

مقایسه‌ی استانداردها و الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم

مهدی بهارلو

رحیم معصومی

غلامرضا نورمحمدنصرآبادی

چکیده

تاریخ دریافت: تابستان ۹۰
تاریخ پذیرش: پاییز ۹۰

در چند سال گذشته پنج استاندارد و سه الگوی توانمندساز در مهندسی سیستم منتشر شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. بنابراین ممکن است برگزینی یک استاندارد یا الگوی پایه، دشوار به نظر برسد. در این مقاله به بررسی شباهت‌ها و تفاوت‌های این استانداردها و الگوها می‌پردازیم. استانداردها و الگوهای برگزیده شده، برای این منظور شامل: انواع نظامی، تجاری و بین‌المللی می‌شود.

واژه‌های کلیدی:

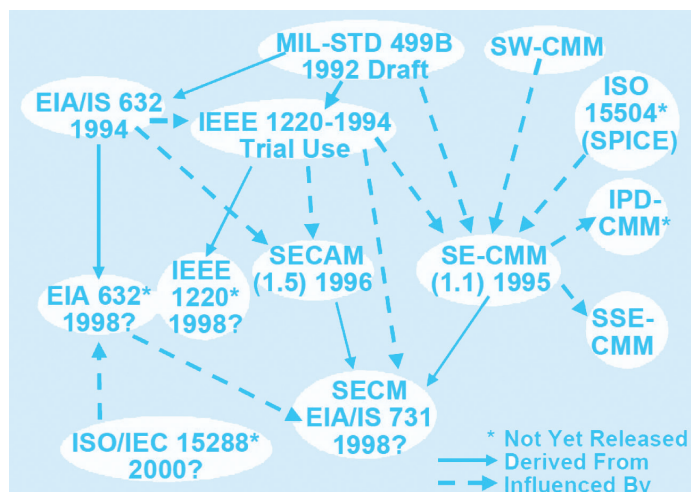
مهندسی سیستم، استاندارد، الگوی توانمندساز، رویکرد سیستمی

(۱) - مقدمه

در چند سال گذشته پنج استاندارد و سه الگوی توانمندساز در حوزه‌ی مهندسی سیستم منتشر شده و مورد بهره‌برداری 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 پرسش‌ها پاسخ دهند که هر یک کجا باید استفاده شود، تفاوت آن‌ها با دیگر استانداردها و الگوها در چیست و چرا اصلاً باید از آن‌ها استفاده کرد.

(۲) - تاریخچه

شکل (۱) به روشنی، وضعیت پیچیده‌ی استانداردها و الگوهای رایج و مطرح در مهندسی سیستم را نشان می‌دهد. استانداردها و الگوهای یادشده، 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 می‌گردد.



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





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

MIL-STD-499B در مه ۱۹۹۲ منتشر شد. این نمونه در واقع، ارتقاء یافته و نگارش دوباره‌ی استاندارد "مدیریت مهندسی" با شناسه‌ی 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 اتحادیه‌ی صنعت هواپیمایی، وزارت دفاع، اتحادیه‌ی صنایع امنیتی ملی، EIA، مؤسسه‌ی مهندسان الکترونیک و الکترونیک (IEEE) و INCOSE، نمونه تجاری استاندارد MIL-STD-499B را با نام EIA/IS 632، ارائه داد. همزمان، IEEE نیز در فوریه ۱۹۹۵، نمونه‌ی آزمایشی استاندارد تجاری IEEE 1220-1994 1995 را ارائه داد.

