مقایسه ی استانداردها و الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم

مهدی بهارلو
رحیم معصومی
غلامرضا نورمحمدنصرآبادی

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۲۸
تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۸

چکیده:

در چند سال گذشته پنج استاندارد و سه الگوی توانمندساز در مهندسی سیستم منتشر شده و مورد بهره برداری قرار گرفته است. بنابراین ممکن است برگزینی یک استاندارد یا الگوی پایه، دشوار به نظر برسد. در این مقاله به بررسی شباهت ها و تفاوت های این استانداردها و الگوها می پردازیم. استانداردها و الگوهای برگزیده شده، برای این منظور شامل: انواع نظامی، تجاری و بین المللی می شود.

واژه های کلیدی:

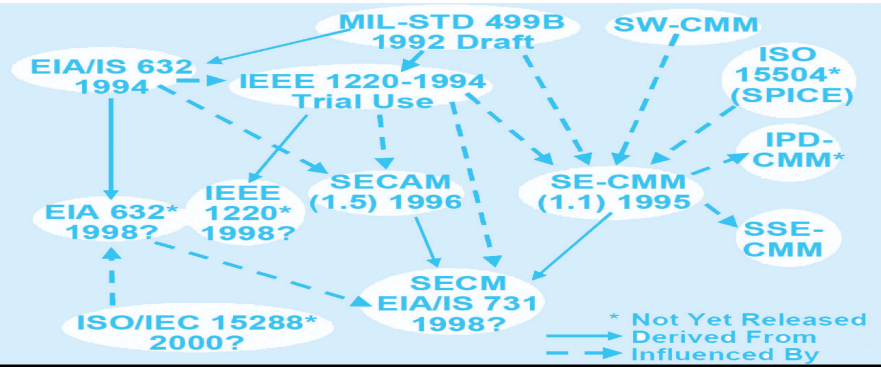
مهندسی سیستم، استاندارد، الگوی توانمندساز، رویکرد سیستمی

۱) مقدمه

در چند سال گذشته پنج استاندارد و سه الگوی توانمند ساز در حوزه ی مهندسی سیستم مورد بهره برداری قرار گرفته است. بنابراین ممکن است برای کسانی که با مهندسی سیستم سر و کار دارند دشوار باشد، که خود را با این استانداردها و الگوهای مختلف منطبق کنند و بتوانند به این پرسش ها پاسخ دهند که هریک کجا باید استفاده شود، تفاوت آن ها با دیگر استانداردها و الگوها در چیست و چرا اصلاً باید از آن ها استفاده کرد.

۲) تاریخچه

شکل (۱) به روشنی، وضعیت پیچیده ی استانداردها و الگوهای رایج و مطرح در مهندسی سیستم را نشان می‌دهد. استانداردها و الگوهای یاد شده، با تأسی به نسخه‌های پیش از خود و به دیگر الگوها و استانداردهای مرتبط، ارایه شده‌اند. در ادامه، شرح کوتاهی درباره این استانداردها و الگوها ارایه می گردد.



شکل (۱) — تاریخچه شکل‌گیری استانداردها و الگوهای مهندسی سیستم

۲-۱) MIL-STD-499B، EIA/IS 632 و IEEE 1220

MIL-STD-499B در مه ۱۹۹۲ منتشر شد. این نمونه در واقع، ارتقاء یافته و نگارش دوباره ی استاندارد "مدیریت مهندسی" با شناسه ی MIL-STD-499A بود که نام "مهندسی سیستم" را به خود گرفت.

با وجود این، در صنایع دفاعی ایالات متحده، توافق عمومی درباره‌ی آنچه که باید در یک استاندارد مهندسی سیستم وجود داشته باشد، به چشم نمی‌خورد، و همین امر، پذیرش این استاندارد را به تعویق انداخت و تغییراتی را در چگونگی مدیریت پروژه در پنتاگون موجب گردید.

در سال ۱۹۹۴، در پی جستجوی سرپرستی برای بخش مهندسی سیستم در دفتر وزارت دفاع ایالات متحده، گروه کاری اتحادیه‌ی صنایع الکترونیک (EIA) شامل: نمایندگان اتحادیه ی صنعت هواپیمایی، وزارت دفاع، اتحادیه‌ی صنایع امنیتی ملی، EIA ، مؤسسه ی مهندسان الکتریک و الکترونیک (IEEE) و INCOSE، نمونه تجاری استانداردMIL-STD-499B را با نام /EIA IS 632، ارایه داد.

همزمان، IEEE نیز در فوریه ۱۹۹۵، نمونه ی آزمایشی استاندارد تجاری1995 1994-1220 IEEE را ارایه داد.

محتویات IEEE 1220-1994 اذعان می‌دارد که این استاندارد باEIA/IS 632 ادغام خواهد شد، تا استاندارد مؤسسه استانداردهای ملی آمریکا (ANSI) در زمینه ی مهندسی سیستم به وجود بیاید، که قرار است به طور مشترک توسط IEEE، EIA و INCOSE منتشر شود.

۲-۲) ISO 15288 و EIA 632

نمونه‌ای از استاندارد جدید EIA 632 که در اوت ۱۹۹۷ ارایه گردید.

