به منظور دسترسی ساده برای ساخت، نصب، تعمیرات و یا تعویض تجهیزات، نیز باید مد نظر باشد.

۹-۵ طراحی و ساخت به کمک کامپیوتر (CAD/CAM)

در گذشته، طراحی به کمک کامپیوتر (CAD) و ساخت به کمک کامپیوتر (CAM) ، تنها در مراحل انتهایی طراحی با هم ترکیب می شدند. اما هم اکنون اطلاعات ریز مربوط به استراکچر کشتی و قطعاتی مانند

براکت ها که در ماشین های نقشه کشی کامپیوتری تهیه می شوند مستقیماً به ماشین آلات کامپیوتری برش، شکل دهی و جوشکاری منتقل می گردد تا به پروسه طراحی و ساخت کشتی سرعت داده شود. پیشرفتهای دیگری نیز در زمینه طراحی و ساخت سیستم های لوله کشتی و سیم کشی بوسیله کامپیوتر صورت گرفته است .

شکل (۹-۲) مهمترین برنامه های CAD موجود را نمایش می دهد. البته برنامه های دیگری نیز در دانشگاهها و مراکز تحقیقاتی دنیا نوشته شده که می توانند مورد استفاده قرار گیرند.

۹-۶ رده بندی و گواهینامه

۹-۶-۱ رده بندی

مؤسسه های رده بندی، سازمانهای مستقلی هستند که در رابطه با ارائه و حفظ استانداردها در طراحی، ساخت و تعمیر کشتی ها فعالیت می کنند. این موسسات ، شناورهایی را که با استانداردهای آنها مطابقت کنند، تأیید و رده بندی می نمایند و برای آنها گواهینامه مناسب صادر می کنند. معمولاً رده بندی و داشتن این نوع گواهینامه ها اجباری نیست ولی اکثر شرکتهای بیمه، بیمه نمودن کشتی را مشروط به داشتن چنین گواهینامه هایی می دانند.

قوانین و استانداردهای هر مؤسسه رده بندی بصورت کتابهایی شامل شرایط و قوانینی درباره مواد، بدنه وسازه کشتی، ماشین آلات فرعی و اصلی، تجهیزات الکتریکی، سیستم کنترل و وسایل ایمنی هستند. مؤسسات فوق ممکن است اهداف و مسئولیتهای دیگری نیز از طرف دولتها بر عهده داشته باشند. برای مثال در کشوری ممکن است یک مؤسسه رده بندی مسئول صدور گواهیناه های خط بار گواهینامه تناژ بین المللی و گواهینامه های ایمنی را بر عهده داشته باشند. مؤسسات بزرگ، دارای نمایندگی و بازرسی در کشورهای مهمی که بادریا سروکار دارند، هستند مهمترین این موسسات، به ترتیب عبارتند از :

انگلیس	Lioyds Register of Shipping
فرانسه	Bureau Veritas

آلمان	Germanische Lioyd
آمریکا	American Bureau of Shipping
ژاپن	Nippon Kaiji Kyokai
نروژ	Det Norske Veritas
ایتالیا	Register Italiano

سازمانهای فوق در مجمعی به نام انجمن بین المللی مؤسسات رده بندی (IACS) با یکدیگر مرتبط هستند و آخرین پیشرفتها و نتایج بدست آمده را مورد بحث و تبادل نظر قرار می دهند. اکثر موسسات رده بندی دارای برنامه های پیچیده کامپیوتری برای تحلیل سازه کشتی هستند، این برنامه ها جهت چک کردن طرحهای ارائه شده استفاده می گردند. البته به عنوان یک کار مشاوره ای نیز می توانند این امکانات را در اختیار طرحهای ارائه شده استفاده می گردند. البته به عنوان یک کار مشاوره ای نیز می توانند این امکانات را در اختیار طراحان قرار دهند. برای اینکه یک کشتی در کلاس یارده مشخص شده باقی بماند به طور متناوب (معمولاً سالانه) بوسیله بازرسان مؤسسه مربوطه بازدید گردد. یک بازرسی ویژه هر چهار سال یکبار باید انجام گیرد، چرا که در این مدت مقدار خوردگی زیاد شده و قسمتهائی از بدنه باید با المانهای جدید جایگزین گردند.

۹-۶-۲ کنوانسیونهای بین المللی و IMO

قوانین و آئین نامه های مورد استفاده بین المللی، بوسیله یک دفتر نمایندگی تخصصی سازمان ملل به نامه IMO که در لندن است ، مشخص و اصلاح می گردند. تا سال 1982, IMO با نام IMCO فعالیت می کرد که در این سال به نام جدید تغییر پیدا کرد. نمایندگان 128 کشور در این سازمان حضور دارند (تا سال 1990) و هر دو سال مجمع آن برگزار می گردد و کنترل این قوانین توسط شورایی متشکل از 32 کشور عضور انجام می گیرد.