محتویات IEEE 1220-1994 اذعان می‌دارد که این استاندارد با EIA/IS 632 ادغام خواهد شد، تا استاندارد مؤسسه استانداردهای ملی آمریکا (ANSI) در زمینه‌ی مهندسی سیستم به وجود بیاید، که قرار است به‌طور 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 ارائه گردید. از این تاریخ به بعد، نظرات مختلف ارائه شده، درباره‌ی این استاندارد جمع‌آوری شدند و کمیته‌ی فنی EIA تابستان ۱۹۹۸ را به‌عنوان سررسید احتمالی، ارائه‌ی این استاندارد را تعیین کرد. یکی از برنامه‌های مدنظر برای این بازنگری، بهره‌گیری از EIA 632 به‌عنوان نمونه‌ی اولیه برای فرآیندهای مهندسی سیستم بود که انتظار می‌رفت، تحت پوشش استاندارد ISO 15288 (فرآیندهای چرخه‌ی 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 کار کرده بود. این گروه کاری ارزیابی توانایی، چندین دستاورد مهم ارائه داد که انتشار نمونه‌ی جدید نسخه‌ی (۵/۱) از الگوی ارزیابی توانایی مهندسی سیستم با شناسه‌ی SECAM 1996 در ژوئیه‌ی ۱۹۹۶ یکی از آن‌ها 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.

۲-۴) 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 به‌صورت تمام وقت روی تدوین یک الگوی کامل در حوزه‌ی مهندسی سیستم با شناسه‌ی SE-CMM 1995 کار کنند.

این گروه که بعدها EPIC نام گرفت، از مؤسسه‌ی مهندسی نرم افزار (SEI) دانشگاه کارنچ 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 نسخه‌ی (۱/۱) آن نیز در فوریه و ژوئن ۱۹۹۶ ارائه گردید.

۲-۵) SECM(EIA/IS 731)

هیأت مشورتی شرکت INCOSE و مدیریت مهندسی سیستم در OSD توافق کردند که این دو الگوی تدوین‌شده، 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 یکپارچه‌سازی به شمار می‌رفت.

به همین منظور برای یک دوره‌ی یک ساله، جلسات ماهیانه برگزار شد و در پایان نسخه‌ی بازبینی‌شده 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).

۳-۳ هدف

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

جدول (۱) - مشترکات استانداردها و الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم

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- ریچاردشمیت (۳ الف/ب و ۵)	۶- جری لیک (۱، ۲، ۳ الف/ب، ۴ و ۵)
۷- کورت ولز (۶ و ۸)	۸- جیم آرمستراگ (۳ الف/ب و ۵)	۹- ریچ ویلمن (۷ و ۸)
شناسه استانداردها و الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم		
۱- MIL-STD-۴۹۹B	۲- EIA/IS ۶۳	۳- الف- ۱۹۹۴-۱۲۲۰ IEEE
۳- ب- IEEE ۱۲۲۰	۴- EIA ۶۳۲	۵- ISO ۱۵۲۸۸
۶- SE-CMM	۷- SECAM	۸- SECM
تاریخچه: شکل (۱) روابط میان استانداردها و الگوهای توانمندساز، مهندسی سیستم را نشان می‌دهد. استانداردها و الگوهای یادشده، تحت تأثیر نمونه‌های پیش از خود شکل گرفته‌اند.		
تکامل: استانداردهای مهندسی سیستم از تبدیل نمونه‌های نظامی متمرکز بر قراردادهای تجاری، شکل گرفته‌اند. با این تغییر نقطه متمرکز از مدیریت به فرآیندها، تغییر کرده است. در نتیجه اگرچه ماهیت استاندارد به‌عنوان روش کار با یک سیستم کلی حفظ شده است، نام آن از «مهندسی سیستم» به «مهندسی مربوط به سیستمها» تغییر کرده است.		

۳-۱ استاندارد در مقابل الگوی توانمندساز

استانداردها و الگوهای توانمندساز، هر دو به توصیف خوب مهندسی سیستم می‌پردازند. اما نقش‌های 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 می‌گیرند.

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.

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 قراردادهای متمرکز ندارند. بنابراین بهره‌گیری از استانداردهای مهندسی سیستم تجاری (EIA 632 یا IEEE 1220) توسط شرکت‌ها الزامی نیست، چرا که این استانداردها، به‌عنوان پایه و مبنایی برای ایجاد رقابت یا سنجش کارایی وضع می‌شوند. الگوهای توانمندساز نیز از دیدگاه نظری الزامی نیستند.