از این تاریخ به بعد، نظرات مختلف ارایه شده، درباره‌ی این استاندارد جمع آوری شدند و کمیته ی فنی EIA تابستان ۱۹۹۸ را به عنوان سررسید احتمالی، ارایه‌ی این استاندارد را تعیین کرد.

یکی از برنامه‌های مدنظر برای این بازنگری، بهره‌گیری از EIA 632 به عنوان نمونه‌ی اولیه برای فرآیندهای مهندسی سیستم بود که انتظار می‌رفت، تحت پوشش استاندارد ISO 15288(فرآیندهای چرخه ی عمر سیستم) نیز قرار بگیرد. "جیمز مارتین" در مراجع [۳ و ۴] استاندارد یادشده و چگونگی شکل‌گیری آن را توصیف کرده است.

۲-۳) SECAM

INCOSE از گروه کاری پشتیبانی می‌کرد که از سال ۱۹۹۲ برای ارزیابی توانمندی‌های مهندسی سیستم، آغاز به کارکرده بود. این گروه کاری ارزیابی توانایی، چندین دستاورد مهم ارایه داد که انتشار نمونه‌ی جدید نسخه‌ی (۱/ ۵) از الگوی ارزیابی توانایی مهندسی سیستم با شناسه‌ی SECAM ۱۹۹۶ در ژوییه‌ی ۱۹۹۶ یکی از آن ها بود. در این میان، چند شرکت بزرگ این مدل را برای بهبود کار مهندسی سیستم خود مناسب و کارآمد دانستند و در دستور کار قرار دادند.

۲-٤) SE-CMM

در دسامبر ۱۹۹۳ گروهی از گروه کاری INCOSE SECAM مشتق شد. این گروه شامل هشت سازمان می‌شد، که توافق کردند برای یک بازه‌ی زمانی یک ساله به صورت تمام وقت روی تدوین یک الگوی کامل در حوزه‌ی مهندسی سیستم با شناسه‌ی1995 SE-CMM کارکنند.

این گروه که بعدها EPIC نام گرفت، از مؤسسه‌ی مهندسی نرم افزار(SEI) دانشگاه کارنج ملون برای مدیریت پروژه و پشتیبانی اجرایی، بهره می‌جست.

بنابراین، دستاوردهای EPIC با عنوان اسناد SEI منتشر شدند. در این راستا نسخه‌ی (۱) از سند SE-CMM در دسامبر ۱۹۹۴ منتشر شد و نسخه ی (۱/ ۱) آن نیز در فوریه و ژوئن ۱۹۹۶ ارایه گردید.

۲-۵) SECM(EIA/IS 731)

هیأت مشورتی شرکت INCOSE و مدیریت مهندسی سیستم درOSD توافق کردند که این دو الگوی تدوین شده، توسط آنها با یکدیگر تلفیق شوند. EPIC و INCOSE نیز توافق کردند که بهره‌گیری از یک الگوی تلفیقی را آغاز کنند؛ که سرانجام الگوی

توسعه‌ی توانمندی‌های مهندسی سیستم با شناسه‌ی EIA/IS 731 نام گرفت، چرا که EIA پشتیبان اصلی کار یکپارچه سازی به شمار می‌رفت.

به همین منظور برای یک دوره‌ی یک ساله، جلسات ماهیانه برگزار شد و در پایان نسخه‌ی بازبینی شده SECM در سال ۱۹۹۷ در سمپوزیوم INCOSE منتشر شد. از آنجایی که موارد همپوشانی بسیاری میان مفاد الگوها وجود داشت، کار تلفیق فنی آن دو بسیار آسانتر از جلب حمایت و پشتیبانی تأمین ملزومات بود.

۳) شباهت‌ها و تفاوت‌ها

در ادامه، نخست به بررسی کلیات تشابه‌ها و تفاوت‌های استانداردها و الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم خواهیم پرداخت و سپس شباهت‌ها و تفاوت‌های پنج استاندارد و سه الگوی توانمندساز موردنظر را بررسی خواهیم کرد، جدول (۱).

مولفان مشترک		
۱. جان کوردیک (۱ و ۲)	۲. بلیک اندروز (۷ و ۸)	۳. کن پتاک (۳ الف و ۵)
۴. دون باربر (۷ و ۸)	۵. ریچارد اشمیت (۳ الف/ ب و ۵)	۶. جری لیم (۱، ۲، ۳ الف/ب، ۴و ۵)
۷. کورت ولز (۶ و ۸)	۸. جیم آرمسترانگ (۳ الف/ب و ۵)	۹. ریچ ویدمن (۷ و۸)
شناسه استانداردها و الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم		
1.MIL- STD - 499 B	2. EIA/ IS 63	3. IEEE 1220-1994- الف
4.IEEE 1220 - ب	5. EIA 632	6. ISO 15288
7. SE-CMM	8. SECAM	9. SECM

تاریخچه: شکل (۱) روابط میان استانداردها و الگوهای توانمندساز، مهندسی سیستم را نشان می دهد. استانداردها و الگوهای یاد شده، تحت تاثیر نمونه های پیش از خود شکل گرفته اند.
تکامل: استانداردهای مهندسی سیستم از تبدیل نمونه های نظامی متمرکز بر قراردادها به تجاری، شکل گرفته اند. با این تغییر نقطه تمرکز از مدیریت به فرآیندها، تغییر کرده است. در نتیجه اگرچه ماهیت استاندارد به عنوان روش کار با یک سیستم کلی حفظ شده است، نام آن از "مهندسی سیستم" به "مهندسی مربوط به سیستم ها" تغییر کرده است.

