مجله علمی- پژوهشی "پدافند الکترونیکی و سایبری"
سال ششم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص ۱۰۶-۹۵

بهسازی فرآیند طراحی سامانه تصویربرداری پرتو گاما به کمک ماتریس ساختار طراحی

سید محمد هاشمی‌نژاد[۱]، حامد کاظمی[۲]، ابراهیم تیموری[۳*]

۱- کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی تهران واحد مرکزی ۲- کارشناس ارشد، ۳- دانشیار، دانشگاه علم و صنعت ایران

(دریافت: ۹۶/۰۸/۰۷، پذیرش: ۹۷/۰۱/۱۴)

چکیده

این نوشتار به بهسازی فرآیند طراحی و تحلیل تعاملات در سامانه تصویربرداری پرتو گاما می‌پردازد. سیستم‌های تصویربرداری پرتو گاما دارای کاربردهای وسیعی در حوزه‌های نظامی و امنیتی بوده و برحسب نوع کاربرد، پارامترهای مختلفی در طراحی آن مدنظر قرار می‌گیرد. پیچیدگی فرآیند طراحی محصول یادشده و تنوع پارامترهای طراحی، بر ضرورت توسعه یک نقشه جامع برای طراحی محصول که نمایانگر نوع ارتباط و تعاملات زیرسیستم‌ها می‌باشد، صحّه می‌گذارد. در این رهگذر از ابزار ماتریس ساختار طراحی استفاده می‌شود. ماتریس ساختار طراحی ابزاری برای تحلیل و سازماندهی سیستم‌های پیچیده می‌باشد و از طریق به نمایش‌گذاشتن ارتباطات و تعاملات زیرسیستم‌ها به این مهم نایل می‌شود. در این پژوهش، ماتریس ساختار طراحی شامل ۴۹ پارامتر برای محصول یادشده توسعه داده شده است و سپس این ماتریس به کمک ابزارهای مربوطه خوشه‌بندی شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. درنهایت، این ۴۹ پارامتر اولویت‌بندی شده و به ۵ سطح یا سیکل طراحی تقسیم می‌شوند. طراح سیستم با درنظر داشتن این ماتریس می‌تواند اثر هر پارامتر طراحی را بر سایر پارامترها درنظر بگیرد و فرآیند طراحی بهینه را مطابق این ماتریس بهسازی‌شده دنبال کند. بنابراین، با استفاده از این روش، فرآیند طراحی سیستمی سامانه تصویربرداری پرتو گاما توسعه یافته و طراح با این ابزار و ماتریس می‌تواند تسلط و درک کامل‌تری بر پارامترها و فرآیند طراحی داشته باشد.

واژگان کلیدی: سامانه تصویربرداری پرتو گاما، ماتریس ساختار طراحی، فرآیند طراحی سیستمی

۱- مقدمه

ماتریس ساختار طراحی[۱] ابزار سودمندی برای آنالیز پیچیدگی‌ها و ارتباطات بین اجزاء و زیرسیستم‌های یک سیستم پیچیده است. این ابزار با توجه به نوع ارتباط بین اجزاء، امکان تشخیص، مدیریت پیچیدگی‌ها و گلوگاه‌های عملیاتی را فراهم می‌کند. این اجزاء می‌توانند از بین فعالیت‌های طراحی، مولفه‌های فیزیکی، تیم‌های طراحی و یا پارامترهای طراحی انتخاب شوند. با مشخص‌شدن گلوگاه‌ها، امکان روان‌سازی و کاهش پیچیدگی عملیاتی به‌وسیله این ابزار فراهم می‌شود و طراح سیستم می‌تواند برای پیکربندی مجدد تصمیم‌گیری بهتری داشته باشد و تأثیر هر تغییر را بر اجزای دیگر در سیستم مشاهده کند [۱].

ماتریس ساختار طراحی از منظر ریاضی ماتریسی است نمایش‌دهنده یک گراف جهت‌دار و از این جهت، روشی مناسب برای تحلیل کمی و کیفی سیستم‌ها است. همان‌گونه که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، DSM یک ماتریس مربعی بوده و دارای عناوین یکسانی برای سطرها و ستون‌ها است و وجود یک علامت در خارج از قطر اصلی نشان‌دهنده ارتباط دو مولفه می‌باشد [۲].

