فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال بیستم، شماره ۸۰، زمستان ۱۳۹۷ ، صص. ۱۳۳-۱۱۵

تحلیل شکاف بین وضعیت موجود و مطلوب صنایع دریایی کشور در جهت اجرای الگوی مهندسی همزمان

امین محمدی[۱]، علی ملکی[۲] و ابراهیم علیزاده[۳]

(دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۲/۴)، (پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۱۶)

DOI: 10.22047/ijee.2019.128163.1540

چکیده: راهبرد مهندسی همزمان یکی از اساسی‌ترین پارامترها در توسعه صنعتی است. طراحان امروزی نه‌تنها با پیچیدگی فرایند طرح مواجه هستند بلکه به‌منظور بهبود اقتصادی تولید و ابقای رقابت در صنعت ساخت لازم است فرایندهای طراحی، ساخت و آزمایش به‌جای اجرای متناوب به‌صورت همزمان انجام گیرد. برای اجرای الگوی مهندسی همزمان، یکی از مهم‌ترین نیازهای اولیه این است که وضعیت فعلی به‌روشنی درک شود تا بتوان شکاف و فاصله میان وضعیت فعلی و وضعیت مطلوبی که در آینده برای اجرای مهندسی همزمان نیاز است، محاسبه شود. در این مقاله با استفاده از معیارهای استاندارد تعریف‌شده برای الگوی مهندسی همزمان، شکاف موجود محاسبه و راهکارهای لازم برای کاهش شکاف مطرح شده است. ارزیابی وضعیت هرکدام از معیارها با استفاده از پرسش‌نامه‌های پخش‌شده میان شرکت‌های دریایی و به‌خصوص کشتی‌سازی کشور انجام شده است. طبق نتایج حاصل از بررسی پاسخ پرسش‌نامه‌ها و محاسبات انجام‌شده بیشترین میزان شکاف مربوط به زمینه‌های فرهنگی است که باید با استفاده از فرهنگ‌سازی و انجام برخی تمرین‌ها و روش‌ها در پروژه‌های آزمایشی کوچک این شکاف کاهش یابد.

واژگان کلیدی: مهندسی همزمان، تحلیل شکاف، کشتی‌سازی، توسعه محصول

۱- کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک ، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مازندران، ایران. (نویسنده مسئول) mohamadinit@gmail.com
۲- کارشناسی ارشد، مهندسی معماری کشتی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران. alimaleki@mut.ac.ir
۳- دانشیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مازندران، ایران. ealizadeh@mut.ac.ir

۱. مقدمه

شرکت‌های امروزی توسط سه نیروی مشتریان، رقبا و دگرگونی‌ها به مسیری غیرقابل‌پیش‌بینی هدایت می‌شوند. به نظر می‌رسد تنها راه برای بقا، رشد و دستیابی به سود بیشتر، سرعت عمل در پاسخ به نیاز مشتری، حفظ مشتری و توجه جدی به مقوله کاهش هزینه است. (ولی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۹). درحال‌حاضر، کاربران خواهان محصولاتی با کیفیت بالاتر و استفاده فزاینده از فناوری با هزینه پایین‌تر هستند و صنایع تولیدی باید بر این چالش ازطریق بهبود فرایند توسعه محصول فائق آیند. این پاسخ چهار موضوع اصلی داشتن عملکرد برتر در زمان، جمع‌گرایی در فرایند توسعه، نزدیکی و تجمع خریدار و محصول و تولید برای طراحی را دربرمی‌گیرد. شرکت‌های پیشرو تلاش می‌کنند تا با به‌کارگیری رویکردها و نگرش‌های نوین، فرایند توسعه محصول جدید[1] را بهبود بخشند.

یکی از این رویکردهای نوین نگرش مهندسی همزمان[2] است. راهبرد مهندسی همزمان امروز ضرورت اساسی در توسعه صنعتی است؛ زیرا طراحان امروزی نه‌تنها با پیچیدگی فرایند طرح نیز مواجه هستند بلکه به‌منظور بهبود اقتصادی تولید و ابقای رقابت در صنعت ساخت لازم است طراحی، بررسی، ساخت و آزمایش به‌جای متناوب و همزمان انجام گیرد (ساپوان، ۱۳۸۱). در یک دیدگاه کلی مهندسی همزمان الگویی را ارائه می‌دهد که دارای سه جنبه اصلی طراحی، تولید و مشتری است. به عبارت بهتر، رویکرد مهندسی همزمان تلاش می‌کند که با در نظر داشتن طراحی محصول، تولید آن و مشتری محصول، به هدفی دست یابد که با اتکا به آن بتوان به بهبودهای چشم‌گیری دست یافت (سیدحسینی و ایرانبان، ۱۳۸۵).

نام‌های زیادی برای الگوی بیان‌شده وجود دارد که برخی از آنها عبارت‌اند از مهندسی متقارن[3]، مهندسی همزمان[4]، توسعه محصول یکپارچه[5]، توسعه محصول گروهی[6]، مهندسی موازی[7] و... که درحال‌حاضر معروف‌ترین نام این الگو همان مهندسی همزمان است که از سوی وزارت دفاع امریکا بر روی آن گذاشته شده است (Elvekrok, 1997).

معروف‌ترین تعریفی که برای مهندسی همزمان مورد استفاده قرار می‌گیرد، تعریفی است که مؤسسه آنالیز دفاعی[8] در سال ۱۹۹۳ ارائه کرده است. طبق این تعریف: «مهندسی همزمان یک روش نظام‌مند برای یکپارچه‌سازی، فرایند طراحی همزمان محصول و سایر فرایندهای وابسته به آن نظیر ساخت، پشتیبانی محصول و تولید است. این دید باعث می‌شود تا طراحان از آغاز، تمام اجزای طراحی مفهومی تا بازیافت پارامترهایی نظیر کیفیت، هزینه، برنامه‌ریزی و نیازمندی‌ها را مد نظر قرار دهند.»

شاید بتوان گفت مهندسی همزمان به‌عنوان راهکاری شناخته‌شده از ژاپن وارد شد و در شرکت

1- New Product Development
2- Concurrent Engineering
3- Simultaneous Engineering
4- Concurrent Engineering
5- Integrated Product Development
6- Co-Operative Product Development
7- Parallel Engineering
8- Institute Defense Analysis

صنایع سنگین میتسوبیشی در اوایل دهه هفتاد وارد صنعت شده است و سپس بدنه‌سازی تویوتا در سال ۱۹۷۷ آن را اختیار کرد و درپی آن سایر شرکت‌ها برای اطلاع از نقطه‌نظرات مشتریان از آن استفاده کردند. موفقیت‌هایی که ژاپنی‌ها در تولید محصولات به دست آوردند، صنعت اتومبیل امریکایی‌ها را بر آن داشت که تغییرات بنیادی در نحوه کار خود اعمال کند تا به این وسیله در صحنه رقابت باقی بماند. این روش به‌تدریج در اروپا نیز مورد اقبال قرار گرفت به‌گونه‌ای که در سال ۱۹۸۷ مدیران فولکس واگن تصمیم گرفتند از آن استفاده کنند. در سال ۱۹۹۰ این روش به‌صورت فراگیر مطرح گردید (ولی‌نژاد و ابراهیمی، ۱۳۸۹). نمودار شکل۱ فرایند توسعه الگوی مهندسی همزمان را به‌طور خلاصه نشان می‌دهد.