جدول ۱. مشترکات استانداردها و الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم

۳-۱) استاندارد در مقابل الگوی توانمندساز

استانداردها و الگوهای توانمندساز، هر دو به توصیف خوب مهندسی سیستم می‌پردازند. اما نقش های متفاوتی دارند. در کل، استانداردها باید از طریق یک فرآیند تعریف شده‌ی مورد پذیرش صنایع، خطمشی‌های ملی را برآورده سازند (مانند استانداردهای وضع شده توسط ANSI)، اما الگوهای توانمندساز را هر کسی که به منابع موردنیاز دسترسی داشته باشد، می‌تواند ایجاد کند.

۳-۲) چرایی، نه چگونگی

هم استانداردها و هم الگوهای توانمندساز، بیان می‌کنند که چه کاری باید انجام شود، اما تلاش ندارند به چگونگی انجام آن بپردازند.

با وجود این، برخی «چرایی» را با «چگونگی» اشتباه می گیرند. در استانداردها و الگوهای توانمندساز جدید تلاش می‌گردد تا با تمرکز بر فرآیندها و فعالیت‌های مربوط به آنها و یا وظایف و الزامات (چرایی‌ها) و نه بر روش‌ها و ابزارها (چگونگی‌ها)، از بروز این مسئله جلوگیری گردد.

۳-۳) هدف

الگوهای توانمندساز، راه‌کاری برای ارزشیابی توانایی پارادایم مهندسی سیستم در یک پروژه یا یک شرکت ارایه می‌دهند. این الگوها می‌توانند زمینه‌ساز ترسیم رهنگاشتی باشند، که فعالیت‌های مربوط به بهبود فرآیندهای یک سازمان می تواند در چارچوب آن انجام پذیرد.

در آغاز، استانداردهای نظامی آمریکا در اصل از قراردادهایی پشتیبانی می‌کردند، که به دولت در زمینه تحویل محصولات با کیفیت بالا کمک می‌کرد؛ یا آنکه بهره‌گیری از فرآیندهای پیوسته و مداوم توسط پیمانکاران را تضمین می‌نمود. در صورتی که در کل استانداردهای تجاری بر قراردادها تمرکز ندارند. بنابراین بهره‌گیری از استانداردهای مهندسی سیستم تجاری IEEE یا EIA 632)

(1220 توسط شرکت‌ها الزامی نیست، چرا که این استانداردها، به عنوان پایه و مبنایی برای ایجاد رقابت یا سنجش کارآیی وضع می‌شوند. الگوهای توانمندساز نیز از دیدگاه نظری الزامی نیستند.

۳-٤) چرخه ی عمر

استانداردها ممکن است، چرخه عمر مشخصی را تجویز کنند (اگرچه در بیشتر موارد به ارایه نمونه‌هایی بسنده می‌کنند).

اما این امر اصولاً در الگوها دیده نمی‌شود. الگوها در کل برای هر چرخه‌ی عمر وضع می‌شوند.

بررسی‌های INCOSE درباره‌ی چرخه‌های عمر، به دو نتیجه اصلی انجامید:

۱. بسیاری اطمینان دارند که تعریف چرخه‌ی عمر را می‌دانند.

۲. تعریف مردم از چرخه عمر با یکدیگر متفاوت است.

این تعاریف نه تنها در صنایع مختلف، بلکه حتی با توجه به موضع و موقعیت افراد اعم از اینکه مشتری (چرخه‌ی عمر خرید)، پیمانکار (چرخه‌ی عمرتکوین محصول) و یا کاربر (چرخه‌ی عمرتعمیر و نگه داری) باشند، با یکدیگر متفاوت است [۳].

با توجه به این متغیرها، به نظر می‌رسد، که عدم وابستگی الگوها به چرخه‌ی عمر خیلی خوب باشد. اما از سویی، تصور می‌شود که تعریف و تعیین چرخه‌ی عمر توسط استانداردها نیز بسیار خوب و کارگشا خواهد بود.

۳-۵) تعداد المان ها

بیشتر استانداردها کمتر از ده المان اجرایی دارند، اما الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم هجده یا نوزده المان دارند.

(EIA/IS 632 و MIL-STD-499B) چهار گام اصلی را برای فرآیندهای دارای ارتباط درونی ارایه می‌دهند، که شامل:

تحلیل الزامات، تحلیل کارکردی و ترکیب می‌شود که همگی به تحلیل و کنترل سیستم (ایجاد توازن در سیستم) مربوط می‌گردند. گام آخر آن نیز شامل فرآیندهایی چون: مطالعات ایجاد سازش و توازن میان فاکتورهای مختلف، مدیریت واسطهای سیستمی و مخاطرات، مدیریت پیکره‌بندی و داده‌ها می‌شود.