روش ماتریس ساختار طراحی در سال ۱۹۸۱میلادی توسط دان استوارد در دانشگاه کالیفرنیا پایه‌ریزی شد. در سال ۱۹۸۹ میلادی، گروهی از استادان و دانشجویان مؤسسه فن‌آوری ماساچوست درباره این روش، پژوهش‌هایی انجام دادند و درنهایت، روشی مدون و سیستمی ارایه کردند. این روش توسط شرکت‌هایی چون ناسا، جنرال موتورز، بوئینگ و اینتل استفاده شد. همچنین، در طراحی سیستم کنترل اتومبیل شرکت فورد، طراحی موتور جت هواپیما شرکت پرات اند ویتنی، طراحی سیستم پرینتر دیجیتال شرکت زیراکس و طراحی دوربین شرکت کداک نیز استفاده شده است. امروزه نیز از این روش در حوزه‌های طراحی مهندسی و سیستمی استفاده می‌شود. به‌طور خلاصه، برای نمایش تعاملات، وابستگی‌ها و روابط اجزای یک سیستم و حلقه‌های طراحی از این روش استفاده می‌شود [۱].

ماتریس‌های ساختار طراحی برحسب نوع مولفه‌هایی که به

* رایانامه نویسنده مسئول: teimoury@iust.ac.ir

1- Design Structure Matrix

نمایش می‌گذارند به دو دسته ایستا[1] و زمان‌محور[2] تقسیم می‌شوند. مدل‌های ایستا برای نمایش ارتباط بخش‌های مختلف یک محصول یا ارتباط تیم‌های مختلف در یک سازمان که به‌طور همزمان وجود دارند، به‌کار می‌رود. مدل‌های پویا برای نمایش جریان ارتباطی بین فعالیت‌های مختلف در امتداد زمان، مانند فعالیت‌های بالادستی و پایین‌دستی در فرآیند طراحی محصول یا انجام یک پروژه و پارامترهای طراحی به‌کار می‌روند. برای تحلیل هریک از مدل‌های فوق از روش‌های مختلفی نظیر خوشه‌بندی یا الگوریتم‌های توالی استفاده می‌شود [۳].

بررسی چگونگی عملکرد فرودگاه‌های بزرگ، جلوگیری از اشباع و روش‌های روان‌سازی حرکت مسافر به‌ویژه در زمان‌های اوج ترافیک پروازی ازجمله مسایلی است که با کمک روش ماتریس ساختار طراحی انجام شده است؛ به‌طور مثال، مدیریت و پیکربندی مجدد فرودگاه منچستر انگلستان ازجمله این موارد است [۴].

۱-۱- ترسیم ماتریس ساختار طراحی

برای ترسیم ماتریس ساختار طراحی باید مراحل زیر را دنبال نماییم:

۱- تجزیه: تفکیک سیستم به بخش‌های تشکیل‌دهنده آن از طریق سطوح مختلف سلسله مراتب و درخت محصول.

۲- شناسایی: مستندکردن روابط میان بخش‌ها در سیستم.

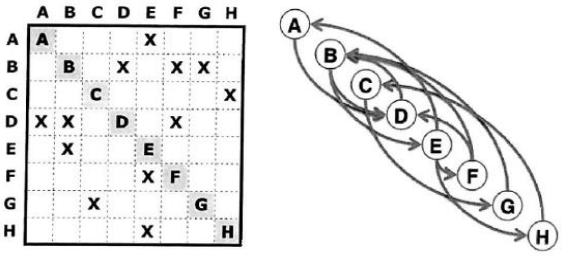
۳- تحلیل: آرایش مجدد بخش‌ها و روابط برای درک الگوهای ساختاری و پیامدهای آن برای رفتار سیستم.

۴- نمایش: ایجاد یک نمایش مناسب از مدل DSM و برجسته کردن ویژگی‌های با اهمیت خاص.

۵- پیشرفت: درک بهتر سیستم از طریق اقدامات صورت‌گرفته به‌عنوان نتیجه تجزیه و تحلیل DSM و تفسیر نمایش.

زمان واقعی و تلاش مورد نیاز برای رسم DSM به عوامل متعددی ازجمله آشنایی با سیستمی که مدل‌سازی می‌شود، دسترسی به محصول، اسناد موجود، سطح جزئیات مدل مورد نظر و قدرت تجزیه و تحلیل و تجربیات مدل‌سازان بستگی دارد.

نحوه نمایش نوع ارتباطات بین زیربخش‌ها در DSM به صورت شکل (۲) است. این نوع ارتباطات مطابق این شکل به ترتیب از سمت راست: جفت، متوالی و موازی نامیده می‌شوند [۲].