شکل ۱: فرایند توسعه الگوی مهندسی همزمان

پس از فراگیر شدن الگوی مهندسی همزمان، مطالعات فراوانی برای ثبت و بهبود این الگو انجام شده است. داک رونار[1] به مطالعه بر روی تأثیر الگوی مهندسی همزمان بر روی طراحی کشتی پرداخته است. وی در مطالعه خود اهداف الگوی مهندسی همزمان را در محصول و فرایند تولید محصول خلاصه کرده و هدف اصلی از اجزای این الگو را بهبود فرایند توسعه محصول با کاهش هزینه‌ها و کاهش زمان و نیز افزایش کیفیت نسبت به محصولات قبلی دانسته است (Elvekrok, 1997). دانگر[2] و همکاران (۲۰۱۷) به بازنگری جوانب مختلف الگوی مهندسی همزمان پرداخته و با الگوهای مهندسی سنتی مقایسه کردند. آن‌ها اساسی‌ترین پارامتر الگوی مهندسی همزمان را کار گروهی معرفی کرده و به این نتیجه رسیدند که این الگو می‌تواند باعث کاهش زمان تولید و هزینه شود بدون آنکه از کیفیت محصول کاسته شود. آنومبا[3] و همکاران (۲۰۰۲) به تشریح ساختار سازمانی در الگوی مهندسی همزمان پرداختند. آن‌ها با بررسی ساختارهای سازمانی سنتی به این نتیجه رسیدند که این ساختارها مناسب اجرای الگوی مهندسی همزمان نیستند و ساختارهای جدیدی را که برمبنای همکاری مشترک بنا نهاده شده، پیشنهاد دادند (Anumba, et al., 2002). تسای[4] و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی کاربرد مهندسی همزمان برروی نصب سیستم لوله‌کشی سیستم اطفای حریق پرداخته و نحوه پیاده‌سازی این الگو را در یک مطالعه موردی نشان دادند. نتیجه حاصل از مطالعه موردی آنها نشان داده است که اجرای مهندسی

1- Dag Runar
2- Dongre
3- Anumba
4- Tsai

همزمان می‌تواند هزینه ساخت را از ۱۸ تا ۳۸ درصد و همچنین زمان ساخت را از ۳۲ تا ۵۲ درصد کاهش دهد. بنت و لمب[1] (۱۹۹۶) به بررسی اجرای الگوی مهندسی همزمان برروی صنایع کشتی‌سازی ایالات متحده پرداختند. آن‌ها با تشریح الگوی مهندسی همزمان و بررسی ابعاد مختلف آن، اجرای این الگو را در کارخانه‌ها و زیرمجموعه‌های مختلف صنایع کشتی‌سازی مورد بررسی قرار داده و مزایای آن را از جنبه‌های مختلف برشمردند. همچنین کیم و همکاران (۲۰۱۳) فرایند طراحی کشتی و براکت‌های ساحلی را براساس الگوی مهندسی همزمان مورد مطالعه قرار دادند. هدف آنها در استفاده از الگوی مهندسی همزمان ایجاد هماهنگی روشمند در تمامی فرایندها نظیر انتخاب مواد تا ساخت و تولید براکت‌ها بوده است. در مطالعه دیگر، دستاوردهای بیست سال اخیر حاصل از اجرای الگوی مهندسی همزمان در پروژه‌های بزرگ و پیچیده در زمینه علوم فضایی ارائه شده است. طبق این مطالعه برخی از مفاهیم جدید در فازهایی از طراحی ظهور کرده و مکان برخی از فعالیت‌ها در فازهای مختلف تغییر نموده و در کل موجب تغییرات بنیادی در ساختار شکست کار و چارچوب‌های طراحی شده است (Loureiro, et al., 2018). میلان[2] و همکاران (۲۰۱۸) در زمینه مشابه، استفاده مهندسی همزمان را برروی مطالعه‌ای موردی در پروژه‌ای برای رصد ماه مورد ارزیابی قرار دادند و بیان نمودند که استفاده از الگوی مهندسی همزمان در مأموریت‌های فضایی از بروز هرگونه تکرار و موازی‌کاری به‌خصوص در فازهای طراحی مفهومی اولیه در زیرسیستم‌ها جلوگیری می‌کند. در مطالعه‌ای کلی و بسیار جامع زو[3] و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تأثیر فرهنگ سازمانی برروی طراحی براساس مفاهیمی چون مهندسی همزمان، پرداختند.

در این مقاله هدف اصلی یافتن نقاط ضعف شرکت‌های کشتی‌سازی کشور در اجرای الگوی مهندسی همزمان بوده چراکه بی‌توجهی به الگوی مهندسی همزمان یا اجرا نکردن صحیح آن، موجب افزایش قیمت نهایی محصولات در این شرکت‌ها شده است.

۲. روش تحقیق

شناخت نقاط ضعف صنعت کشتی‌سازی در اجرای الگوی مهندسی همزمان کمک شایانی به آنها خواهد کرد تا با ایجاد تمهیدات لازم، موانع اجرای این الگو را از سر راه خود برداشته و در دنیای صنعتی امروز با مدیریت صحیح فرایندها، به نقطه بهینه‌ای دست یافته و سطح رضایت مشتریان خود را افزایش دهند.

در این مقاله برای شناخت نقاط ضعف از روش تحلیل شکاف استفاده شده است که با مقایسه وضعیت موجود و وضعیت مطلوب، توانسته موانع و معایب موجود در سر راه اجرای صحیح الگوی

1- Bennet & Lamb 2- Millan 3- Zhu

مهندسی همزمان را شناسایی کند. درواقع، نتایج حاصل از این تحلیل بیان می‌کند که کارخانه‌ها، دفاتر طراحی، کاربران و سایر سازمان‌های مربوط به حوزه صنعت کشتی‌سازی کشور، برای اجرای الگوی مهندسی همزمان در چه نقطه‌ای از آمادگی قرار دارند و این نقطه تا چه حد با نقطه ایده‌آل و آمادگی کامل موردنیاز برای اجرای این الگو فاصله دارد.

۲-۱. شرح فرایند تحلیل شکاف

در مرحله اول اجرای الگوی مهندسی همزمان در هر سازمان، نیاز اصلی این است که سازمان‌های مربوط دریابند چه اندازه برای اجرای این الگو آمادگی دارند. درواقع، این بدین معنی است که سازمان‌ها باید دارای بستر مناسبی از منظر فرهنگی، شیوه‌های اجرایی و سطح فناوری برای ایجاد تغییرات باشند. خوشبختانه روش‌های متعددی برای تعیین میزان آمادگی هر سازمان وجود دارد و مورد مطالعه بسیاری از دانشمندان واقع شده است. یکی از این روش‌ها بیان می‌کند که هر سازمان پیش از اینکه روش خود را برای رسیدن به یک مقصد مطلوب به‌طور کلی و ناگهانی تغییر دهد، باید بداند که در چه نقطه‌ای قرار دارد (Elvekrok, 1997).