IEEE 1220 تحلیل را که به تمامی گام های فرآیند مربوط می‌شود از کنترل که یکی از گام های فرآیند است، جدا می‌کند.

EAI 632 (شکل ۲) نه یک فرآیند مهندسی سیستم، بلکه سیزده فرآیند در پنج گروه مربوط به هم را مورد بحث قرار می‌دهد:

اکتساب و تأمین(دو فرآیند)، مدیریت فنی(سه فرآیند)، طراحی سیستم(دو فرآیند)، تحقق محصول(دو فرآیند)، پشتیبانی فنی(چهار فرآیند).

این فرآیندها باید توسط یک تکوین‌گر، در هر مرحله از چرخه‌ی عمر سیستم، تا جایی که قابل اجرا باشد، تکمیل شوند.

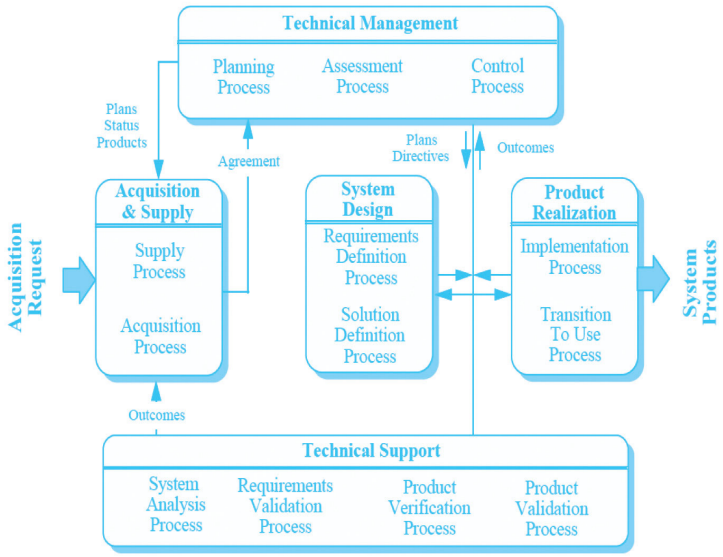
حال آیا EIA/IS 731 یک استاندارد است یا یک الگوی توانمندساز؟

در EIA/IS 731 تفاوت میان استانداردها و الگوها کم‌رنگ می‌شود.

SECM یک الگوی توانمندساز است که به عنوان استاندارد، مدنظر قرار گرفته است.

خوشبختانه این الگو ارتباط تنگاتنگی با استانداردهای موجود، به ویژه EIA 632 دارد.

بنابراین با ارایه ی EIA 632 و EIA/IS 731 برای نخستین بار دو استاندارد به طور هم زمان فعال شدند؛ یکی برای "آنچه باید در سیستم های مهندسی انجام شود" (۶۳۲) و دیگری برای «چگونگی اندازه‌گیری و بهبود توانایی مهندسی سیستم» (۷۳۱).



شکل (۲)– بخشی از سند استاندارد EIA ۶۳۲ که کلیات چگونگی ارتباط فرآیندها را در این استاندارد نشان می‌دهد.

٤) شباهت‌ها و تفاوت‌های استانداردهای مهندسی سیستم

شباهت‌ها و تفاوت‌های استانداردهای مهندسی سیستم به ترتیب در جداول (۱) و (۲) ارایه شده است.

٤-۱) استاندارد مهندسی سیستم چیست؟

برخی مؤلفان EIA 632 و ISO 15288، آنها را به هیچ وجه استانداردهای مهندسی سیستم نمی‌دانند.

بنابراین در آنها حتی یک بار هم از واژه «مهندسی سیستم» استفاده نمی‌کنند.

درباره‌ی EIA 632، گروه ارایه کننده، نتوانست به نظر مشترکی درباره‌ی تعریف مهندسی سیستم برسد تا استانداردی برای آن ایجاد کند.

اما آن‌ها نیاز به یک استاندارد برای خلق سیستم‌ها را حس می‌کردند و درباره‌ی محتوای آن به توافق نیز رسیدند.

بنابراین اگر سازمانی تصمیم بگیرد،که از مفهوم «مهندسی سیستم» برای انجام فرآیندهای EIA 632 استفاده کند، پذیرفتنی است.

درباره ISO 15288 گفتنی است که در کل یک استاندارد مهندسی سیستم به شمار نمی‌رود. دراین باره، با وجود آنکه این استاندارد با دید مهندسی (و نه با دید قراردادی)نوشته شده، اما حوزه‌ی تحت پوشش آن نه تنها از حوزه‌ی مورد نیاز یک سازمان مهندسی سیستم بزرگتر است، بلکه حتی از گستره‌ی معمول یک سازمان مهندسی نیز بزرگتر می‌باشد.