۳-۴ چرخه‌ی عمر

استانداردها ممکن است، چرخه عمر مشخصی را تجویز کنند (اگرچه در بیشتر موارد به ارائه 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 عمر تکوین محصول) و یا کاربر (چرخه‌ی عمر تعمیر و نگه‌داری) 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.

۵-۳) تعداد المان‌ها

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 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.

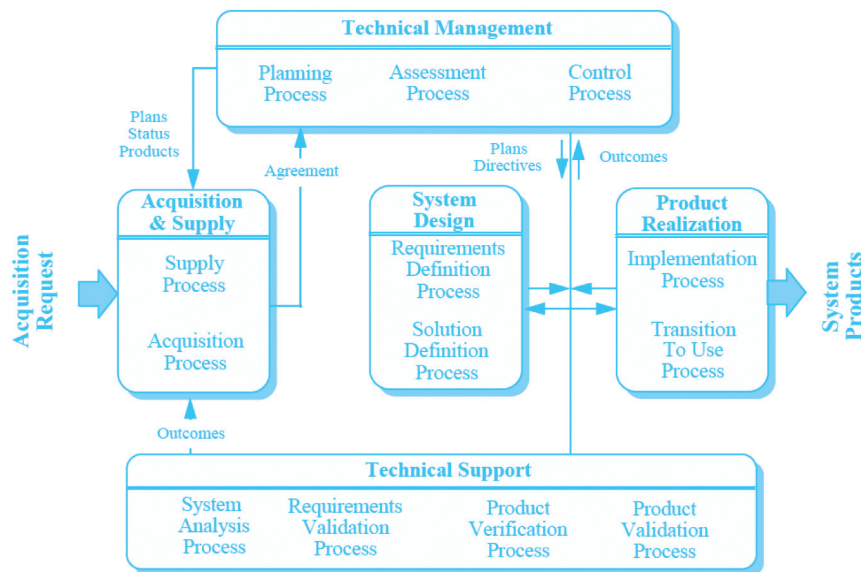
IEEE 1220 تحلیل را که به تمامی گام‌های فرآیند مربوط می‌شود از کنترل که یکی از گام‌های فرآیند است، جدا می‌کند.

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 اجر 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 به‌عنوان استاندارد، مدنظر قرار گرفته است.

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

بنابراین با ارایه‌ی EIA 632 و EIA/IS 731 برای نخستین بار دو استاندارد به‌طور هم‌زمان فعال شدند؛ یکی برای "آنچه باید در سیستم‌های مهندسی انجام شود" (۶۳۲) و دیگری برای «چگونگی اندازه‌گیری و بهبود توانایی مهندسی سیستم» (۷۳۱).



شکل (۲) - بخشی از سند استاندارد EIA 632 که کلیات چگونگی

ارتباط فرآیندها را در این استاندارد نشان می‌دهد.



۴- شباهت ها و تفاوت های استانداردهای مهندسی

سیستم

شباهت ها و تفاوت های استانداردهای مهندسی سیستم به ترتیب در جداول (۱) و (۲) ارایه شده است.