شکل (۱): یک ماتریس ساختار طراحی برای نمایش یک سیستم [۲]

برخلاف روش طراحی بدیهی[3] که طراح را در یافتن پارامترهای مناسب طراحی (به‌صورت منفرد) جهت تحقق ملزومات عملکردی محصول، راهنمایی می‌کند، در ماتریس ساختار طراحی، امکان ضبط و تجزیه و تحلیل ارتباطات متقابل بین اجزای محصول وجود دارد. توجه به این نکته ضروری است که در مرحله طراحی مفهومی محصولی که تاکنون مورد مشابه نداشته است، توسعه ماتریس ساختار طراحی با دشواری‌هایی روبرو است [۵].

مهم‌ترین مواردی که باید در رسم DSM معماری محصول به آن توجه کرد عبارتند از:

- مرز
- انواع تعاملات
- نقاط قوت تعامل
- تقارن
- شناخت فعل و انفعالات

قابلیت‌های DSM:

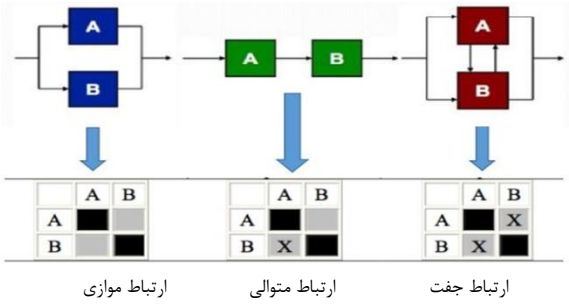
۱- ارایه حجم زیاد اطلاعات به شکل ساده، فشرده و مشهود

۲- طراحی بهتر و توسعه سیستم‌های پیچیده مهندسی

۳- قابلیت تجزیه و تحلیل سیستم به‌صورت تخصصی

۴- طبیعت گرافیکی و وضوح سبک نمایش

۵- تمرکز بیشتر بر جریان اطلاعات تا جریان فیزیکی کار



شکل (۲): نوع ارتباطات در سیستم و نحوه نمایش آن‌ها در ماتریس ساختار طراحی

1- Static
2- Time-Based
3- Axiomatic Design

۲- ادبیات موضوع

دنیلویک و براونینگ [۶] در مقاله خود با استفاده از ماتریس ساختار طراحی و ماتریس نگاشت دامنه[1] به مدیریت پروژه‌های توسعه محصولات پیچیده پرداختند. پیچیدگی در توسعه محصولات نشأت‌گرفته از طراحی محصول، فرآیند توسعه، سازمان توسعه، ابزار و فن‌آوری استفاده شده و نیازهایی که باید برآورده شوند، می‌باشد. در هریک از این حوزه‌ها، پیچیدگی ناشی از عناصر متعدد و روابط بین آن‌ها ازجمله بین اجزای کالای در حال توسعه، بین فعالیت‌های مورد نیاز برای توسعه آن‌ها و در میان افرادی که این فعالیت‌ها را انجام می‌دهند، می‌باشد. در این پژوهش، روشی برای استفاده از ماتریس نگاشت دامنه برای مقایسه دو DSM از دامنه‌های مختلف پروژه ارایه شده است.

مهندسی همزمان[2] (CE)، حوزه‌ای است که اصول آن در دهه گذشته به‌طور قابل توجهی به بلوغ رسیده است. با این حال، بسیاری از شرکت‌ها هنوز هم با چالش‌های عظیمی در هنگام پیاده‌سازی و مدیریت شیوه‌های CE روبه‌رو هستند. دلیل این امر از یک سو افزایش پیچیدگی محصولات و فرآیندهای مهندسی و از سوی دیگر فقدان روش‌ها و ابزارهای مربوطه در حوزه CE می‌باشد. یاسینی و براها [۷] در پژوهشی ۴ مسئله کلیدی که به هنگام پیاده‌سازی CE در پروژه‌های توسعه محصولات پیچیده، بروز پیدا می‌کند را مورد بررسی قرار داده‌اند. این ۴ مسئله کلیدی عبارتند از: تکرار، تداخل، تجزیه و یکپارچه‌سازی و همگرایی. نگارندگان این ۴ مسئله را با ارایه یک راه‌حل مدل‌سازی یکپارچه برپایه ماتریس ساختار طراحی تشریح می‌کنند.

آونت و ویگل [۸] به تبیین کاربرد ماتریس ساختار طراحی در مهندسی همزمان یکپارچه (ICE) پرداختند. بنا به تعریف نگارندگان، ICE رویکردی به طراحی مفهومی سیستم‌های فضایی جهت افزایش سرعت کار به‌وسیله گردهم آوردن پرسنل در یک اتاق مشترک به‌منظور انجام یک هفته مطالعه متمرکز، می‌باشد. در این پژوهش، یک ماتریس ساختار طراحی شامل ۱۷۲ پارامتر طراحی و ۶۸۲ ارتباط جهت ارایه روندکار در آزمایشگاه طراحی ماموریت، توسعه داده شده است.