درواقع، شالوده اصلی برنامه‌ریزی راهبردی شناسایی وضعیت موجود، بررسی نقاط قوت و ضعف سازمان از یک سو و به تصویر کشیدن آینده مطلوب در قالب تدوین چشم‌انداز و مقاصد راهبردی از سوی دیگر و در نهایت پیدا کردن راهی برای رسیدن به این آینده مطلوب است که در اصطلاح به آن راهبرد گفته می‌شود. یکی از بهترین و ایده‌آل‌ترین ابزار موجود برای برنامه‌ریزی راهبردی روش تحلیل شکاف[1] است. در این روش هدف شناسایی و تحلیل شکاف بین وضعیت موجود سازمان و وضعیت مطلوب آن در حوزه مربوط و نیز یافتن راهکارهای نو و مناسب برای پوشش این شکاف است. در تعریفی دیگر تحلیل شکاف «تعیین فاصله بین مکانی که هم‌اکنون در آن قرار داریم و مکانی که در نظر داریم به آنجا برسیم و شناسایی روش طی این فاصله» عنوان می‌شود (قاسمی و کوچکیان، ۱۳۹۳).

برای انجام ارزیابی صحیح، معیارهایی برای سنجش آمادگی سازمان‌ها براساس الگوی تحلیل شکاف مهندسی همزمان[2] در نظر گرفته شده است که باتوجه‌به امتیاز و نمره‌ای که هر معیار به خود اختصاص خواهد داد، میزان شکاف موجود محاسبه خواهد شد. امتیاز یا وزن هر معیار براساس پاسخ پرسش‌نامه‌هایی که در همین راستا تدوین شده است.

۲-۲. تعیین معیارهای سنجش

برای محاسبه میزان شکاف در این پژوهش، از روش تحلیل شکاف مهندسی همزمان استفاده شده

1- Gap Analysis
2- Simultaneous Engineering Gap Analysis: SEGPAN

است. این روش توسط ویلد[1] در سال ۱۹۹۳ معرفی شده است که در آن با استفاده از یک بازبینه[2]، شاخص‌ها و معیارهایی تعریف خواهد شد که با آنها می‌توان به سنجش میزان شکاف موجود پرداخت. این معیارها پس‌از بررسی گسترده‌ای که وی برروی بیش از ۲۰۰ سند انجام داده است، در قالب ۲۲ معیار کلی که در شش گروه طبقه‌بندی شده و از ویژگی‌های اصلی مهندسی همزمان هستند، بیان شده است (Landeghem, 2000). در ابتدا هرکدام از معیارها براساس میزان اهمیتی که نسبت به دیگری دارند، اولویت‌بندی شده و سپس برای تعیین وضع فعلی و مطلوب هرکدام از معیارها، اعدادی به آنها اختصاص داده خواهد شد که میانگین اعداد در هر یک از شاخص‌ها بیانگر جایگاه آن معیار در زمان حال و آینده است. اعداد اختصاص داده‌شده نتیجه تحلیل و بررسی پرسش‌نامه‌ای است که در مورد وضعیت معیارها پرسیده خواهد شد و پاسخ آن یا «آری» خواهد بود یا «خیر». این امر کمک می‌کند تا پاسخ پرسش‌ها به روشن‌ترین شکل ممکن بیان شود و از پاسخ‌های میانی و بینابینی اجتناب شود. این گروه‌ها و معیارهای مربوط به هر گروه، همانطور که بیان شد، بیانگر جنبه‌های بسیار مهمی از مهندسی همزمان هستند که تعیین جایگاه آنها روشن‌کننده جایگاه سازمان در اجرای الگوی مهندسی همزمان خواهد بود. توضیحات مربوط به هر گروه در ادامه داده شده و فرم کلی بازبینه در جدول ۱ مشروح آمده است (Karningsih, et al., 2015).

الف) نقش مدیریت

فعالیت مدیریتی نشان‌دهنده محور صحیح فعالیت‌های سازمان در تمام سطوح است. در نتیجه مسئولیت اجرای مهندسی همزمان در درجه اول برعهده لایه‌های مدیریتی هر سازمان است. تغییرات ایجاد شده نه‌تنها فنی بلکه باید راهبردی باشد؛ زیرا معرفی برخی از روش‌ها نیازمند غلبه بر مشکلات و مسائل مربوط به صلاحیت‌ها و منابع است.

ب) فرهنگ سازمانی

فرهنگ سازمانی را می‌توان به‌عنوان ترکیبی از ارزش‌ها، نگرش‌ها و اعتقادات تعریف کرد که آن شرکت را متمایز کرده و کارکنان شرکت را موظف می‌کند تا رفتار خاصی داشته باشند. بنابراین فرهنگ سازمانی عامل اصلی موفقیت هر شرکتی است که هدف آن دستیابی به اجرای صحیح الگوی مهندسی همزمان است.

پ) عملکرد متقابل تیم

مبنای دستیابی به هماهنگی، همکاری میان عملکردها و میان کارشناسان، نظارت بر تمام فرایندها مانند مراحل خرید، تعریف مشخصه‌های محصول، بخش‌های استانداردسازی و ... است.

1-Wilde

۲- برابر نهاد فارسی واژه «چک‌لیست»، مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی

بنابراین دو عنصر بسیار مهم در این حوزه وجود دارد، اول ایجاد یک تیم عملکرد متقابل از جمله تأمین‌کنندگان و مشتریان و دومی درگیر کردن فرایند خرید است.

جدول ۱: فهرست معیارهای مختلف برای ارزیابی وضع فعلی و مطلوب در اجرای مهندسی همزمان (Karningsih and et al., 2015)، (Elvekrok, 1997)

ابعاد	معیارهای مرتبط با هر بعد	توضیحات
۱. نقش مدیریت	۱.۱. رهبری و مشارکت	مسئولیت‌های مختلف مدیریت برای سازماندهی مهندسی همزمان و نظارت بر اجرای آن درون شرکت
۲. فرهنگ سازمانی	۲.۱. راهبرد زمان	آیا مهندسی همزمان یک موضوع راهبردی برای مدیریت است؟
	۲.۲. تغییر فرهنگ	آیا یک روند آماده‌سازی برای غلبه بر مقاومت در برابر ایجاد تغییر وجود دارد؟
	۳.۲. پروژه آزمایشی اماده	چگونه از یک پروژه آزمایشی برای تغییرات اولیه استفاده می‌شود؟
	۴.۲. آموزش	میزان برنامه‌های آموزشی کارکنان چقدر است؟
	۵.۲. بهبود مستمر	آیا یک گرداننده آگاه و هوشیار برای بهبود طرح‌های پیشنهادی وجود دارد؟
	۶.۲. مشارکت کارکنان	عاملی بسیار مهم در انگیزش
۳. عملکرد متقابل یک تیم	۱.۳. عملکرد متقابل تیم	تیم‌ها و گروه‌ها چگونه چیده شده چگونه و راهنمایی می‌شوند؟
	۲.۳. مشارکت بخش خرید	نقش آن در بخش استانداردسازی
۴. طراحی مشترک	۱.۴. مشارکت تأمین‌کنندگان	تا چه اندازه تأمین‌کنندگان بخشی از فرایند طراحی می‌باشند و آیا به آنها اهمیت داده می‌شود؟
	۲.۴. مشارکت مشتری	آیا به‌طور فعالانه از مشتریان برای دریافت ورودی‌هایشان درخواست می‌شود و آیا آنها آگاه هستند؟
۵. زیرساخت‌های ارتباطی	۱.۵. فناوری اطلاعات	استفاده از شبکه، ایمیل و ...
	۲.۵. مدیریت داده‌های مهندسی	برای کنترل آزاد، توزیع اطلاعات و...
	۳.۵. ساختار سازمانی	آیا سازمان برای فرایندها ارتباطاتی مناسب است؟
	۴.۵. کنترل پیشرفت	استفاده از روش‌های مدیریت پروژه
۶. ابزارها و روش‌ها	۱.۶. کمک رایانه در طراحی	استفاده از ابزارهای رایانه‌ای، CAE، CAD و ...
	۲.۶. طراحی برای هزینه	استفاده از مدل‌های هزینه در طراحی
	۳.۶. مهندسی ارزش	استفاده از الگوی مهندسی ارزش
	۴.۶. نظارت برای کاهش تنوع	استانداردسازی، الگوی پاترو، طبقه‌بندی و ...
	۵.۶. طراحی برای ساخت	استفاده از روش‌های DFx و نتایج حاصل از آن
	۶.۶. روش‌های آماری و کیفی	QFD، توگاچی، ایشیکاوا، ابزار هفت‌گانه کیفیت
	۷.۶. طراحی برای قابلیت اطمینان	روش‌هایی نظیر FMECAT، شکست امن و...