MIL-STD-499 B	EIA/IS 632	IEEE 1220	EIA 632	ISO/IEC 15288
حوزه ی استاندارد				
رویکرد سیستمی برای تکوین سیستم های دفاعی را تعریف می کند. تعیین مشخصات "فعالیت در حال انجام".	رویکرد سیستمی برای تکوین سیستم های دفاعی را تعریف می کند. تعریف "فعالیت در حال انجام"، این استاندارد نمونه غیر نظامی شده استاندارد MIL-STD-499 B به شمار می رود که هیچ گاه به طور رسمی پذیرفته نشد، اما توسط صنایع و نیروی هوایی آمریکا به طور گسترده استفاده شد.	وظایف میان رشته ای مورد نیاز برای تبدیل نیازها، الزامات و قیود/ محدودیت های مشتری به یک پاسخ سیستمی در طول چرخه ی عمر سیستم را تعریف می کند. الزامات فرآیند مهندسی سیستم و کاربرد آن در طول چرخه عمر سیستم را مشخص می کند.	۱۳ فرآیند و ۳۴ الزام را برای مهندسی یک سیستم مشخص می کند.تمرکز اصلی آن تحقق الزامات استاندارد در یک چرخه ی عمر مهندسی تعریف شده، است به گونه ای که بتوان آن را در هر مرحله از چرخه عمربرای مهندسی و یا باز مهندسی دوباره یک سیستم به کار گرفت.	هر دو فرآیند مهندسی و مدیریت سیستم را هدف قرار می دهد. تمرکز اصلی آن بر سیستم است و نه بر اجزا؛ برخلاف استانداردهایی چون ISO/ IEC 12207

چرخه ی عمر سیستم				
نمونه: – پیش مفهوم – کشف و تعریف مفهوم – اثبات و تایید – توسعه مهندسی و ساخت – تولید و استقرار – بهره برداری و پشتیبانی	نمونه: – الزامات بازار – تعریف مفهوم و امکان سنجی – تایید مفهوم – طراحی و تصدیق –تولید و استقرار – بهره برداری و پشتیبانی	چرخه ی عمر نمونه – تعریف سیستم – تعریف زیر سیستم –طراحی مقدماتی –طراحی تفصیلی –تولید، مونتاژ، یکپارچه سازی و آزمایش – تولید –پشتیبانی از مشتری	شرکت–پایه – ارزیابی فرصتها – درخواست و اعطای قرارداد – تکوین مفهومی سیستم –طراحی واستقرار اولیه زیر سیستم – استقرار/ نصب و بهره برداری و پشتیبانی	فرآیندهای چرخه عمر – فرآیند مفهوم سازی – فرآیند تکوین – فرآیند تولید – فرآیند بهره برداری – فرآیند پشتیبانی – فرآیند از رده خارج سازی و اسقاط
راهنمای طرح مدیریت مهندسی سیستم (SEMP)				
دارای زیربخشی در SEMP جز بخش الزامات تفصیلی و الگویی در الحاقیه B، دارای پیوست راهنما به منظور تدوین جدول مرجع برای مهندسی سیستم.	دارای زیربخشی در SEMP جز بخش الزامات تفصیلی و الگویی در الحاقیه B،دارای پیوست راهنما به منظور تدوین جدول مرجع برای مهندسی سیستم.	الحاقیه " اطلاع رسانی" که الگوی طرح مدیریت مهندسی سیستم را ارایه می دهد.	وقتی الزامات ایجاد یک طرح مهندسی را فرا می خواند. خروجی ها یا محتوای مدنظر این طرحدر الحاقیه C ارایه شده است.	فاقد طرح مهندسی ویژه. اما طرح ریزی چرخه عمر سیستم و استفاده از فرآیندهای پایه احتمالاً مورد نیاز خواهد بود.

جدول ۲. تفاوت های استانداردهای مهندسی سیستم

٤-۲) تمرکز

استانداردها از دیدگاه نقطه تمرکز، خود با هم تفاوت دارند و این امر به نوعی نمایانگر تفاوت‌ها در صنایع است.

MIL-STD-499B آشکارا بر خریدهای نظامی و توافق های قراردادی میان پیمانکاران و کاربران تمرکز دارد.

EIA/IS 632 به طور کلی بر سیستم‌ها و محصولات متمرکز است

و IEEE 1220 به شرکت و سازمان نیز توجه دارد.

EIA 632 پیشینه‌ای شرکتی برای به کارگیری فرآیندها در سیستم های مختلف دارد. ISO 15288 نیز همانند نسخه نرم‌افزاری پیشین خود، ISO/IES 12207، از همین راه‌کار بهره جسته؛ به‌گونه‌ای که تمرکز اصلی آن بر فرآیندهای عمومی به کار رفته در محقق ساختن اهداف در هر یک از مراحل چرخه‌ی عمر سیستم، است.

٤-۳) تعاریف

جدول (۳) تفاوت تعاریف سیستم و مهندسی سیستم در استانداردها و الگوهای پیش‌گفته را نشان می‌دهد. این تعاریف نشان می‌دهند که استانداردها مسائل متفاوتی را مدنظر قرار می‌دهند.

٤-٤) سبک نگارش

MIL-STD-499B برای تشریح آنچه که، پیمانکار و مسئول انجام آن است، از واژه «باید» استفاده می‌کند.

بنابراین از آنجایی که EIA/IS 632 از MIL-STD-499B برگرفته شده، انتظار می‌رود که همان سبک و سیاق استاندارد مبنا را حفظ کرده باشد.