بسیاری از متدولوژی‌های توسعه محصول[3] (PD) در ارتباط با مدیریت تفکیک و ادغام وظایف، تیم‌ها و زیرسیستم‌ها در جهت تبدیل به یک ایده مفهومی برای محصول نهایی می‌باشد. به‌طور خاص، یک فرآیند PD از تیم‌های کارکردی متقابل تشکیل شده است که به‌طور مداوم در حال تبادل اطلاعات کاری برای تکمیل ساختار نهایی محصول هستند. باتالاس و یاسینی [۹] بیان می‌دارند که شرکت‌های توسعه محصولات متشکل از تیم‌هایی هستند که با توجه به موقعیت استراتژیکی که در شبکه توسعه محصول دارند، نقش مهمی در تبادل اطلاعات ایفاء می‌کنند. بنابراین، پروژه‌های پیچیده توسعه محصولات، شامل تیم‌هایی هستند که از یک سو با چالش شناخته‌شدن به‌عنوان تنگنای سیستم و از سوی دیگر، امکان ادغام و یکپارچه‌سازی سیستم و ظرفیت انتشار نوآوری در آن روبه‌رو هستند. به نظر محققین یاد شده، اگرچه ماتریس ساختار طراحی در مدیریت جریان اطلاعات در پروژه‌های توسعه محصولات سودمند است، اما نمی‌تواند برای شناسایی اهمیت هر گره در شبکه به‌کار رود بلکه "مرتب‌سازی نسبی گره‌ها " را نشان می‌دهد. در این راستا باتالاس و یاسینی [۹] به بررسی مجموعه‌ای از سنجه‌های ریاضی مانند "مرکزیت" که در تحلیل شبکه‌های اجتماعی[4](SNA) به‌کار می‌روند پرداخته تا بازیگران کلیدی را در شبکه‌های PD شناسایی کنند.

دنگ و همکاران [۱۰] در پژوهش خود به ارایه روشی برای تجزیه یک محصول به چند بخش فرعی جهت کاهش ریسک مالکیت معنوی[5] (IP) در زنجیره تامین پرداخته‌اند. به نظر نگارندگان در رکود اقتصادی جهانی، برون‌سپاری یک سوال حیاتی برای بسیاری از مدیران اجرایی که درصدد بازگرداندن سودآوری و رشد هستند، می‌باشد و یکی از چالش‌های مهم فرآروی این تصمیمات، خطر بالقوه نشت اطلاعات محرمانه از سوی تامین‌کنندگان و شرکای مشترک است. به‌منظور مطالعه خطر بالقوه ریسک مالکیت معنوی از یک ماتریس ساختار طراحی با توجه به گوناگونی تعاملات بین اجزای مختلف محصول، استفاده شده است. براساس چنین ماتریسی، یک الگوریتم خوشه‌بندی جهت تجزیه و تخصیص اجزای مختلف محصول به تامین‌کنندگان مربوطه با توجه به اصول محافظت از مالکیت معنوی، توسعه داده شده است. به‌نظر محققین یادشده، از این متدولوژی می‌توان به‌عنوان یکی ابزار پشتیبانی تصمیم‌گیری برای تولیدکنندگان در جهت انتخاب مناسب مجموعه‌ای از تامین کنندگان به منظور کمینه‌کردن ریسک نشت اطلاعات، بهره جست.

هلمر و همکاران [۱۱] در پژوهش خود به توسعه روشی برای معماری ماژولار محصول[6] پرداخته‌اند. این روش شامل شناسایی و تعریف دقیق ماژول‌ها و رابط‌های آن‌ها است که از طریق

1- Domain Mapping Matrix
2- Concurrent Engineering
3- Product Development
4- Social Network Analysis
5- Intellectual Property
6- Modular Product Architecture

خوشه‌بندی ماتریس ساختار طراحی مبتنی بر اجزاء، توسعه داده شده است. نگارندگان در پژوهش فوق بیان می‌دارند بسیاری از روش‌هایی که تاکنون برای خوشه‌بندی استفاده شده است از جهت تعریف ماژول‌ها برای محصول، ناکارآمد می‌باشند. تعریف دیرهنگام و یا ناصحیح از ماژول‌ها و رابط‌ها موجب بروز تکرارهای بیش از اندازه و درنتیجه، تاخیرهای پیش‌بینی نشده و افزایش هزینه در فرآیند طراحی می‌گردد. در این پژوهش به ازای بررسی هر گام از خوشه‌بندی ماتریس ساختار طراحی، یک روش جامع که دربرگیرنده تمامی جنبه‌ها، از جمع‌آوری داده‌ها، تحقق دیدگاه‌های چندگانه در خوشه‌بندی DSM تا مرحله پس از پردازش که در آن نتایج با توجه به امکان‌سنجی فنی اصلاح‌شده است، ارایه شده است.

