



# A Review of Generations of Shipbuilding and its Upgrade with Advanced Machine Tools



## ARTICLE INFO

### Authors

Mohammadi MA.<sup>1\*</sup>,  
Mohammadi S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mechanical Engineering Department, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

<sup>2</sup> Corrosion Engineering Department, Amir Kabir University, Bandar Abbas, Iran.

### \* Correspondence

Address: University of Hormozgan, Mechanical Engineering Department, Bandar Abbas, Iran.  
mohammadi\_66@yahoo.com

### How to cite this article

Mohammadi MA, Mohammadi S. A Review of Generations of Shipbuilding and its Upgrade with Advanced Machine Tools. Proceedings of 3rd Iranian National Conference on Advanced Machining and Machine Tools (CAMMT), 2023;23(10):163-167.

## ABSTRACT

The course of change and transformation of the generations of shipyards shows that the occurrence of an accident or the invention of new technology and advanced machine tools has caused the shipyard to change to the next generation every period. This generation change includes 5 levels so far. The difference between generations of shipyards includes three general parameters of production philosophy, production technology and factory layout. The realization and development of the first generation in the late 1940s, the second generation in the late 1960s, the third generation in the late 1980s, the realization and development of the fourth generation in the early 2000s, and the development of the fifth generation started in 2020. The most important factor in the change of generations of shipbuilding is to achieve the open index (better, cheaper and sooner). In the research, an overview of important parameters in determining the generation of shipbuilding with advanced machine tools, such as material flow, pre-outfit workshop, block making, factory expansion, mechanization, buffer area, process line, outfitting, and vessel dimensions, have been discussed.

**Keywords** Generation, Shipbuilding, Technology, Machine tools, Marine industries

ماهنامه علمی مهندسی مکانیک مدرس، ویژه نامه مجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی ماشین‌کاری و ماشین‌های ابزار پیشرفته  
مهر ۱۴۰۲، دوره ۲۳، شماره ۱۰، صفحه ۱۶۳-۱۶۷



# مروری بر نسل‌های کشتی‌سازی و ارتقای آن با ماشین‌ابزارهای پیشرفته



## چکیده

سیر تغییر و تحول نسل‌های کارخانه‌های کشتی‌سازی نشان می‌دهد که پیدایش یک حادثه یا ابداع فناوری جدید و ماشین‌های ابزار پیشرفته موجب گردیده است تا هر دوره، کارخانه کشتی‌سازی به نسل بعدی تغییر یابد. این تغییر نسل تاکنون شامل ۵ سطح می‌باشد. تفاوت نسل‌های کارخانه کشتی‌سازی شامل سه پارامتر کلی فلسفه تولید، فناوری تولید و جانمایی کارخانه کشتی‌سازی است. تحقق و توسعه نسل اول در اواخر سال ۱۹۴۰ میلادی، نسل دوم اواخر سال ۱۹۶۰ میلادی، نسل سوم اواخر سال ۱۹۸۰ میلادی، تحقق و توسعه نسل چهارم اوایل سال ۲۰۰۰ میلادی و توسعه نسل پنجم از سال ۲۰۲۰ میلادی شروع شده است. مهمترین عامل تغییر نسل‌های کشتی‌سازی دستیابی به شاخص باز (بهتر، ارزان‌تر و زودتر) می‌باشد. در این پژوهش به مروری بر پارامترهای مهم در تعیین نسل کشتی‌سازی با ماشین‌ابزار پیشرفته از جمله جریان مواد، کارگاه پیش‌سازی (Pre outfit)، بلوک‌سازی، گسترش کارخانه، مکانیزه‌سازی، منطقه حائل (Buffer Area)، خط فرآیند (Process line)، تجهیزات (Outfitting) و ابعاد شناور پرداخته شده است.