با وجود این دو تغییر کلی نسبت به استاندارد مبنای خود دارد:

- جایگزینی بایدها عمدتاً با فعل‌های مضارع ساده
- گنجاندن اصطلاح «طرف انجام دهنده فعالیت» به جای «پیمانکار»

برای نمونه، EIA/IS 632 به جای گفتن عبارت: «پیمانکار باید اقلامی را تکوین کند که بقاءپذیر باشند.»، می‌گوید: «طرف انجام دهنده‌ی فعالیت، الزاماتی را برای کسب اطمینان از بقاءپذیری اقلام تعریف و تعیین می‌کند.»

این راهکار، شمار «باید»ها را در EIA/IS 632 به چهار عدد کاهش داد. با وجود این، یکی از موارد به کارگیری واژه «باید» به ضرورت وجود طرح مدیریت مهندسی سیستم (SEMP) باز می‌گردد و به الحاقیه‌ای استناد می‌کند، که نمای کلی جامعی را از این مفهوم ارایه می‌دهد.

IEEE 1220 نیز از واژه‌ی «طرف انجام دهنده‌ی فعالیت» به جای «پیمانکار» برای بیان طرف انجام دهنده الزامات استاندارد استفاده می‌کند. در این میان EIA 632 از اصطلاح «تکوین‌گر» برای بیان طرف انجام دهنده‌ی فعالیت استفاده می‌کند.

استاندارد یا الگو	تعریف سیستم	تعریف مهندسی سیستم
MIL-STD-499B	ترکیبی یکپارچه از افراد، محصولات، و فرآیندهایی که توانمندی را برای برآوردن یک نیاز یا هدف، فراهم می کنند.	رویکردی میان رشته ای شامل کلیه فعالیت های فنی، به منظور تکوین و تصدیق مجموعه ای از پاسخ های سیستمی یکپارچه و متوازن شده در چرخه ی عمر (شامل افراد، محصولات و فرآیندها) که نیازهای مشتری را برآورده می سازد. حیطه مهندسی سیستم ها به شرح ذیل است: ۱- تلاش های فنی به منظور تکوین، ساخت، تصدیق، استقرار، بهره برداری، پشتیبانی و از رده خارج سازی محصولات و آموزش کاربران برای محصولات و فرآیندهای سیستمی ۲- تعریف و مدیریت پیکره بندی سیستم ۳- انتقال تعریف سیستم به ساختار شکست کار ۴- تدوین اطلاعات برای مدیریت تصمیم سازی
EIA/IS 632	همانند MIL-STD-499B	همانند MIL-STD-499B
IEEE 1220	المان اصلی معماری سیستم، درخت مشخصات یا ساختار ساختار شکست کار که از یک یا چند محصول و فرآیندهای چرخه عمر مربوط به آن و محصولات و خدمات آنها تشکیل می گردد.	رویکردی مشارکتی و میان رشته ای برای استنتاج، تکوین و تصدیق پاسخ سیستمی متوازن شده، در چرخه ی عمر که انتظارات مشتری را برآورده می کند و از مقبولیت عمومی برخوردار است.
EIA 632	مجموعه محصولات نهایی که دستیابی به یک هدف ویژه را تضمین می کنند.	ندارد- این اصطلاح در این استاندارد کاربرد ندارد.
ISO 15288	مجموعه یکپارچه ای متشکل از یک یا چند فرآیند، سخت افزار، نرم افزار، تاسیسات و افراد که توانمندی را برای برآوردن یک نیاز یا هدف، فراهم می سازد (تعریف ISO ۱۲۲۰۷ برای ISO ۱۵۲۸۸ تطبیق داده شده).	ندارد- این اصطلاح در این استاندارد کاربرد ندارد.
SE-CMM	مجموعه یکپارچه ای از افراد، محصولات و فرآیندها که توانمندی را برای برآوردن یک نیاز یا هدف ایجاد می کند (تعریف MIL-STD-499B).	مهندسی سیستم، بهره گیری اختیاری از فعالیت های مهندسی و علمی با اهداف زیر است: - تبدیل یک نیاز عملیاتی به توصیف پیکره بندی سیستمی که به بهترین وجه نیازهای عملیاتی را مطابق معیار سنجش کارآیی، برآورده می سازد. - پارامترهای فنی مربوط را یکپارچه می کند و تطابق پذیری تمامی واسط های سطوح فیزیکی، کارکردی و فنی برنامه را به گونه ای تضمین می نماید که تعریف و طراحی کل سیستم بهینه باشد. - فعالیت های تمامی نظام ها و تخصص های مهندسی را در سطح یک فعالیت مهندسی کلان یکپارچه می کند.
SECM (EIA/IS 731)	مجموعه محصولات نهایی که یک هدف ویژه را دنبال می کنند.	رویکردی میان رشته ای و ابزاری برای تحقق یک سیستم موفق
SECAM	مجموعه ای از اجزای مرتبط با یکدیگر که برای اجرای یک هدف مشترک با هم فعالیت می کنند. ترکیبی بینابینی از اجزای مرتبط با یک فعالیت (INCOSE).	رویکردی میان رشته ای و ابزاری برای تحقق یک سیستم موفق

جدول ۳. تعاریف سیستم و مهندسی سیستم در استانداردها و الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم

۵) تشابه ها و تفاوت های الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم

جدول (۴)، اشتراکات سه الگوی توانمندساز را از نظر ساختار و محتوا، نشان می دهد. در واقع محتوا و حوزه‌ی کارکرد هر سه الگو یکسان است.