جدول (۲) - تفاوت های استانداردهای مهندسی سیستم

ISO/IEC ۹۰۰۱A	EIA ۶۳۲	IEEE ۱۷۲۰	EIA/IS ۶۳۲	MIL-STD-499B
حوزه ی استاندارد				
هر دو فرایند مهندسی و مدیریت سیستم را هدف قرار می دهد. تمرکز اصلی آن بر سیستم است و نه اجزاء. بر خلاف استانداردهای چگونگی ISO/IEC ۹۰۰۱A	۱۳ فرآیند و ۲۴ الزام را برای مهندسی یک سیستم مشخص می کند. تمرکز اصلی آن تحقق الزامات استاندارد در یک پروژه ی عمر مهندسی است به گونه ای که بتوان آن را در هر مرحله از پروژه عمر برای مهندسی و با مهندسی دوباره یک سیستم به کار گرفت.	روابط میان رفتاری مورد نیاز برای تبدیل الزامات و فواید محدودیتهای مشتری به یک پاسخ سیستمی در طول پروژه ی عمر سیستم را تعریف می کند. الزامات فرایند مهندسی سیستم و کاربرد آن در طول پروژه عمر سیستم را مشخص می کند.	رویکرد سیستمی برای تکوین سیستمهای نظامی را تعریف می کند. تعریف "اعلیت در حال انجام" این استاندارد نمونه غیرنظامی شده استاندارد MIL-STD-499B است. شمار می رود که هیچ گاه به طور رسمی پذیرفته نشد، اما توسط صنایع و نیروی هوایی آمریکا به طور گسترده استفاده شد.	رویکرد سیستمی برای تکوین سیستمهای نظامی را تعریف می کند. تعریف "اعلیت در حال انجام" این استاندارد نمونه غیرنظامی شده استاندارد MIL-STD-499B است. شمار می رود که هیچ گاه به طور رسمی پذیرفته نشد، اما توسط صنایع و نیروی هوایی آمریکا به طور گسترده استفاده شد.
چرخه ی عمر سیستم				
فرایندهای چرخه عمر فرایند مفهوم سازی فرایند تکوین فرایند تولید فرایند بهره برداری فرایند پشتیبانی فرایند از رده خارج سازی و اسقاط	شرکت پایه - ارزیابی فرصتها - درخواست و انطباق قرارداد - تکوین مفهومی سیستم - طراحی و استقرار اولیه سیستم - استقرار مجدد و پشتیبانی	چرخه ی عمر نمونه تعریف سیستم طراحی مقدماتی طراحی تفصیلی تولید، مونتاژ، یکپارچه سازی و آزمایش تولید پشتیبانی از مشتری	نمونه: الزامات بازار - تعریف مفهوم و امکان سنجی - تأیید مفهوم طراحی و تصدیق تولید و استقرار بهره برداری و پشتیبانی	نمونه: پیش مفهوم - تکف و تعریف مفهوم - اثبات و تأیید تولید و استقرار بهره برداری و پشتیبانی
راههای طرح مدیریت مهندسی سیستم (SEMP)				
فایده طرح مهندسی ویژه، اما طرح بزوی چرخه عمر سیستم و استفاده از فرایندهای پایه احصالا مورد نیاز خواهد بود.	وقتی الزامات تجدید یک طرح مهندسی را قضا می کنند، خروجیها بنا محوای منظر این طرح در الحاقیه C رایه شده است.	الحاقیه "اسطوره سازی" که الگوی طرح مدیریت مهندسی استوارانه می دهد.	SEMP دارای زیربخشی در بخش الزامات تفصیلی و الگویی در الحاقیه B دارای پوست راهما به منظور تدوین جدول مرجع برای مهندسی سیستم.	درای زیربخشی در SEMB جز بخش الزامات تفصیلی و الگویی در الحاقیه B دارای پوست راهما به منظور تدوین جدول مرجع برای مهندسی سیستم.

۴-۲) 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 توافقهای 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 پیشنهادی شرکتی برای به کارگیری فرآیندها در سیستمهای مختلف دارد. ISO 15288 نیز همانند نسخه نرم افزاری پیشین خود،

ISO/IES 12207، از همین راه کار بهره جسته؛ به گونه ای که تمرکز اصلی آن بر فرایندهای عمومی به کار رفته در محقق ساختن اهداف در هر یک از مراحل چرخه ی عمر سیستم، است.

۴-۳) تعاریف

جدول (۳) تفاوت تعاریف سیستم و مهندسی سیستم در استانداردها

و الگوهای پیش گفته را نشان می دهد. این تعاریف نشان می دهند که استانداردها مسائل متفاوتی را مدنظر قرار می دهند.