## مشخصات مقاله

### نویسنده‌ها

محمدعلی محمدی<sup>۱\*</sup>  
سمیه محمدی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دکتری مکانیک، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران  
<sup>۲</sup> دپارتمان مهندسی خوردگی، دانشگاه امیرکبیر، بندرعباس، ایران

### \* نویسنده مسئول

آدرس: بندرعباس، دانشگاه هرمزگان، دانشکده مهندسی مکانیک  
mohammadi\_66@yahoo.com

**کلیدواژه‌ها** نسل، کشتی‌سازی، فناوری، ماشین‌ابزار، صنایع دریایی

## ۱- مقدمه

دریاها و آب‌های بین‌المللی اصلی‌ترین و مؤثرترین بسترهای حمل‌ونقل و تبادلات تجاری در سطح جهان محسوب می‌گردند. از این رو همواره در کانون توجه استراتژیست‌ها، سیاستمداران و ارگان‌های مختلف اقتصادی و سیاسی و نظامی در عرصه بین‌المللی بوده است. تأثیر دریاها با توجه به وسعت و گستردگی آن‌که حدود ۷۵٪ سطح زمین را به خود اختصاص می‌دهد در نظام اقتصاد جهانی از چند حیث قابل‌تأمل و دقت نظر می‌باشد. صنعت از طریق چهار انقلاب فناوری در دهه‌های گذشته تکامل یافته است. در حال حاضر با نوآوری‌های بیشتر از طریق استفاده از قدرت دیجیتال و ترکیبی از فناوری‌ها، انقلاب صنعتی ۴ در صنعت کشتی‌سازی اتفاق می‌افتد. استفاده از فناوری‌های پیشرفته، از جمله فناوری اینترنت اشیا، تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ، دوران دیجیتالی جدیدی را برای کشتی‌سازی به ارمغان آورده است. روش‌های جدید فناوری دیجیتال، نیازمند رویکردهای مدیریت نوآوری مناسب برای دستیابی به چالش‌های عملیات و مدیریت فناوری است. فناوری رباتیک سیستم‌های خودکار و مدل‌های جدید هوش مصنوعی، شرایط محیط کار، فرآیند مدیریت، تدوین استراتژی، تصمیم‌گیری و مدیریت عملیات را در کشتی‌ها تغییر داده است [1].

به منظور تسهیل انتشار فناوری‌های این حوزه و اتخاذ مدل‌های قابل اجرا در صنعت دریایی، عوامل مرتبطی که در تسهیل فعالیت‌های طراحی، تهیه فناوری و استقرار مؤثر هستند، بررسی می‌شوند [1].

از جمله فاکتورهای مهم در پذیرش فناوری صنعت کشتی‌سازی نسل‌های ۴ می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود [2]:

- فناوری شامل زیرساخت‌ها، یکپارچگی، کاربر نوآوری و تخصص
- سازمان شامل مزایای مورد انتظار، پشتیبانی مدیریت، آمادگی کسب و کار و قابلیت نوآوری دیجیتال
- محیط پیرامون شامل سیاست‌ها، پشتیبانی، اکوسیستم خدمات، فشار رقابتی و قانونی
- امنیت شامل زیرساخت فناوری امنیتی، تخصص امنیتی.

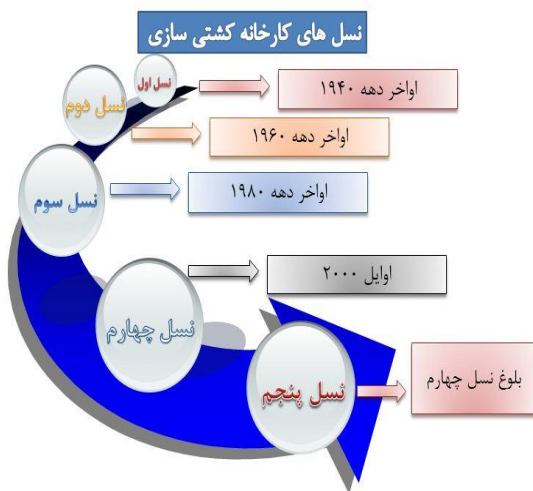
در شکل ۱، نمای کلی از یک صنعت کشتی‌سازی مدرن نشان داده شده است.