تفاوت های اولیه که در جدول (۵) نشان داده شده، در این است که SE-CMM تمامی محتوای حوزه‌ی فرآیندی را برای رسیدن به سطح یک الزامی می‌داند. در حالی که دو الگوی دیگر موارد مورد نیاز برای رسیدن به سطح یک را محدودتر کرده و الزامات بیش تری را برای سطوح بالاتر وضع نموده‌اند. SECAM و SECM همچنین ملاحظات مربوط به اثربخشی فرآیند و ارزش محصول را نیز شامل می‌شوند، در حالی که SE-CMM این قابلیت را ندارد.

مقیاس بلوغ یافته و کامل SECM ویژگی های عمومی که این جنبه‌های غیر فرآیندی را می‌سنجند، معین می‌کند.

سرانجام اینکه، SECM بسیار نزدیک به استانداردهای مهندسی صنایع حرکت می‌کند.

۵-۱) المان‌های الگوها

جدول (۵) نواحی تمرکز SECM(FA) را نشان می‌دهد، که تقریباً برگرفته نظیر به نظیر (۱:۱) از هر دو الگوی مرجع هستند.

حوزه‌های تمرکز (۱- ۱، ۲- ۱، ۳- ۱) از این نظر تغییر داشته‌اند که با تغییر تمرکز موجب شدند تا SECM تمامی ایده‌های مربوط به مسأله (در ۱-۱ و ۲-۱) و تمامی ایده‌های مربوط به راه‌حل خود (در ۳-۱) را حفظ کند، در حالی که هر دو الگوی مرجع این موارد را تا حدی با هم آمیخته‌اند. محتوای دیگر حوزه‌های تمرکز نیز تغییرات اندکی داشتند، اما در کل هر سه مدل محتوای فرآیندی تقریباً مشابهی دارند: البته مدیریت داده‌ها در SE-CMM وجود ندارد.

معماری: هرسه از ساختار ۶ سطحی SPICE استفاده می کنند که شامل:
۱۸ یا ۱۹ حوزه فرآیندی در یک محور می شود که با سطوح ۱ تا ۵ توانمندی در محور دیگر اندازه گیری می گردد.
چرایی در برابر چگونگی: هر سه الگو چگونگی را توضیح نمی دهند و تنها به توصیف ویژگی های فرآیندهای خوب بسنده می کنند.
نقش: هر سه الگو به تشریح "چه کسی" نمی پردازند.
دسته بندی های کلی: هر سه الگو دارای دسته بندی های جداگانه برای المان های فنی، مدیریتی و سازمانی هستند.
ملاحظات چرخه ی عمر: هیچ یک به لجستیک و بهره برداری درست نمی پردازند. هر سه الگو به بیش از ۲۱ نقش مهندسی سیستم اشاره دارند [۱۰] .

جدول ۴. مشترکات الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم

ویژگی	SE-SMM	SECM (EIA/IS 731)	SECAM
تمرکز	تنها فرآیند	فرآیند، اثربخشی فرآیند و ارزش محصول	فرآیند به همراه اثربخشی فرآیند ارزش محصول
کوچک ترین المان ها	روش ها	روش ها	پرسش ها
سطح المان ها	تمامی فرآیندها در سطح ۱	روش های پایه در سطح ۱ روش های پیشرفته در سطوح ۲ تا ۵	پرسش های همه سطوح
سطوح صحیح	بله	عدم وضوح در پیش نویس طرح	ندارد
روش های پایه	روش های پایه مرتبط با حوزه های فرآیندی	روش های عمومی مورد استفاده در تمامی سطوح مرکز	پرسش های عمومی مربوط به هر یک از حوزه های تمرکز کلیدی
وابستگی به استانداردها	تحت نفوذ	تحت تاثیر و در مجاورت	تحت تاثیر

جدول ۵. تفاوت های الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم

٦) جمع‌بندی

اگرچه محدوده‌ی الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم هم‌اکنون تا حدی پیچیده به نظر می‌رسد، اما با توجه به فعالیت‌های صورت گرفته، دو الگو در الگوی سوم ادغام شده‌اند، که احتمالاً جایگزین بقیه خواهد شد و تشابه کافی نیز با هر دو دارد که کار انتقال را بسیار آسان می‌کند.

در این مقاله تلاش بر این بود که شباهت‌ها و تفاوت‌های میان استانداردها و الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم، تشریح گردد.

این مقایسه باید به افراد و سازمان‌هایی که از پارادایم مهندسی سیستم در فرآیندهای کاری خود بهره می‌جویند، کمک کند تا دریابند چه استانداردها و الگوهایی هم‌اکنون وجود دارد و کدام یک در آینده شرایط بهره برداری بهتری را برای آنها فراهم می‌سازد.