۴-۱) استاندارد مهندسی سیستم چیست؟

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

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

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

اما آن ها نیاز به یک استاندارد برای خلق سیستمها را حس می کردند و درباره ی محتوای آن به توافق نیز رسیدند.

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

درباره ISO 15288 گفتنی است که در کل یک استاندارد مهندسی سیستم به شمار نمی رود. در این باره، با وجود آنکه این استاندارد

با دید مهندسی (و نه با دید قراردادی) نوشته شده، اما حوزه ی تحت پوشش آن نه تنها از حوزه ی مورد نیاز یک سازمان مهندسی

سیستم بزرگتر است، بلکه حتی از گستره ی معمول یک سازمان مهندسی نیز بزرگتر می باشد.

۴-۴) سبک نگارش

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

بنابراین از آنجایی که EIA/IS 632 از MIL-STD-499B برگرفته شده، انتظار می رود 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 اقدامی را تکوین کند که بقاء پذیر باشند»، می گوید: «طرف انجام دهنده ی فعالیت، الزاماتی را برای کسب اطمینان از بقاء پذیری اقدام تعریف و تعیین می کند».

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 می گردد و به الحاقیه ای استناد می کند، که نمای کلی جامعی را از این مفهوم ارایه می دهد.



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.

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.

جدول (۳) - تعاریف سیستم و مهندسی سیستم در استانداردها و الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم

تعاریف سیستم	تعریف سیستم	استاندارد یا الگو
رویکردی میان رشته‌ای شامل کلیه فعالیت های فنی، به منظور تکوین و تصدیق مجموعه‌ای از پاسخ های سیستمی یکپارچه و متوازن شده در چرخه ی عمر (شامل افراد، محصولات و فرایندها) که نیازهای مشتری را برآورده می‌سازد. حیطه مهندسی سیستم ها به شرح ذیل است: ۱- تلاشهای فنی به منظور تکوین، ساخت، تصدیق، استقرار، بهره‌برداری، پشتیبانی و از رده خارج‌سازی محصولات و آموزش کاربران برای محصولات و فرایندهای سیستمی ۲- تعریف و مدیریت پیکره‌بندی سیستم ۳- انتقال تعریف سیستم به ساختار شکست کار ۴- تدوین اطلاعات برای مدیریت تصمیم‌سازی	ترکیبی یکپارچه از افراد، محصولات، و فرایندهایی که توانمندی را برای برآوردن یک نیاز یا هدف، فراهم می‌کنند.	MIL-STD-499B
همانند MIL-STD-499B	همانند MIL-STD-499B	EIA/IS 632
رویکردی مشارکتی و میان رشته‌ای برای استنتاج، تکوین و تصدیق پاسخ سیستمی متوازن شده، در چرخه ی عمر که انتظارات مشتری را برآورده می‌کند و از مقبولیت عمومی برخوردار است.	المان اصلی معماری سیستم، درخت مشخصات یا ساختار ساختار شکست کار که از یک یا چند محصول و فرایندهای چرخه عمر مربوط به آن و محصولات و خدمات آنها تشکیل می‌گردد.	IEEE 1220
ندارد- این اصطلاح در این استاندارد کاربرد ندارد.	مجموعه محصولات نهایی که دستیابی به یک هدف ویژه را تضمین می‌کنند.	EIA 632
ندارد- این اصطلاح در این استاندارد کاربرد ندارد.	مجموعه یکپارچه‌ای متشکل از یک یا چند فرآیند، سخت‌افزار، نرم‌افزار، تاسیسات و افراد که توانمندی را برای برآوردن یک نیاز یا هدف، فراهم می‌سازد (تعریف ISO 12207 برای ISO 15288 تطبیق داده شده).	ISO 15288
مهندسی سیستم، بهره‌گیری اختیاری از فعالیتهای مهندسی و علمی با اهداف زیر است: - تبدیل یک نیاز عملیاتی به توصیف پیکره‌بندی سیستمی که به بهترین وجه نیازهای عملیاتی را مطابق معیار سنجش کارایی، برآورده می‌سازد. - پارامترهای فنی مربوط را یکپارچه می‌کند و تطابق‌پذیری تمامی واسط های سطوح فیزیکی، کارکردی و فنی برنامه را به گونه‌ای تضمین می‌نماید 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 می‌کند.	مجموعه یکپارچه‌ای از افراد، محصولات و فرایندها که توانمندی را برای برآوردن یک نیاز یا هدف ایجاد می‌کند (تعریف MIL-STD-499B).	SE-CMM
رویکردی میان رشته‌ای و ابزاری برای تحقق یک سیستم موفق	مجموعه محصولات نهایی که یک هدف ویژه را دنبال می‌کنند.	SECM (EIA/IS731)
رویکردی میان رشته‌ای و ابزاری برای تحقق یک سیستم موفق	مجموعه ای از اجزای مرتبط با یکدیگر که برای اجرای یک هدف مشترک با هم فعالیت می‌کنند. ترکیبی بینایی از اجزای مرتبط با یک فعالیت (INCOSE).	SECAM