محمدی و کرباسیان [۱۲] یک الگوریتم ابتکاری برای خوشه‌بندی ماتریس ساختار طراحی ارایه کرده‌اند. به‌نظر نگارندگان، "ماتریس ساختار طراحی به‌عنوان یکی از ابزارهای فاز طراحی مفهومی در مهندسی سیستم؛ نه تنها منجر به فهم بهتر از سیستم می‌شود بلکه بهبود آن به‌وسیله خوش بندی و تجزیه و تحلیل خوشه‌ها را نیز به‌دنبال دارد". به این منظور، در پژوهش فوق، الگوریتمی ابتکاری برای خوشه‌بندی ماتریس ساختار طراحی مبتنی بر محصول برای یک محصول پیشرفته پیشنهاد شده است. این روش در مقایسه با روش‌های توانی و کوپل که در ماتریس با ابعاد کوچک جوابگو هستند؛ از کارایی و صحت بالاتری برخوردار می‌باشد و تجزیه و تحلیل روابط و تعاملات بین اجزای محصول را نیز امکان‌پذیر می‌کند.

کوثری و همکاران [۱۳] در پژوهشی با استفاده از روش ماتریس طراحی ساختار به توسعه فرآیند طراحی سیستمی ماهواره مکعبی پرداختند. در پژوهش یادشده، ماهواره به زیرسیستم‌ها و اجزای کوچکتری تجزیه شده و پارامترهای اثرگذار در طراحی، با انتخاب هر جزء در سطوح مختلف الزامات، مشخصات مأموریت، سیستم و زیرسیستم استخراج گردیده و ارتباط بین این پارامترها شناسایی شده است. به منظور ارایه فرآیند بهینه طراحی، پس از توسعه ماتریس، عمل دسته‌بندی و خوشه‌بندی برای بهینه‌سازی فرآیند طراحی صورت گرفته و درنهایت، ۱۳۵ پارامتر طراحی به ۳۲ سطح و سیکل طراحی تقسیم شده است.

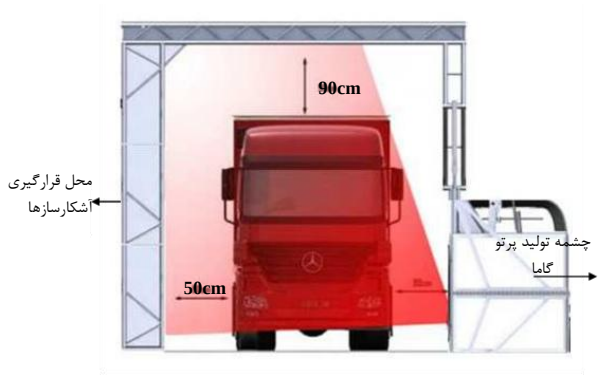
تصویربرداری پرتویی یکی از کارآمدترین روش‌های تشخیص در پزشکی و آزمون‌های غیرمخرب در کاربردهای صنعتی می‌باشد. در تصویربرداری سه‌بعدی غیرمخرب علاوه‌بر منبع پرتو، یک سیستم آشکارسازی مناسب، سیستم جمع‌آوری داده‌ها، بخش‌های مکانیکی جهت حرکت شی، الگوریتم بازسازی و در نهایت، کامپیوتری برای پردازش و کنترل فرآیندها مورد نیاز می باشد.

در این پژوهش، از ابزار ماتریس ساختار طراحی جهت توسعه فرآیند طراحی سیستمی و تحلیل تعاملات در سامانه تصویربرداری پرتو گاما استفاده شده است. این سامانه‌ها درحوزه‌های بازرسی محموله‌ها و بارهای حجیم، و بازرسی خودروهایی که امکان حمل مواد منفجره در آن‌ها وجود دارد، کاربردهای زیادی داشته و از این جهت، جایگاه ویژه‌ای در مباحث پدافندی به خود اختصاص داده‌اند.

روش جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش به صورت کتابخانه‌ای و همچنین از طریق مصاحبه و توزیع پرسشنامه‌های مبتنی بر هدف میان مهندسان و نخبگان مشارکت‌کننده در پروژه می‌باشد، بدین معنا که ابتدا نحوه عملکرد محصول از طریق مصاحبه با صاحب‌نظران و بررسی پرسشنامه‌ها استنباط می‌شود. سپس پارامترهای تاثیرگذار در هر بخش استخراج شده و به تائید خبرگان می‌رسد. با توجه به ادبیات روش تحقیق، این پژوهش به صورت توصیفی و از نوع مطالعه موردی می‌باشد.