ث) زیرساخت‌های ارتباطی

بسیاری از اهدافی که تاکنون برای اجرای مهندسی همزمان ذکر شد، در صورتی قابل دستیابی است که افراد بتوانند آزادانه و تأثیرگذار به تبادل ایده‌ها و نظرات بپردازند. زیرساخت‌های ارتباطی، در این مورد، به معنی زیرساخت فناوری اطلاعات مانند شبکه‌ها، مدیریت اطلاعات مهندسی[1] و غیره است.

ج) ابزارها و روش‌ها

این بخش از رسمی‌ترین حوزه‌های مهندسی همزمان است که با درک روش‌ها متعدد و ابزارهای فناوری اطلاعات از تمامی مراحل طراحی محصول پشتیبانی می‌کند.

برای تعیین جایگاه فعلی هرکدام از معیارهای موردنظر، پرسش‌هایی مطرح شده و در قالب پرسش‌نامه به ۱۲۰ کارشناس مختلف مطابق با جدول۲ در ۱۵ شرکت از صنایع کوچک، متوسط و بزرگ کشتی‌سازی و شرکت‌های وابسته به آنها در داخل کشور داده شده است تا با پاسخ به این پرسش‌ها و کمی‌سازی آن‌ها نقطه‌ای که سازمان‌های دریایی کشور درحال‌حاضر در آن قرار دارند، تعیین شود.

جدول ۲: جامعه آماری شرکت‌های موردمطالعه

سازمان‌های مورد بررسی	دفترهای طراحی	کارگاه‌های سازنده	مراکز پژوهشی	شرکت‌های کاربر
درصد پاسخ‌نامه‌های جمع‌آوری شده	٪ ۳۲/۴	٪ ۲۷/۳	٪ ۲۶/۱	٪ ۱۴/۲

همانطور که در بخش‌های قبل ذکر شد، این پرسش‌ها به‌گونه‌ای هستند که پاسخ آنها به «آری» یا «خیر» ختم می‌شود و برای تعیین جایگاه فعلی سازمان مربوط در حوزه‌ای که پرسش مطرح شده است، از نسبت پاسخ‌های «آری» به کل پاسخ‌ها استفاده می‌شود (Landeghem, 2000). درواقع، نسبت پاسخ‌های مثبت به کل پاسخ‌های دریافتی بیانگر میزان انطباق اولیه[2] برای هر معیار خواهد بود. برای تعیین میزان انطباق اولیه هر کدام از ۲۲ معیار ارائه‌شده و نیز انطباق اولیه هر گروه از گروه شش‌گانه، مطابق با پاسخ‌های ارائه‌شده برای دسته پرسش‌هایی که برای تعیین جایگاه هر معیار قابل طرح است، از روابط (۱) و (۲) استفاده می‌شود (Landeghem & Wilde, 1994).

$$T_j = \frac{\sum_{i,j}[W_{ij}Y_{ij} + 0.N_{ij}]}{\sum_{i,j}W_{ij}[Y_{ij} + N_{ij}]} \times 100 \qquad j = 1,2,\dots,22 \quad and \quad i = 1,2,3,\dots \qquad (۱)$$

$$BC_k = \frac{\sum_{j,k}W_{jk}T_j}{\sum_{j,k}W_{jk}} \qquad j = 1,2,\dots,22 \quad and \quad k = 1,2,\dots,6 \qquad (۲)$$

T_j: مقدار انطباق اولیه برای معیار j ام از بیست‌ودو معیار ارائه‌شده

BC_k: مقدار انطباق اولیه برای گروه k ام از شش گروه ارائه‌شده

1- Engineering Data Management: EDM 2- Basic Compliance

W_{ij}: سهم وزنی پرسشی‌ام i در دسته پرسش‌های قابل‌طرح برای معیار j ام

W_{jk}: سهم وزنی معیار j ام در گروه k ام

Y_{ij}: برای پاسخ «آری» برابر با یک و برای پاسخ «خیر» برابر با صفر

N_{ij}: برای پاسخ «خیر» برابر با یک و برای پاسخ «آری» برابر با صفر

۲-۳. تعیین سهم وزنی معیارهای سنجش

میزان اهمیت نسبی هر حوزه با استفاده از مقایسه دودویی بین حوزه‌ها در هر سطح، با کمک نرم‌افزار اکسپرت‌چویس تعیین شده است. به این ترتیب که مطابق با جدول۳ ابتدا بین شش حوزه اصلی و سپس به همین ترتیب در هریک از حوزه‌های شش‌گانه بین بندهای مربوط مقایسه‌های دودویی انجام شده است.

جدول ۴ نیز راهنمای امتیازدهی برای مقایسه دودویی است (Saaty, 1980). حوزه‌های شش‌گانه و بندهای مربوط به هر حوزه در نرم‌افزار اکسپرت‌چویس مطابق با شکل۲ طبقه‌بندی شده‌اند.

جدول ۳: مقایسه دودویی بین حوزه‌های شش‌گانه مهندسی همزمان (Saaty, 1980)

فرهنگ سازمانی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	نقش مدیریت
عملکرد تیم متقابل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	نقش مدیریت
طراحی مشترک	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	نقش مدیریت
زیرساخت ارتباطی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	نقش مدیریت
ابزارها و روش‌ها	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	نقش مدیریت
عملکرد تیم متقابل	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	فرهنگ سازمانی
طراحی مشترک	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	فرهنگ سازمانی
زیرساخت ارتباطی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	فرهنگ سازمانی
ابزارها و روش‌ها	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	فرهنگ سازمانی
طراحی مشترک	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عملکرد تیم متقابل
زیرساخت ارتباطی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عملکرد تیم متقابل
ابزارها و روش‌ها	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	عملکرد تیم متقابل
زیرساخت ارتباطی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	طراحی مشترک
ابزارها و روش‌ها	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	طراحی مشترک
ابزارها و روش‌ها	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	زیرساخت ارتباطی

جدول ۴: جدول راهنما برای به‌کارگیری در مقایسه دودویی شاخص‌ها (Saaty, 1980)