IMO یک سازمان تخصصی است که اکثر کارهای آن در کمیته های تخصصی دنبال می گردد. مهمترین این کمیته ها به ترتیب عبارتند از کمیته ایمنی دریائی (MSC) که دارای ده کمیته فرعی است ، کمیته محافظت محیط دریاها، کمیته قوانین و کمیته راهکارهای تکنولوژیک، IMO تاکنون حدود 30 کنوانسیون

و پروتکل و 500 قانون و توصیه نامه درباره ایمنی دریایی ، محافظت دریاها از آلـودگی و موضـوعات دیگـر تصویب نموده است.

بعد از تصویب کنوانسیونها، توسط تعداد معینی از کشورها، مسئولیت اجرای آنها بـه عهـده کـشورهای عـضو است. قوانین و توصیه ها چندان اجباری نیستند ولی بعضی از کشورها ممکن است از طریق قوانین ملی آنها را اجباری کنند. کنوانسیونهای اصلی IMO درباره طراحی کشتی در جـدول ۹-۴ مـشخص شـده انـد. قـوانین اصلی IMO به قرار زیر هستند:

1- International naritime dangerous goods code (imdg) (1965).
2- Code of state practice for bulk gargoes (1965).
3- Code for the construction and Equipment of ships carrying dangerous chemicals in bulk (1971).
4- Code of sate practice for ships carrying timber deck cargoes(1973).
5- Code of safety for fishermen and fishing vessels(1974).
6- Code for the construction and equipment of ships carrying liquefied agses in bulk (1975).
7- Code on noise levels on board ships(1971).
8- Code of satety for nuclear merchant ships(1981).
9- Code of saety for special purpose ships(1983).
10- International bulk chemicals cods (1983).
11- International gas carrier code (1983).

جدول ۹-۴

International convention	Entered into force
Safety of life at sea (solas) 1974	1980
Proticol of 1978 relating to solas	1981
International regulations for Preventing collision at sea 1972	1977
Preventing of pollution of the sea By oil 1954	
Prevention of pollution from ships	1958
1973 and protocol of 1978 (MARPOL 7378)	1983
Load lines 1966	1968
Tonnage Measure ment of ships 1969	1982
Civil liability for oil pollution Damage 1969	1975
Protocols 1976 and 1984 to Above	
Civil liability in the field of	1981
Maritime carriage of nuclear Material 1971	1975
Athens convention telating to Carriage of passengers and their language	
By sea 1974, and protocol of 1976	
Torremolinos internarnational convention For the safety of fishing vessels 1977	

۹-۶-۳ قوانین کشور

کنوانسیونهای بین المللی IMO با ترکیب شدن در قوانین ملی کشورهای عضو به اجرا در می آیند و شناورهای متعلق به آن کشورها باید از قوانین مربوطه تبعیت نمایند.

خدمه، حمل کالاهای خطرناک، آتش و عملیات نجات، خـط بـار، تقـسیم بنـدی بدنـه توسـط دیوارهـا، احتیاجات پزشکی، ناوبری، جلوگیری از تصادف،جلوگیری از آمـادگی، ارتباطـات در کـشتی، سـاختمان و تجهیزات کشتی های باری و مسافری و اندازه گیری تناژ . قوانین ویژه ای نیز درباره کشتی های حفاری، شناورهای نیمه غوط ور، کشتی های ماهیگیری و هاورکرافتها وجود دارند.

قوانین راجع به کشتی های مسافربری بسیار وسیع است و شامل، تقسیم بندی های آب بنـد، مقابلـه بـا آتش سوزی، وسایل نجات، فردی بر حمل کالاهای خطرناک است .

با توجه به توضیحات فوق و وجود تعداد زیاد قوانین و آئین نامه های بین المللی و ملی، دیده می شود که یک کشتی به تعداد زیادی گواهینامه احتیاج دارد تا بتواند شروع به کار نماید. مهمترین این گواهینامه ها عبارتند از :

1. International load certificate
2. Cargo ship safety construction certificate
3. Cargo ship safety equipment certificate
4. Cargo ship safety radiotelegraphy certificate
5. Passenger ship safety certificate
6. International oil pollution prevention certificate
7. International tonnage certificate
8. Certificate of registry
9. International certificate of fitness for the carriage of dangerous chemicals in bulk (chemical tankers)
10. International certificate of fitness for the carriage of liquefied gases in bulk (gas carried)
11. Inernational pollution prevention certificate for the carriage of noxious liquid substances in bulk.

علاوه بر گواهینامه های فوق، گواهینامه های بین المللی جلوگیری از آلودگی، مانند ضمائم مارپول (MARPOL) برای مواد زائد، نیز لازم است.