۳- معرفی اجمالی سامانه

سامانه تصویربرداری پرتو گاما که در پژوهش حاضر مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد برای بازرسی اهداف سنگین نظیر کانتینرها مورد استفاده واقع می‌شود. این سامانه از چهار بخش اصلی چشمه تولید پرتو گاما، بخش آشکارسازها، بخش سازه مکانیکی و نرم‌افزار اپراتوری و واحد پردازش و تاسیسات تشکیل می‌شود. این بخش‌ها هریک از اجزای کوچکتری تشکیل می‌شوند که تحلیل تعاملات بین این بخش‌ها و جریان اطلاعاتی بین آن‌ها جهت بهسازی فرآیند طراحی سامانه، موضوع پژوهش حاضر است. سازه مکانیکی سامانه در شکل (۳) نمایش داده شده است.



شکل (۳): نمای سازه مکانیکی سامانه

از مهم‌ترین اجزای یک سیستم تصویربرداری پرتویی دیجیتال، آشکارساز آن است. آشکارساز مورد نیاز برای انجام تصویربرداری دیجیتال، باید دارای خصوصیات ویژه‌ای ازجمله حساس‌بودن به مکان باشد که حساسیت می‌تواند با استفاده از حسگرهایی در هر نقطه از صفحه آشکارساز امکان‌پذیر گردد. این حسگرها معمولاً به نور مرئی حساس می‌باشند. بنابراین، برای یک تصویربرداری (پرتو ایکس، گاما، نوترون و غیره) پرتوها با برخورد به یک ماده سوسوزن حساس به آن پرتو، در همان نقطه‌ی برخورد نور مرئی تولید می‌کنند که این نور توسط حسگر نوری دریافت شده و طی فرآیندی به تپ ولتاژ تبدیل می‌شود. سپس تپ ولتاژ در یک مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC) به بیت‌های باینری تبدیل گردیده و برای پردازش نهایی و بازسازی تصویر به یک پردازشگر فرستاده می‌شود.

نظر به حوزه‌های مختلف کاربرد سامانه و پیچیدگی فرآیند طراحی، پارامترهای مختلفی در طراحی این محصول مورد توجه قرار می‌گیرند. به همین سبب، توسعه نقشه جامعی که در آن پارامترهای مختلف درگیر در فرآیند طراحی و نحوه تاثیرگذاری آن‌ها بر یکدیگر مشهود بوده و فرآیند طراحی را به سیکل‌های مشخص و قابل ردیابی تقسیم نماید، اهمیت به‌سزایی دارد. بنابراین، در این نوشتار برای نخستین بار از ابزار ماتریس ساختار طراحی جهت نیل به این مقصود استفاده شده است.

۴- استخراج پارامترهای طراحی

در این بخش ابتدا پارامترهایی که در تولید سامانه تصویربرداری پرتو گاما حائز اهمیت هستند، استخراج می‌شوند. در استخراج پارامترها اهتمام بر این بوده که حتی‌المقدور پارامترهایی شناسایی و مورد توجه قرار گیرند که تغییر آن‌ها موجب تغییر در عملکرد سیستم شود. پس از شناسایی پارامترها و تعیین نوع اثرگذاری آن‌ها بر یکدیگر، ماتریس ساختار طراحی برای هریک از بخش‌های محصول توسعه داده می‌شود.

پارامترهای استخراج شده برای بخش‌های اصلی سامانه مطابق جدول (۱) می‌باشد که در چهار بخش مجزا شناسایی و استخراج شده‌اند.

۵- توسعه ماتریس ساختار طراحی برای سامانه

شکل (۴) ماتریس ساختار طراحی برای بخش چشمه تولید پرتو گاما را نشان می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود این بخش شامل ۱۱ پارامتر و ۱۸ ربط می‌باشد. هرگاه مولفه قرارگرفته در سطر به مولفه موجود در ستون ماتریس بستگی داشته باشد، در درایه نظیر عدد ۱ قرار داده می‌شود.

شکل (۵) ماتریس ساختار طراحی را برای بخش آشکارسازها نشان می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود این بخش شامل ۱۶ پارامتر و ۳۳ ربط می‌باشد. پارامترهای "کیفیت تصویر" و "ایمنی محیط" در این بخش تکرار شده است چرا که تحت تاثیر پارامترهای جدیدی که در این بخش معرفی شده‌اند، قرار می‌گیرند.