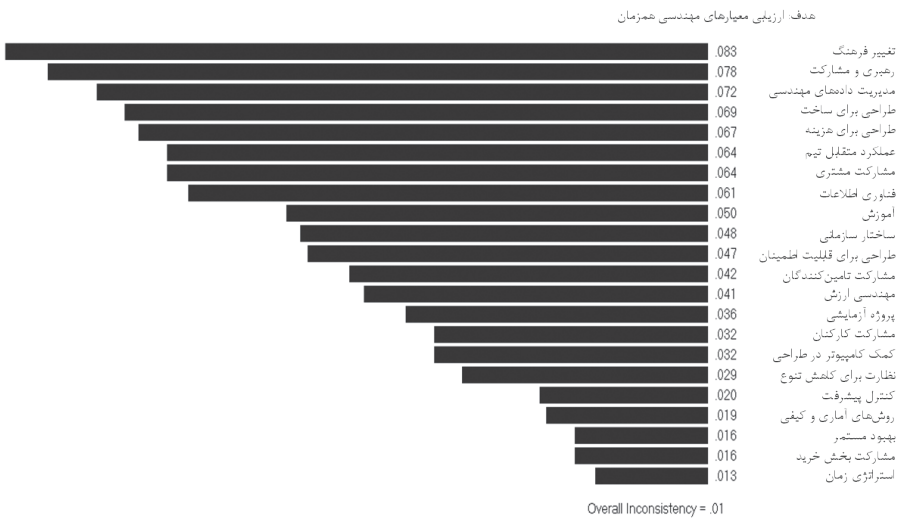
امتیاز	معادل	مثال
۱	ترجیح یکسان	گزینه یا مشخصه A نسبت به B اهمیت برابر دارد یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند
۳	کمی مرجح	گزینه یا شاخص A نسبت به B کمی مهم‌تر است
۵	خیلی مرجح	گزینه یا شاخص A نسبت به B مهم‌تر است
۷	خیلی زیاد مرجح	گزینه یا شاخص A دارای ارجحیت خیلی بیشتری از B است
۹	کاملاً مرجح	گزینه یا شاخص A از B مطلقاً مهم‌تر است و قابل مقایسه با B نیست
۸، ۶، ۴، ۲	(بینابینی)	ارزش‌های بینابینی را نشان می‌دهد؛ مثلاً ۸ بیانگر اهمیتی زیادتر از ۷ و پایین‌تر از ۹ برای A است

شکل ۲: طبقه‌بندی معیارهای شش‌گانه مهندسی همزمان در نرم‌افزار اکسپرت‌چویس

مطابق با طبقه‌بندی مشاهده‌شده در شکل ۲، ابتدا مقایسه دودویی در سطح اول یعنی شش گروه اصلی انجام شده است. نتیجه مقایسات دودویی در این سطح در شکل ۳ نشان داده شده است.

شکل ۳: سهم وزنی معیارهای اصلی شش‌گانه

سپس در هر معیار مقایسه‌های دودویی بین بندهای مربوط دوباره انجام‌شده که با ترکیب امتیاز معیارهای اصلی سطح اول و بندهای سطح دوم، امتیاز یا وزن نهایی هر بند محاسبه می‌شود. نتیجه نهایی فرایند وزن‌دهی در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴: سهم وزنی تمامی بندهای مربوط به معیارهای شش‌گانه مهندسی همزمان

۳. بحث و بررسی

از آنجایی که در این پژوهش برای هر معیار تنها یک پرسش مطرح شده است و از تدوین دسته پرسش خودداری شده است، لذا سهم وزنی هر پرسش در هر معیار (W_{ij}) برابر با یک است. سهم وزنی هر معیار (W_{jk}) نیز مطابق نتایج حاصل‌شده از شکل ۴ است. میزان انطباق اولیه پس از ترکیب با سهم

وزنی هر معیار بیانگر میزان انطباق نهایی[1] در آن معیار خواهد بود. به‌تبع مجموع میزان انطباق‌های حاصل‌شده بیانگر شرایط موجود در سازمان‌های دریایی کشور برای اجرای مهندسی همزمان است. درحقیقت، میزان انطباق نهایی نشان خواهد داد که وضعیت فعلی سازمان‌های دریایی در کشور تا چه اندازه با وضعیت مطلوب خود برای اجرای الگوی مهندسی همزمان فاصله دارد. نتایج مربوط به میزان انطباق اولیه و نهایی طبق پاسخ‌های دریافتی از پرسش‌نامه‌ها و سهم وزنی ابعاد و معیارهای مربوط به هر بعد در جدول ۵ فهرست شده است.

الگوی تحلیل شکاف مهندسی همزمان محدوده امتیاز مربوط به میزان انطباق را در سه گروه دسته‌بندی می‌کند: (Staudacher & et al., 2003).

الف) اجرای «عالی» مهندسی همزمان برای میزان انطباق نهایی بالای ۶۰ درصد

ب) اجرای «متوسط» مهندسی همزمان برای میزان انطباق نهایی بین ۳۰ الی ۶۰ درصد

پ) اجرای «ضعیف» مهندسی همزمان برای میزان انطباق نهایی کمتر از ۳۰ درصد

درمجموع، باتوجه‌به میزان انطباق نهایی حاصل‌شده از تحلیل شکاف، می‌توان میزان آمادگی و وضعیت کنونی سازمان‌های دریایی را برای اجرای مهندسی همزمان در سطح متوسط ارزیابی کرد. با کمی دقت بر روی نتایج و اعداد و ارقام حاصل‌شده، می‌توان دریافت که نقطه‌ضعف اساسی موجود از ناحیه فرهنگی با درصد انطباق ۲۵درصد است.

جدول ۵: میزان انطباق وضعیت فعلی سازمان‌های دریایی براساس پاسخ‌های پرسش‌نامه و سهم وزنی معیارها

ابعاد	معیارهای مرتبط با هر بعد	سهم وزنی (w)	میزان انطباق اولیه	میزان انطباق نهایی
۱. نقش مدیریت	۱.۱. رهبری و مشارکت	٪ ۷/۸	٪ ۳۱	٪ ۲/۴۲
۲. فرهنگ سازمانی	۱.۲. راهبرد زمان	٪ ۱/۳	٪ ۶۰	٪ ۰/۷۸
	۲.۲. تغییر فرهنگ	٪ ۸/۳	٪ ۲۵	٪ ۲/۰۷
	۳.۲. پروژه آزمایشی	٪ ۳/۶	٪ ۸۰	٪ ۲/۸۸
	۴،۲ آموزش	٪ ۵	٪ ۸۶	٪ ۴/۳۰
	۵،۲ بهبود مستمر	٪ ۱/۶	٪ ۷۳	٪ ۱/۱۷
	۶،۲ مشارکت کارکنان	٪ ۳/۲	٪ ۶۶	٪ ۲/۱۱
۳. عملکرد متقابل تیم‌ها	۱،۳ عملکرد متقابل تیم	٪ ۶/۴	٪ ۱۵	٪ ۰/۹۶
	۲،۳ مشارکت بخش خرید	٪ ۱/۶	٪ ۶۵	٪ ۱/۰۴