شکل ۱) نمای کلی از یک صنعت کشتی‌سازی مدرن

## ۲- تاریخچه نسل‌های کشتی‌سازی

سیر تغییر و تحول نسل‌های کارخانه‌های کشتی‌سازی نشان می‌دهد که پیدایش یک حادثه یا ابداع فناوری جدید موجب گردیده تا هر دوره، کارخانه کشتی‌سازی به نسل بعدی تغییر یابد. این تغییر نسل تاکنون شامل ۵ سطح می‌باشد. در دهه ۱۹۶۰ میلادی با ظهور مفاهیم جدید تولید سری و نیاز به کشتی‌هایی با ابعاد بزرگ‌تر، روش‌ها و تجهیزات تولید در کارخانه‌های کشتی‌سازی تحت تأثیر قرار گرفته و این تغییرات موجب تحوّل در نسل دوم کارخانه‌های کشتی‌سازی شده و سرآغاز پیدایش نسل سوم این کارخانه‌ها گردید. اولین کارخانه کشتی‌سازی در ایران با تعریف علمی در اواخر دهه ۱۳۴۰ طرح‌ریزی گردیده و فرآیند ساخت آن‌ها آغاز شد [9-3]. در شکل ۲، سیر تکاملی نسل‌های کارخانه کشتی‌سازی ارائه شده است.



شکل ۲) سیر تکاملی نسل‌های کارخانه کشتی‌سازی

## ۳- مروری بر نسل‌های کشتی‌سازی

تفاوت نسل‌های کارخانه کشتی‌سازی شامل سه پارامتر کلی فلسفه تولید، فناوری تولید و جانمایی کارخانه می‌باشد. در طراحی کارخانه کشتی‌سازی بایستی کلیه جوانب اعم از هزینه، زمان و کیفیت و به اصطلاح بایستی شاخص باز (بهتر، ارزان‌تر و زودتر) مد نظر باشد [10-1]. مهم‌ترین مباحث در طراحی کارخانه کشتی‌سازی عبارتند از:

۱. آسان‌سازی فرآیند تولید
۲. به حداقل رساندن جابجایی و حمل و نقل
۳. حفظ انعطاف‌پذیری ترتیب قرارگیری وسایل و تجهیزات
۴. کوتاه کردن زمان تولید
۵. به حداقل رساندن سرمایه‌گذاری بر روی ماشین‌آلات
۶. حداکثر استفاده از زمین موجود و در دسترس
۷. استفاده حداکثری از نیروی انسانی
۸. فراهم نمودن اطمینان، ایمنی و راحتی کارکنان.

## ۱-۳- نسل اول

در نسل اول کارخانجات کشتی‌سازی، عملیات ساخت در کنار ساحل و در ساختمان بزرگی انجام می‌شود که با کارگاه‌ها فاصله زیادی دارند. در این نسل، تمرکز فعالیت‌ها بر ساخت، یکپارچه سازی و تجهیز شناورها در نزدیکی ساحل است. کارگاه ساخت سازه و ملحقات سازه از هم جدا می‌باشند و استفاده از پرچ مهم‌ترین روش اتصال ورق و سایر قسمت‌ها و ملحقات است. از معایب این روش تحمل هزینه و زمان زیاد جهت ساخت و به آب اندازی شناورها می‌باشد.

## ۲-۳- نسل دوم

در نسل دوم به دلیل کاهش بهره‌وری در نسل اول، تغییراتی را در نحوه ساخت پدید آوردند که عبارتند از:

۱. رواج ساخت کشتی به روش بلوکی
  ۲. انتقال فعالیت‌های مونتاژی به ساختمان‌ها و کارگاه‌های بزرگ
  ۳. واقع شدن کارگاه outfitting در نزدیکی ساحل و مجزا شدن از دیگر کارگاه‌های تولیدی جهت تجهیز کشتی ساخته شده در ساحل
- مهم‌ترین پیشرفت این نسل نسبت به نسل اول، استفاده از فناوری برش و جوش‌کاری قطعات می‌باشد.