٧) مراجع

1. EIA/IS 632, Interim Standard: Systems Engineering,
Electronic Industries Alliance, December 1994.
2. IEEE 1220-1994, IEEE Trial-Use Standard for
Application and Management of the Systems Engineering
Process, IEEE Computer Society, Institute
of Electrical and Electronics Engineers, February 28,
1995.
3. Lake, Jerome G., Thoughts about Life Cycle Phases:
How a System is Developed Incrementally, Proceedings
of INCOSE, 1997.
4. Martin, James N., Evolution of EIA 632 from an
Interim Standard to a Full Standard, Proceedings of
INCOSE, 1998.
5. Martin, James N., “Overview of EIA 632: Processes
for Engineering a System, Proceedings of INCOSE,
1998.
6. MIL-STD-499B, Draft Military Standard: Systems
Engineering, HQ/AFSC/ EN, Department of
Defense, For Coordination Review Draft, 1992.
7. Quagmire: Web site at www.software.org/quagmire.
8. SECAM: Systems Engineering Capability Assessment
Model (version 1.50), INCOSE, June 1996.
9. Bate, Roger, Et. Al., Se-Cmm: Systems Engineering
Capability Maturity Model (Version 1.1), Software
Engineering Institute, Carnegie Mellon University,
November 1995.
10. Sheard, Sarah A., Twelve Systems Engineering
Roles, Proceedings Of Incose, 1996.
11. Sheard, Sarah A., Navigating The Co
mpliance Frameworks Quagmire,

Cmm: Capability Maturity Model For Software, Version 1.1, Software Engineering Institute, February 1993

Tutorial, Incose 1997A.

12. Sheard, Sarah A., The Frameworks Quagmire: A Brief Look, Proceedings Of Incose, 1997B.

13. Paulk, Mark C., Et. Al., Sw-

SECAM (KFAs)		SECM (EIA/IS 731)(FAs)		SE-CMM (PAs)	
حوزه های مهندسی، فنی یا مهندسی سیستم					
تعریف مفهوم سیستم	۱,۳	تعریف الزامات سطح سیستمی	۱,۱	درک نیازها و انتظارات مشتریان	PA 06
الزامات و تحلیل کارکردی	۲,۳	تعریف الزامات فنی	۲,۱	الزامات استنتاج شده و تخصیص یافته	PA 02
تعریف سیستم	۳,۳	تعریف پاسخ	۳,۱	استنتاج معماری سیستم	PA 03
تحلیل یکپارچه سازی مهندسی	۴,۳	ارزیابی و انتخاب	۴,۱	تحلیل پاسخ های بالقوه	PA 01
یکپارچه سازی سیستم	۵,۳	یکپارچه سازی سیستم	۵,۱	یکپارچه سازی سیستم	PA 05
تصدیق سیستم	۶,۳	تصدیق سیستم	۶,۱	تصدیق و تایید سیستم	PA 07
تایید سیستم (بند ۱,۴ را ببینید)	۷,۳	تایید سیستم (بند ۳,۲ را ببینید)	۷,۱	یکپارچه سازی نظام ها	PA 04
حوزه های پروژه یا مدیریتی					
طرح ریزی	۱,۱	طرح ریزی و سازماندهی	۱,۲	طرح ریزی فعالیت های فنی	PA 12
ردگیری و پیش بینی	۲,۱	پایش و کنترل	۲,۲	پایش و کنترل فعالیت های فنی	PA 11
هماهنگ سازی درون گروهی	۳,۱	یکپارچه سازی نظام ها	۳,۲	بالا	PA 04
مدیریت قراردادهای فرعی	۴,۱	هماهنگ سازی با تامین کنندگان	۴,۲	پایین	PA 18
مدیریت مخاطرات	۵,۱	مدیریت مخاطرات	۵,۲	مدیریت مخاطرات	PA 10
مدیریت داده ها	۶,۱	مدیریت داده ها	۶,۲	ندارد	
مدیریت پیکره بندی	۷,۱	مدیریت پیکره بندی	۷,۲	مدیریت پیکره بندی	PA 09
تضمین کیفیت	۸,۱	تضمین کیفیت	۸,۲	تضمین کیفیت	PA 08
حوزه های سازمانی یا محیطی					
مدیریت و بهبود فرآیند	۲,۱	تعریف و بهبود فرآیند مهندسی سیستم	۳,۱	تعریف فرآیند مهندسی سیستم سازمان	PA 13
				بهبود فرآیند مهندسی سیستم سازمان	PA 14
توسعه شایستگی	۲,۲	مدیریت شایستگی	۳,۲	اکتساب پیوسته دانش ومهارت	PA 17
مدیریت فناوری	۲,۳	مدیریت فناوری	۳,۳	مدیریت تکمیل خط محصول	PA 15
مدیریت محیط و ابزار	۲,۴	مدیریت محیط پشتیبانی مهندسی سیستم	۳,۴	مدیریت محیط پشتیبانی مهندسی سیستم	PA 16
بند ۴,۲ را ببینید.		بند ۴,۲ را ببینید.		هماهنگ سازی با تامین کنندگان	PA 18

جدول ۶ مقایسه فرآیندها و حوزه های تمرکز اصلی در سه الگوی توانمندساز مهندسی سیستم