شکل (۶) ماتریس ساختار طراحی را برای بخش سازه مکانیکی نشان می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود این بخش شامل ۱۶ مولفه و ۲۵ ربط می‌باشد. در این بخش نیز برخی پارامترهای تکراری از بخش‌های پیشین نظیر "ایمنی محیط" و "هزینه" مطرح می‌شوند چرا که تحت تاثیر پارامترهای جدیدی قرار می‌گیرند. درنهایت، ارتباط پارامترها و مولفه‌های طراحی در واحد پردازش و تاسیسات در شکل (۷) نشان داده شده است. این بخش شامل ۱۷ مولفه و ۱۸ ربط می‌باشد.

ماتریس ساختار طراحی نهایی برای محصول که نمایش‌دهنده همه مولفه‌ها و پارامترهای طراحی و ارتباط بین آن‌ها است، پس از حذف پارامترهای تکراری مانند "کیفیت تصویر"در بخش‌های مختلف حاصل می‌شود. دستورالعمل توسعه این ماتریس مشابه آن‌چه در ابتدای این بخش بیان شده است، می‌باشد. این ماتریس نقشه جامعی است که در آن تمامی پارامترهای درگیر در سامانه و نوع ارتباط آن‌ها به تصویر کشیده شده است. نظر به تعاملات بین بخش‌های مختلف، برخی از ارتباطات جدید بین پارامترها، تنها در ماتریس نهایی ظاهر می‌شوند. برای سامانه تصویربرداری پرتو گاما، این ماتریس به‌صورت یک ماتریس ۴۹×۴۹ حاصل شده است و شامل ۹۳ ربط می‌باشد. همچنین، ارتباط تیم‌های طراحی اجزای مختلف محصول با یکدیگر در این ماتریس قابل مشاهده است. ساختار این ماتریس در پیوست (الف) نمایش داده شده است.

جدول (۱): پارامترهای تاثیرگذار در طراحی سامانه به تفکیک بخش‌ها

بخش چشمه تولید پرتو	بخش آشکارسازها	بخش سازه مکانیکی	واحد پردازش و تاسیسات
طراحی کپسول چشمه	نوع سوسوزن	نوع تحرک سازه مکانیکی	رابط گرافیکی
میدان پرتودهی	ابعاد سیستم تصویربرداری	سرعت اسکن	سرعت پردازش تصویر
ایمنی محیط	بازده نور خروجی	مقدار نویز	استفاده از نرم‌افزار C#
کیفیت تصویر	همخوانی با سیستم انرژی	میدان پرتودهی	ارتباط میان اپراتور و سامانه
طراحی میله نگهدارنده کپسول	پستاب و زمان واپاشی	ایمنی محیط	ایمنی محیط
نوع کولیماتور	وابستگی به تغییرات دما	کیفیت تصویر	نرم‌افزار واحد اپراتوری
طول عمر چشمه تولید پرتو گاما	چگالی سوسوزن	قابلیت حمل سامانه	سهولت کاربری سامانه
طراحی فعال‌ساز چشمه	زمان (سرعت) تصویربرداری	عمر سازه مکانیکی	استفاده از نرم‌افزارهای همزمان ساز
قطر و ضخامت حفاظ سربی	چیدمان کارت آشکارساز	قابلیت تحمل وزن	کیفیت تصویر
ابعاد چشمه تولید پرتو	کیفیت تصویر	حفاظ بتنی ستون آشکارسازها	نوع سیستم انرژی
زاویه عمودی شیار کولیماتور	نوع کارت آشکارساز	فاصله چشمه تا ستون روبه‌رو	استفاده از کنترل های منطقی برنامه‌پذیر
-	ابعاد هدف	حفاظ دیوار سوله	امنیت اطلاعات
-	هزینه	فاصله ستون آشکارسازها تا دیوار سوله	سرعت و دقت بالای عملکرد سامانه
-	عمر آشکارسازها	هزینه	ابعاد سامانه
-	مقدار نویز	ابعاد هدف	استفاده از فیبر نوری
-	ایمنی محیط	نوع حفاظ پس پراکندگی	استفاده از الکتروموتورهای ۳ فاز برای حرکت درگاه
-	-	-	مقدار نویز
-	-	-	استفاده از اینورتورهای توان بالا