## ۳-۳- نسل سوم

تحول نسل‌های کارخانجات کشتی‌سازی از نسل سوم شروع شد. از ویژگی‌های این نسل می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۱. ادامه یافتن جدایی کارگاه تولید و کارگاه تجهیز
  ۲. مکانیزه شدن Assembly
  ۳. تعریف شدن process line جهت تسریع در ساخت برای Assembly
  ۴. ساخت بلوک‌های بزرگتر
  ۵. کوتاه تر شدن زمان ساخت
  ۶. کمتر شدن تعداد مناطق ساخت و تجمیع کارگاه‌های مربوط به هم در یک محل
  ۷. چیدمان ایده آل بر اساس جریان تولید
  ۸. کارخانه در عمق ساحل گسترده شده است.
  ۹. انبار مواد اولیه فلزی در دورترین نقطه از ساحل قرار دارد
  ۱۰. وجود جرثقیل‌های بالای ۲۰۰ تن و جرثقیل‌های دروازه‌ای ۱۶۰۰ تن به همراه بوژی‌های با ظرفیت حمل بالای ۶۰۰ تن
  ۱۱. حجم فعالیت‌ها: ۵۰ درصد فعالیت‌های ساخت و نصب تجهیزات مکانیکی در کارگاه‌های مربوطه، ۳۰ درصد بر روی بلوک‌های سازه‌ای و ۲۰ درصد باقیمانده بر روی آب و هنگامی انجام می‌شود که کشتی در اسکله پهلو گرفته‌است.
- از ویژگی‌های این نسل از کشتی‌سازی، اختصاصی نمودن نوع کشتی، بزرگتر شدن ابعاد کشتی‌ها نسبت به نسل قبل و حرکت به سوی تولید سری و تولید بلوک‌های پیش‌ساخته است.

## ۴-۳- نسل چهارم

بلافاصله و با توجه به نیاز به ساخت کشتی‌های بزرگتر با تکنولوژی بیشتر، کارخانجات نسل چهارم شکل گرفتند که شامل ویژگی‌های زیر می‌باشد:

۱. ادامه جدایی کارگاه‌های تولید و تجهیز
  ۲. افزایش سطح مکانیزه سازی Assembly
  ۳. ایجاد Process line چندگانه
  ۴. ساخت بلوک‌ها بسیار بزرگتر
  ۵. ماژولار سازی در همه نواحی Outfit
  ۶. کوتاه تر شدن زمان ساخت
  ۷. تمرکز و توجه بیشتر به سازماندهی کاری و سیستم مدیریتی نسبت به توسعه تجهیزات و امکانات
- از ویژگی‌های این نسل می‌توان به تکیه بر فناوری‌های پیشرفته و توسعه مدیریت اشاره نمود.

## ۵-۳- نسل پنجم

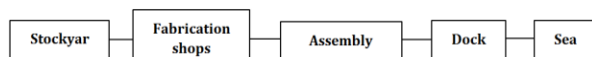
اگرچه این نسل هنوز در مراحل ابتدایی خود می‌باشد، یک فلسفه محصول محور است. نسل‌های قبلی بر افزایش بهره‌وری و کاهش زمان ساخت متمرکز بوده و کشتی‌سازی‌ها تمایل به تمرکز روی دامنه محدودی از محصولات و توسعه امکانات خاص داشتند. نسل پنجم براین فرضیه استوار است که می‌توان طیف گسترده‌ای از محصولات را از انواع مختلف قطعات و تجهیزات استاندارد، ساخت. همچنین در این نسل، رویکرد یکپارچه‌سازی کل کشتی اتخاذ شده‌است و گستردگی دامنه کاربرد محصول به شدت افزایش یافته و منحنی زمان کسب دانش فنی در انواع جدید کشتی به طور چشمگیر کاهش می‌یابد. این نسل در حال بلوغ است. در این نسل تفکر اتوماسیون سازی گسترش یافته و کارگاه‌های Steel & outfit به طور کامل تجمیع شده‌اند همچنین دامنه تولید محصولات و تناژ تولیدی بسیار زیاد شده است. به طور کلی در این نسل هنر استفاده از فناوری و صنعت، فرآیندهای کسب و کار پیشرو، سامانه‌ها، مدیریت و نیروی کار می‌باشد.