1- Final Compliance

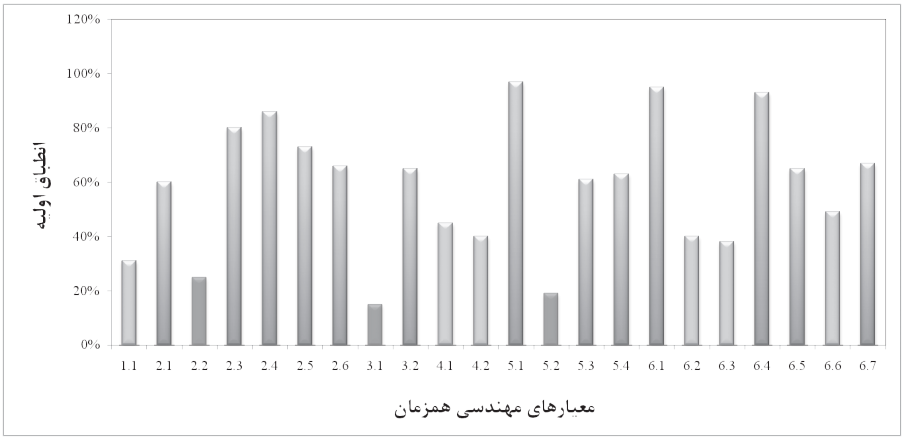
ادامه جدول ۵

۴. طراحی مشترک	۱،۴ مشارکت تامین‌کنندگان	٪ ۴/۲	٪ ۴۵	٪ ۱/۸۹
	۲،۴ مشارکت مشتری	٪ ۶/۴	٪ ۴۰	٪ ۲/۵۶
۵. زیرساخت‌های ارتباطی	۱،۵ فناوری اطلاعات	٪ ۶/۱	٪ ۹۷	٪ ۵/۹۲
	۲،۵ مدیریت داده‌های مهندسی	٪ ۷/۲	٪ ۱۹	٪ ۱/۳۷
	۳،۵ ساختار سازمانی	٪ ۴/۸	٪ ۶۱	٪ ۲/۹۳
	۴،۵ کنترل پیشرفت	٪ ۲	٪ ۶۳	٪ ۱/۲۶
۶. ابزارها و روش‌ها	۱،۶ کمک‌های رایانه‌ای برای طراحی	٪ ۳/۲	٪ ۹۵	٪ ۳/۰۴
	۲،۶ طراحی برای هزینه	٪ ۶/۷	٪ ۴۰	٪ ۲/۶۸
	۳،۶ مهندسی ارزش	٪ ۴/۱	٪ ۳۸	٪ ۱/۵۶
	۴،۶ نظارت برای کاهش تنوع	٪ ۲/۹	٪ ۹۳	٪ ۲/۷۰
	۵،۶ طراحی برای ساخت	٪ ۶/۹	٪ ۶۵	٪ ۴/۴۸
	۶،۶ روش‌های آماری و کیفی	٪ ۱/۹	٪ ۴۹	٪ ۰/۹۳
	۷،۶ طراحی برای قابلیت اطمینان	٪ ۴/۷	٪ ۶۷	٪ ۳/۱۵
مجموع				**۵۲/۲۰**

مقادیر انطباق اولیه معیارهای مختلف برای اجرای مهندسی همزمان در نمودار ستونی شکل ۵ نشان داده شده است. در این نمودار ستون‌ها بیانگر مقادیر میزان انطباقی است که در گروه‌های ضعیف، متوسط یا عالی قرار گرفته‌اند.

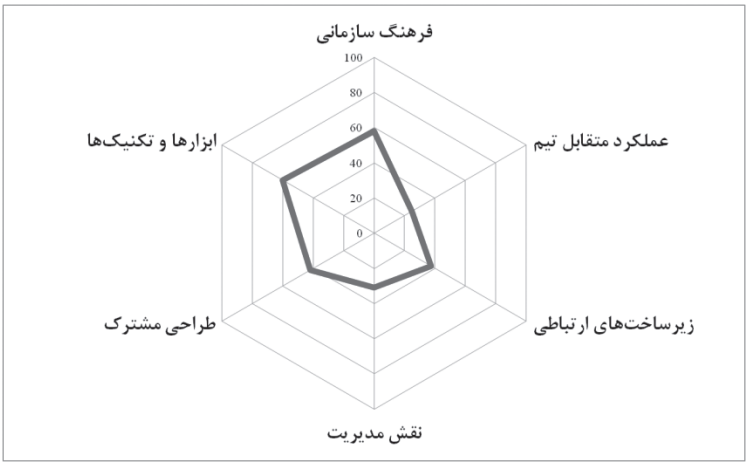
نقش بسیار مهمی که مدیران در پیاده‌سازی الگوی مهندسی همزمان دارند، طبق نتایج حاصل‌شده در جدول۵، دارای میزان انطباق ۳۱درصد است که در دسته‌بندی انجام‌شده جزو گروه‌های متوسط و متمایل به ضعیف است، که باید راهکارهایی برای تغییر الگوهای مدیریت ارائه و اجرا شود.

نداشتن روحیه و فرهنگ کار گروهی و مشترک و نبود ساختار سازمانی متناسب با کار تیمی، موجب شده است تا گروه‌های مختلف به‌صورت جزیره‌ای عمل کنند و همکاری متقابلی با سایر گروه‌ها نداشته باشند. تقویت این پارامتر هم وابسته به عوامل فرهنگی و هم عواملی سازمانی است. با همین دلایل می‌توان ریشه‌های ضعیف بودن میزان انطباق پارامتر عملکرد متقابل تیمی را که برابر با ۱۵درصد است، پیدا کرد.



شکل ۵: نمودار مقایسه درصد انطباق اولیه معیارهای مهندسی همزمان

با بررسی کلی‌تر میزان انطباق گروه‌ها، می‌توان در یک نگاه به شکاف موجود میان گروه‌های شش‌گانه در هرکدام از معیارها پی برد. نمودار عنکبوتی شکل ۶ به‌طور آشکار وضعیت فعلی سازمان‌های دریایی در هرکدام از ابعاد را در قیاس با حالت مطلوب به تصویر کشیده است.

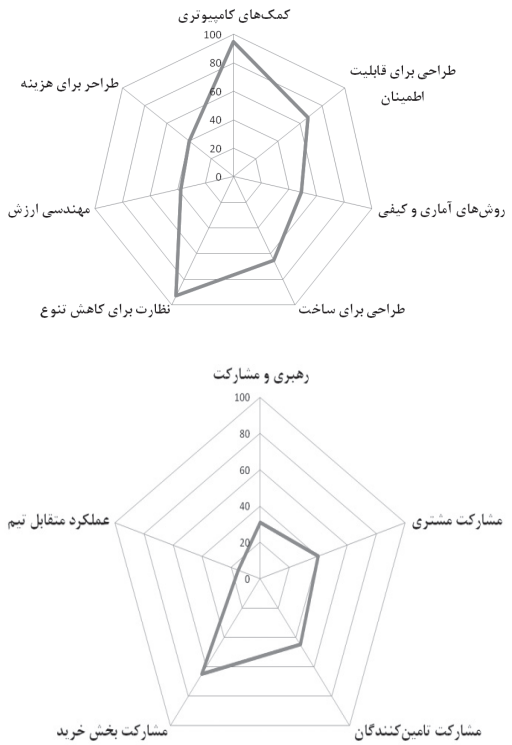


شکل ۶: نمودار عنکبوتی مربوط به وضعیت فعلی گروه‌های شش‌گانه مرتبط با مهندسی همزمان

همانطور که در نمودار عنکبوتی شکل ۶ دیده می‌شود، وضعیت سازمان‌های دریایی کشور در زمینه استفاده از ابزارها و روش‌ها کمی مطلوب به نظر می‌رسد و این امر نشان‌دهنده این است که هرجا بحث از فعالیت‌ها و مهارت‌های فردی به میان می‌رسد، نگرانی و دغدغه‌های کمتری احساس می‌شود.