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) - تشابه‌ها و تفاوت‌های الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم

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





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، ۱-۲، ۱-۳) از این نظر تغییر داشته‌اند که با تغییر تمرکز موجب شدند تا SECM تمامی ایده‌های مربوط به مسأله (در ۱-۱ و ۱-۲) و تمامی ایده‌های مربوط به راه‌حل خود (در

۱-۳) 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.

جدول (۴) - مشترکات الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم

معماری: هر سه از ساختار ۶ سطحی SPICE استفاده می‌کنند که شامل: ۱۸ یا ۱۹ حوزه فرآیندی در یک محور می‌شود که با سطوح ۱ تا ۵ توانمندی در محور دیگر اندازه‌گیری می‌گردد.

چرایی در برابر چگونگی: هر سه الگو چگونگی را توضیح نمی‌دهند و تنها به توصیف ویژگی‌های فرآیندهای خوب بسنده می‌کنند.

نقش: هر سه الگو به تشریح "چه کسی" نمی‌پردازند.

دسته‌بندی‌های کلی: هر سه الگو دارای دسته‌بندی‌های جداگانه برای المان‌های فنی، مدیریتی و سازمانی هستند.

ملاحظات چرخه‌ی عمر: هیچ‌یک به لجستیک و بهره‌برداری درست نمی‌پردازند. هر سه الگو به بیش از ۱۲ نقش مهندسی سیستم اشاره دارند [۱۰].

جدول (۵) - تفاوت‌های الگوهای توانمندساز مهندسی سیستم

ویژگی	SE-SMM	SECM (EIA/IS ۷۳۱)	SECAM
تمرکز	تنها فرآیند	فرآیند، اثربخشی فرآیند و ارزش محصول	فرآیند به همراه اثربخشی فرآیند ارزش محصول
کوچکترین المان‌ها	روش‌ها	روش‌ها	پرسش‌ها
سطح المان‌ها	تمامی فرآیندها در سطح ۱	روش‌های پایه در سطح ۱ روش‌های پیشرفته در سطوح ۲ تا ۵	پرسش‌های همه سطوح
سطوح صحیح	بله	عدم وضوح در پیش‌نویس طرح	ندارد
روش‌های پایه	روش‌های پایه مرتبط با حوزه‌های فرآیندی	روش‌های عمومی مورد استفاده در تمامی سطوح تمرکز.	پرسش‌های عمومی مربوط به هر یک از حوزه‌های تمرکز کلیدی
وابستگی به استانداردها	تحت نفوذ	تحت تأثیر و در مجاورت	تحت تأثیر



۶- 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 الگوهای هم‌اکنون وجود دارد و کدام یک در آینده شرایط بهره‌برداری بهتری را برای آنها فراهم می‌سازد.