## ۴-۴- جانمایی کارگاه‌ها و تجهیزات در کارخانه کشتی‌سازی

بسته به نوع محصول در کارخانه کشتی‌سازی چیدمان کارگاه‌ها و تجهیزات صورت می‌پذیرد. به‌طورکلی سه نوع جانمایی مرسوم در کارخانه کشتی‌سازی وجود دارد که در ادامه تشریح شده‌است [3-5].

## ۱-۴- جانمایی خطی

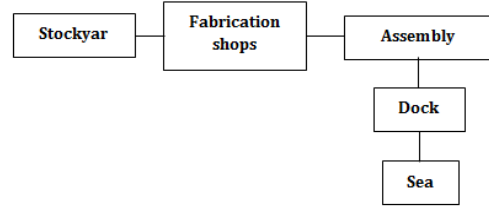
این نوع چیدمان برای تولید انبوه بیشتر کاربرد دارد و در این استقرار هزینه و زمان کاهش می‌یابد. در شکل ۳، جانمایی خطی کارخانه کشتی‌سازی ارائه شده‌است.



شکل ۳) جانمایی خطی کارخانه کشتی‌سازی

۲-۴- جانمایی L شکل

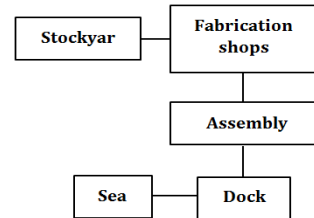
این نوع چیدمان نیز برای تولید انبوه در فضای با طول کمتر و عرض بیشتر کاربرد دارد و در این استقرار هزینه و زمان کاهش می‌یابد. در شکل ۴، جانمایی L شکل کارخانه کشتی‌سازی ارائه شده است.



شکل ۴) جانمایی L شکل کارخانه کشتی‌سازی

۲-۴- جانمایی U شکل

این روش بیشتر برای مکان‌های خیلی کوچک استفاده می‌شود. اکثر کارخانه‌های کشتی‌سازی از این نوع استقرار که کارگاه‌ها در اطراف حوضچه ساخت قرار دارند استفاده می‌کنند. در شکل ۵، جانمایی U شکل کارخانه کشتی‌سازی ارائه شده است.



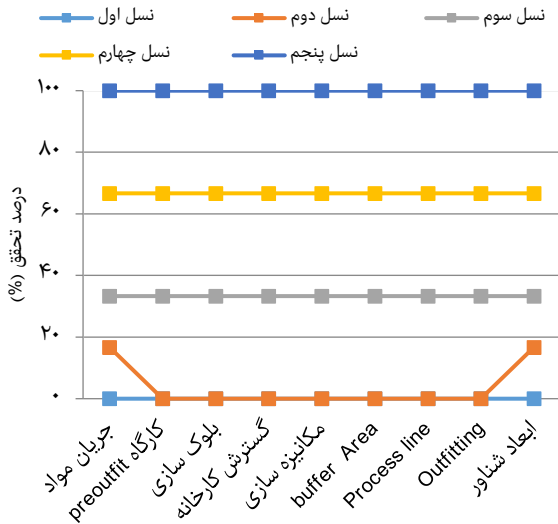
شکل ۵) جانمایی U شکل کارخانه کشتی‌سازی

۵- مقایسه نسل‌های کشتی‌سازی

با توجه به ویژگی‌های هر نسل از کشتی‌سازی و همچنین مقایسه فناوری‌های کلان هر نسل به طور کلی تفاوت اساسی نسل‌های کشتی‌سازی شامل ۹ شاخص می‌باشد که در جدول ۱ وضعیت توسعه و در شکل ۶ مقایسه آن‌ها ارائه شده است.