نمودار عنکبوتی شکل (بالا) نشان‌دهنده میزان شکاف موجود برای معیارهای مربوط به گروه ابزار و روش‌ها است. همانطور که از این نمودار مشاهده می‌شود، بسیاری از معیارهای مربوط به گروه ابزار و

روش در وضعیت نسبتاً مطلوبی به سر می‌برند و اگر معیاری مانند مهندسی ارزش، استفاده از روش‌های آماری و... در این گروه دارای میزان انطباق پایینی باشد، می‌توان با ایجاد دوره‌های آموزشی و ایجاد مهارت در کارکنان، نقاط ضعف را پوشش داده و باعث بهبود وضعیت کلی این گروه از معیارها شود.

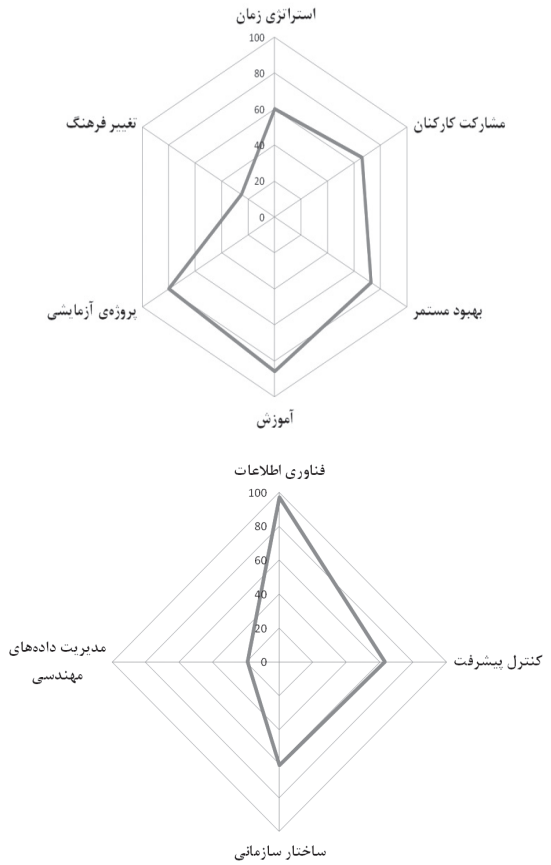


شکل ۷: نمودار عنکبوتی برای معیارهای مربوط به گروه ابزار و روش‌ها (بالا) و گروه‌های نقش مدیریتی، عملکرد متقابل تیم‌ها و همکاری مشترک (پایین)

همچنین می‌توان گفت نقاط ضعف سازمان‌ها زمانی آشکار می‌شود، که باید به سراغ فعالیت‌هایی رفت که بر پایه کارهای گروهی بنا نهاده شده است. شکل ۷ (بالا) نمودار عنکبوتی معیارهای مربوط به گروه‌های نقش مدیریتی، عملکرد متقابل تیمی و همکاری مشترک را نشان می‌دهد. مطابق با این نمودار، شکاف‌های قابل‌توجهی در زمینه معیارهایی که بر اساس همکاری مشترک بنا نهاده شده‌اند، مشاهده می‌شود. در این میان، شکاف مدیریتی نیز بسیار حائز اهمیت است که برای اجرای صحیح الگوی مهندسی همزمان در قدم اول باید مدیرانی همراه تربیت شوند.

خوشبختانه اعداد و ارقام حاصل‌شده این نوید را می‌دهد که برخی از پارامترها برای دستیابی به سطح فرهنگی مطلوب کمی مناسب است. پارامترهایی چون اشتیاق برای درگیر شدن کارکنان برای پیاده‌سازی الگوی مهندسی همزمان، آمادگی برای آموزش روش‌های مختلف، ایجاد پروژه‌های کوچک

آزمایشی برای افزایش سطح هماهنگی و میزان آمادگی و... . اما همچنان معیار تغییر فرهنگی فاصله زیادی با سطح مطلوب خود دارد و برای پر کردن شکاف موجود باید از سایر پارامترها که از وضعیت مطلوب‌تری برخوردار هستند، کمک گرفته شود. نکاتی که پیرامون این معیارها بیان شد به‌راحتی از نمودار عنکبوتی شکل ۸ (بالا) قابل مشاهده و درک است.



شکل ۸: نمودار عنکبوتی برای معیارهای مربوط به گروه فرهنگ سازمانی (بالا) و گروه زیرساخت ارتباطی (پایین)

وضعیت زیرساخت‌های ارتباطی که از پارامترهای بسیار مهم و دارای سهم وزنی بالا در میان گروه‌های شش‌گانه است، نیز چندان مساعد نیست. هرچند ابزارآلات مربوط به فناوری اطلاعات در وضعیت عالی به سر می‌برند، اما مدیریت داده‌های مهندسی از شکاف بسیار بالایی برخوردار است که در مجموع باعث ایجاد شکاف نسبتاً بالایی در گروه زیرساخت‌های ارتباطی نسبت به وضعیت مطلوب است. نمودار عنکبوتی شکل ۸ (پایین) بیانگر وضعیت کنونی و شکاف موجود در معیارهای مربوط به گروه زیرساخت‌های ارتباطی را نشان می‌دهد.

از آنجایی که معیارهای مربوط به این گروه از اهمیت بالا برخوردار بوده و نیاز اولیه هر سازمان برای اجرای الگوی مهندسی همزمان به شمار می‌آیند، انتظارات نسبت به آنها بالا بوده و باید تمامی معیارها در سطوح عالی باشند. برای پر کردن شکاف موجود در این معیارها، تغییرات اثربخش در ساختار سازمانی، سیستم‌های نظارتی پیشرفته و استفاده از متخصصان باتجربه برای مهندسی داده‌ها از جمله راه‌حل‌های ابتدایی موجود هستند.

۴. نتایج و پیشنهادات

باتوجه‌به نتایج حاصل در نمودارها، به طور کلی می‌توان گفت که ریشه‌های مشکلات موجود از جنس فرهنگی است. اجرای صحیح مهندسی همزمان نیازمند وجود صداقت، تعاون، همکاری و روحیه بالا برای انجام فعالیت‌های گروهی است که برای ایجاد و تقویت چنین پارامترهایی در همه سازمان‌ها نیاز به تلاش‌های مضاعف است.

علاوه بر این، مدیران و روحیه آنها برای ایجاد تغییرات اساسی در ساختار سازمانی که ممکن است موجب محدود کردن اختیارات تام شود، نقش بسیار مهمی در اجرای مهندسی همزمان ایفا می‌کند. همانطور که در توضیحات مربوط به بخش مهندسی همزمان بیان شد، زمانی که الگوی مهندسی همزمان به‌درستی اجرا شود، مدیران نباید به‌تنهایی و با استفاده از قدرت جایگاهی‌شان تصمیم‌گیرنده نهایی مسائل باشند؛ بلکه باید با مشورت سایر گروه‌ها در حوزه‌های مختلف و با در نظر گرفتن تمامی مسائل به‌طور همزمان تصمیمات نهایی را گروهی و مشترک اخذ کنند.

برای تقویت روحیه کار گروهی نیز باید پس از ایجاد دوره‌های آموزشی و آموزش برخی از روش‌ها، فعالیت‌های مشترکی را طبق الگوی مهندسی همزمان از پروژه‌های کوچک آزمایشی آغاز کرد تا تمام کارکنان در گروه‌های مختلف به سطحی از بلوغ دست یابند و بتوانند به‌راحتی با گروه‌های مختلف همزمان و مشترک به انجام فعالیت‌ها بپردازند.