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 Compliance Frameworks Quagmire, Tutorial, Incose 1997A.

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

[13] Paulk, Mark C., Et. Al., Sw-Cmm: Capability Maturity Model For Software, Version 1.1, Software Engineering Institute, February 1993.

جدول (۶) - مقایسه فرایندها و حوزه‌های تمرکز اصلی در سه الگوی توانمندساز مهندسی سیستم

SECAM (KFAs)	SECM (EIA/IS ۷۳۱) (FAs)	SE-CMM (PAs)
حوزه‌های مهندسی، فنی یا مهندسی سیستم		
تعریف مفهوم سیستم ۱.۳	تعریف الزامات سطح سیستمی ۱.۱	درک نیازها و انتظارات مشتریان PA۰۶
الزامات و تحلیل کارکردی ۲.۳	تعریف الزامات فنی ۲.۱	الزامات استخراج شده و تخصیص یافته PA۰۲
تعریف سیستم ۳.۳	تعریف پاسخ ۳.۱	استنتاج معماری سیستم PA۰۳
تحلیل یکپارچه‌سازی مهندسی ۴.۳	ارزیابی و انتخاب ۴.۱	تحلیل پاسخ های بالقوه PA۰۱
یکپارچه‌سازی سیستم ۵.۳	یکپارچه سازی سیستم ۵.۱	یکپارچه‌سازی سیستم PA۰۵
تصدیق سیستم ۶.۳	تصدیق سیستم ۶.۱	تصدیق و تأیید سیستم PA۰۷
تأیید سیستم (بند ۱.۴ را ببینید) ۷.۳	تأیید سیستم (بند ۳.۲ را ببینید) ۷.۱	یکپارچه‌سازی نظام ها PA۰۴
حوزه‌های پروژه یا مدیریتی		
طرح‌ریزی ۱.۱	طرح ریزی و سازماندهی ۱.۲	طرح‌ریزی فعالیت های فنی PA۱۲
ردگیری و پیش‌بینی ۲.۱	پایش و کنترل ۲.۲	پایش و کنترل قابلیت های فنی PA۱۱
هماهنگسازی درون گروهی ۳.۱	یکپارچه‌سازی نظام ها ۳.۲	پایا PA۰۴
مدیریت قراردادهای فرعی ۴.۱	هماهنگسازی با تأمین کنندگان ۴.۲	پایین PA۱۸
مدیریت مخاطرات ۵.۱	مدیریت مخاطرات ۵.۲	مدیریت مخاطرات PA۱۰
مدیریت داده‌ها ۶.۱	مدیریت داده‌ها ۶.۲	ندارد
مدیریت پیگیره‌بندی ۷.۱	مدیریت پیگیره‌بندی ۷.۲	مدیریت پیگیره‌بندی PA۰۹
مدیریت کیفیت ۸.۱	تضمین کیفیت ۸.۲	تضمین کیفیت PA۰۸
حوزه‌های سازمانی یا محیطی		
مدیریت و بهبود فرایند ۲.۱	تعریف و بهبود فرایند مهندسی سیستم ۳.۱	تعریف فرایند مهندسی سیستم سازمان PA۱۳
		بهبود فرایند مهندسی سیستم سازمان PA۱۴
توسعه شایستگی ۲.۲	مدیریت شایستگی ۲.۲	کتابت پوسته دانش و مهارت PA۱۷
مدیریت فناوری ۲.۳	مدیریت فناوری ۲.۳	مدیریت تکمیل خط محصول PA۱۵
مدیریت محیط و ابزار ۲.۴	مدیریت محیط پشتیبانی مهندسی سیستم ۲.۴	مدیریت محیط پشتیبانی مهندسی سیستم PA۱۶
بند ۲.۲ را ببینید.	بند ۲.۲ را ببینید.	هماهنگسازی با تأمین کنندگان PA۱۸