جدول ۱) وضعیت توسعه شاخص‌های ۹ گانه در نسل‌های کشتی‌سازی

شاخص	نسل اول	نسل دوم	نسل سوم	نسل چهارم	نسل پنجم
جریان مواد	x	√	√	√	√
کارگاه Pre outfit	x	x	√	بزرگ‌تر	یکپارچه
بلوک سازی	x	x	√	√	یکپارچه
گسترش کارخانه	امتداد ساحل	امتداد ساحل	امتداد ساحل	امتداد ساحل	امتداد ساحل
مکانیزه سازی	x	x	√	بهبود	x
Buffer Area	x	x	√	بهبود	x
چند گانه و Process line	x	x	√	چندگانه	توسعه یافته
Outfitting	با افزایش نسل، کاهش می‌یابد				
ابعاد شناور	با افزایش نسل، بزرگ‌تر می‌شود				



شکل ۶) مقایسه شاخص‌های ۹ گانه در نسل‌های کشتی‌سازی

۵- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به توسعه فناوری صنایع کشتی‌سازی در دستیابی به شاخص باز (بهتر، ارزان‌تر و زودتر)، توجه به توسعه شاخص‌های ۹ گانه در تعیین نسل‌های کشتی‌سازی از الویت بالایی برخوردار است. جریان مواد از پیش‌نیازهای اساسی در تحول نسل کارخانجات می‌باشد. با توجه به وابستگی شاخص‌ها به یکدیگر، نیاز است کلیه شاخص‌ها به طور یکپارچه ارتقاء پیدا کند. بسته به فضای در دسترس کشتی‌سازی می‌توان یکی از جانمایی‌های کارخانه را مورد استفاده قرار داد. توسعه نسل کشتی‌سازی موجب دستیابی به شناورهای هوشمند در آینده‌ای نزدیک خواهد شد. پیاده‌سازی هر نسل از کشتی‌سازی مستلزم صرف هزینه و زمان و ایجاد فرهنگ درون‌سازمانی و برون‌سازمانی است. همچنین استفاده از فناوری و اصول طراحی صنعت نیازمند رویکردهای جدید برای مدیریت تحول دیجیتال زیرساخت‌ها، مهارت نیروی کار، مدیریت عملیات، تصمیم‌گیری و شیوه‌های اتخاذ راهبرد است.

**تشکر و قدردانی:** نویسندگان این پژوهش بدینوسیله کمال تشکر و سپاسگزاری خود را از مسئولین برگزاری همایش به عمل می‌آورند.

**تاییدیه اخلاقی:** نویسندگان در تهیه و تنظیم این مقاله، رعایت کامل اصول اخلاقی را مدنظر قرار داده و هنگام استفاده از منابع علمی، به آن‌ها به عنوان مرجع اشاره کرده‌اند.

**تعارض منافع:** تمامی مطالب مذکور در این مقاله توسط نویسندگان آن انجام شده و هیچ فرد یا نهادی در تهیه آن نقش نداشته است.

**منابع مالی:** تمامی منابع مالی این تحقیق توسط نویسندگان مقاله تأمین شده است.

## مراجع

- 1- Lambrou M, Ota M, Milczarek G. Shipping 4.0: Technology Stack and Digital Innovation Challenge. IAME Conference. 2017; 155: 1-20.
- 2- Tran T. Integrating requirements of Industry 4.0 into maritime education and training: case study of Vietnam. World Maritime University. 2018; 1-94.
- 3- Guo N, Leu M. Additive manufacturing: technology, applications and research needs. *Frontiers of Mechanical Engineering*. 2013; 8: 215-243.
- 4- Muther R. *Systematic Layout Planning*. Seond Edition, Management and industrial Research Publication USA, 1973.
- 5- Hammon S, Bunch C, Moore H. *Ship Production, The society of Naval Architects and Marine Engineers*, 1995.
- 6- Eyres D. *Ship Production, Butten worth, Heinemann*, 2001.
- 7- Salzer J. Factors in the Selection of Drydocking Systems for Shipyards, *Journal of Ship Production*, 1986.
- 8- National Shipbuilding Research Program, *The Movement and Storage of Pipe and Shapes*, US. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 1991.
- 9- Emad G, Khabir M, Shahbakhsh M. Shipping 4.0 and Training Seafarers for the Future Autonomous and Unmanned Ships. 21th Marine Industries Conference. 2020; 818: 1-9.
- 10- C-Wen H, C-Chiang Y. Understanding the factors affecting the adoption of the Internet of Things. *Technology Analysis & Strategic Management*. 2016; 29: 1089-15.