درنهایت، نتیجه‌گیری کلی از وضعیت موجود را می‌توان به صورت راهکارهایی عملی و اجرایی برای آماده‌سازی مجموعه سازمان‌های درگیر با فرایند کشتی‌سازی اعم از محققان، طراحان، سازندگان، کاربران و... در جهت اجرای الگوی مهندسی همزمان ارائه داد؛ به‌طوری‌که تمرکز بر روی این راهکارها کمک بسیار زیادی به نزدیک شدن و رسیدن به نقطه مطلوب می‌کند.

- شناخت تمامی شرکت‌ها، سازمان‌ها، دفترهای طراحی، شرکت‌های دانش‌بنیان، کارخانجات ساخت، دفاتر فروش و هر ارگان وابسته به صنعت کشتی‌سازی که می‌تواند از همان آغاز طراحی یک پروژه و همزمان با پیشرفت آن، با ارائه نقطه‌نظرات فنی و غیرفنی موجب افزایش کیفیت و کاهش هزینه‌های تولید شود.
- بازنگری یا تدوین نقشه‌راه جدید براساس الگوی مهندسی همزمان به‌منظور استفاده از

توانمندی‌های شرکت‌های همکار و جلوگیری از دوباره‌کاری و کوتاه‌شده چرخه‌های طراحی که به کاهش هزینه‌های توسعه محصول و افزایش کیفیت آن منجر می‌شود.

- بازنگری در ساختار سازمانی مطابق با الگوی مهندسی همزمان و براساس نقشه‌راه تدوین‌شده در جهت هموار کردن مسیر همکاری مشترک.
- ایجاد کارگروه‌های مشترک برای انجام پروژه‌ها به‌منظور یکسان‌سازی ادبیات مورداستفاده در پروژه‌ها و به‌اشتراک‌گذاری ایده‌های متنوع و موردقبول طرفین جهت رفع گلوگاه‌های موجود.
- تشکیل تیم‌های پشتیبانی برای پروژه‌های انجام‌شده هر سازمان که در ارتباط مستمر و دائمی با کاربران قرار داشته باشند و با آگاهی از مشکلات پروژه و نیز مدیریت داده‌های ناشی از بازخورد کاربران در هنگام استفاده از محصول تولیدشده راهکارهای فنی برای بهبود کیفیت محصول جدید ارائه دهند تا در همان آغاز طراحی در محصول جدید مورد استفاده قرار گیرد.
- استفاده از نرم‌افزارهای به‌روز و تحت شبکه برای درک بهتر هم‌پوشانی‌ها، تداخل‌های کاری و فرایند یکپارچه‌سازی، در جهت اجرای کار مشترک و همزمان و جلوگیری از موازی‌کاری و فعالیت‌های جزیره‌ای.
- انجام پروژه‌های کوچک و آزمایشی برای شروع الگوی مهندسی همزمان با هدف آموزش تمامی مدیران و کارشناسان.

مراجع

- ساپوان، اس ام. (۱۳۸۱). تحقیقی در مورد اجرای الگوی مهندسی همزمان در صنایع کشور مالزی. مترجم: فرحناز آیت اللهی. *مجله آموزش مهندسی ایران*، ۴ (۱۵)، ۲۳-۶۵.
- سید حسینی، سید محمد و ایرانیان، سیدجواد (۱۳۸۵). یک مدل مفهومی جهت توسعه محصول جدید در محیط مهندسی همزمان. *مجله علمی پژوهشی اقتصاد و مدیریت* (شماره ۶۹).
- قاسمی، ساسان و کوچکیان، میلاد (۱۳۹۳). تحلیل شکاف ابزاری در تحلیل استراتژیک. ابزارهای کارآمد مدیریت، *روزنامه دنیای اقتصاد و شماره خبر*: ۸۱۲۹۷۵ .
- ولی‌نژاد، فرشاد و ابراهیمی، سیدبابک (۱۳۸۹). گسترش مدل تلفیقی مهندسی همزمان و مهندسی ارزش در توسعه محصول (مطالعه موردی قطعات خودرو تندر۹۰). چهارمین همایش ملی مهندسی ارزش.

- Anumba, C. J.; Baugh, C. and Khalfan, M. M. (2002). Organisational structures to support concurrent engineering in construction. *Industrial Management and Data Systems*, 260-270.
- Bennett, J. G. and Lamb, T.(1996). Concurrent engineering: application and Implementation for U.S. Shipbuilding. *Journal of Ship Production*, 12, 107-125.
- Dongre, A. U.; Jha, B. K.; Aachat, P. S. and Patil, V. R. (2017). Concurrent engineering: A Review. *International Research Journal of Engineering and Technology* (IRJET05).
- Elvekrok, D. R. (1997). Concurrent engineering in ship design. *Journal of Ship Production*, 13, 258-269.
- Karningsih, P. D.; Anggrahini, D. and Syafi, M. I. (2015). Concurrent engineering implementation assessment: A case study in an Indonesian manufacturing company. *Procedia Manufacturing* , 200-207.

- Kim, T. W.; Lim, S. S.; Seok, H. H. and Kang, C. G. (2013). Concurrent engineering solution for the design of ship and offshore bracket parts and fabrication process. *Int. J. Naval Archit*. Ocean Eng , 376-391.
- Landeghem, R. V. and Wilde, H. D.(1994). A Simultaneous Engineering "Benchmarking" Tool. *International Conference on Concurrent Engineering and Electronic Design Automation (CEEDA94)* , 111-116.
- Landeghem, V. R. (2000). Experiences with a concurrent engineering self-assessment tool. *International Journal of Production Economics* ,295-309.
- Loureiro, P. G.; Panades, W. F. and Silva, A. (2018). Lessons learned in 20 years of application of Systems Concurrent Engineering to space products. *Journal of International Academy of Astronautics* .
- Millán, E. R.; Palmer, F. S. and Manguán, M. C. (2018). The MEOW lunar project for education and science based on concurrent engineering approach. *Journal of International Academy of Astronautics* .
- Saaty. (1980). Analytic hierarchy process. Tata McGrew Hill.
- Staudacher, A. P.; Landeghem, H. V.; Mappelli, M. and Redaelli, C. E. (2003).Implementation of concurrent engineering: a survey in Italy and Belgium. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 225-238.
- Tsai, T. P.; Yang, H. C. and Liao, P. H. (2011). The aplication of concurrent engineering in the installation of foam fire extinguishing piping system. *Procedia Engineering* , 1920-1928.
- Zhu, A. Y.; Zedtwitz, M. V.; Assimakopoulos, D. and Fernandes, K. (2016)The impact of organizational culture on concurrent engineering, Design-for-Safety, and Product Safety Performance. *International journal of Production Economics* .

◄ **امین محمدی:** کارشناس ارشد مهندسی مکانیک از دانشگاه سمنان، کارشناس فنی در پژوهشکده علوم و فناوری دفاعی شمال در دانشگاه مالک‌اشتر و علاقه‌مند به فعالیت در حوزه‌های مدیریت سیستم‌های مهندسی

◄ **علی ملکی:** کارشناس ارشد مهندسی معماری کشتی از دانشگاه صنعتی شریف، کارشناس فنی در پژوهشکده علوم و فناوری دفاعی شمال در دانشگاه مالک‌اشتر و علاقه‌مند به فعالیت در حوزه‌های مدیریت سیستم‌های مهندسی

◄ **ابراهیم علیزاده:** دانشیار و عضو هیأت‌علمی پژوهشکده علوم و فناوری دفاعی شمال در دانشگاه مالک‌اشتر و علاقه‌مند به فعالیت در حوزه‌های مدیریت سیستم‌های مهندسی