اگر سطر به ستون بستگی داشته باشد: ۱	طراحی کپسول چشمه	میدان پرتودهی	ایمنی محیط	کیفیت تصویر	طراحی میله نگهدارنده کپسول	نوع کولیماتور (موازی ساز)	طول عمر چشمه تولید پرتو گاما	طراحی فعال ساز چشمه	قطر و ضخامت حفاظ سربی	ابعاد چشمه ی تولید پرتو	زاویه عمودی شیار کولیماتور
طراحی کپسول چشمه											
میدان پرتودهی	1				1	1			1		
ایمنی محیط		1				1		1	1		1
کیفیت تصویر		1				1					1
طراحی میله نگهدارنده کپسول	1										
نوع کولیماتور (موازی ساز)											
طول عمر چشمه تولید پرتو گاما	1										
طراحی فعال ساز چشمه					1						
قطر و ضخامت حفاظ سربی											
ابعاد چشمه ی تولید پرتو	1								1		
زاویه عمودی شیار کولیماتور						1					

شکل (۴): ماتریس ساختار طراحی برای بخش چشمه تولید پرتو گاما

اگر سطر به ستون بستگی داشته باشد: ۱	نوع سوسوزن	ابعاد سیستم تصویربرداری	بازده نور خروجی	هم خوانی با سیستم انرژی	پستاب و زمان واپاشی	وابستگی به تغییرات دما	چگالی سوسوزن	زمان(سرعت) تصویربرداری	چیدمان کارت آشکارساز	کیفیت تصویر	نوع کارت آشکارساز	ابعاد هدف	هزینه	عمر آشکارسازها	مقدار نویز	ایمنی محیط
نوع سوسوزن				1												
ابعاد سیستم تصویربرداری									1			1				
بازده نور خروجی	1										1					
هم خوانی با سیستم انرژی							1				1					
پستاب و زمان واپاشی	1															
وابستگی به تغییرات دما	1															
چگالی سوسوزن	1															
زمان(سرعت) تصویربرداری					1						1	1				
چیدمان کارت آشکارساز				1												
کیفیت تصویر			1		1	1	1		1						1	
نوع کارت آشکارساز																
ابعاد هدف																
هزینه	1		1					1	1					1		
عمر آشکارسازها						1	1					1				
مقدار نویز		1							1		1					
ایمنی محیط								1							1	

شکل (۵): ماتریس ساختار طراحی برای بخش آشکارسازها

اگر سطر به ستون بستگی داشته باشد: ۱	نوع تحرک سازه ی مکانیکی	سرعت اسکن	مقدار نویز	میدان پرتو دهی	ایمنی محیط	کیفیت تصویر	قابلیت حمل سامانه	عمر سازه ی مکانیکی	قابلیت تحمل وزن	حفاظ بتنی ستون آشکارسازها	فاصله چشمه تا ستون روبرو	حفاظ دیوار سوله	فاصله ی ستون آشکارسازها تا دیوار سوله	هزینه	ابعاد هدف	نوع حفاظ پس پراکندگی
نوع تحرک سازه ی مکانیکی																
سرعت اسکن																
مقدار نویز		1		1						1						
میدان پرتو دهی	1										1					
ایمنی محیط			1	1						1						1
کیفیت تصویر		1	1	1												
قابلیت حمل سامانه	1								1	1						
عمر سازه ی مکانیکی									1	1						
قابلیت تحمل وزن	1															
حفاظ بتنی ستون آشکارسازها											1					
فاصله ی چشمه تا ستون روبرو										1						
حفاظ دیوار سوله													1			
فاصله ی ستون آشکارسازها تا دیوار سوله																
هزینه										1		1	1			
ابعاد هدف																
نوع حفاظ پس پراکندگی															1	

شکل (۶): ماتریس ساختار طراحی برای بخش سازه مکانیکی

اگر سطر به ستون بستگی داشته باشد: ۱	رابط گرافیکی	سرعت پردازش تصویر	استفاده از نرم افزار #C	ایمنی محیط	نرم افزار واحد اپراتوری	سهولت کاربری سامانه	استفاده از نرم افزارهای همزمان ساز	کیفیت تصویر	نوع سیستم انرژی	استفاده از کنترل های منطقی برنامه پذیر	امنیت اطلاعات	سرعت و دقت عملکرد سامانه	ابعاد سامانه	استفاده از فیبر نوری	استفاده از الکتروموتورهای ۳ فاز برای حرکت درگاه	مقدار نویز	استفاده از اینورتورهای توان بالا
رابط گرافیکی																	
سرعت پردازش تصویر			1				1										
استفاده از نرم افزار C#																	
ایمنی محیط	1																
نرم افزار واحد اپراتوری																	
سهولت کاربری سامانه	1		1		1												
استفاده از نرم افزارهای همزمان ساز																	
کیفیت تصویر									1								
نوع سیستم انرژی																	
استفاده از کنترل های منطقی برنامه پذیر																	
امنیت اطلاعات					1					1							
سرعت و دقت عملکرد سامانه		1								1				1	1		1
ابعاد سامانه										1				1			
استفاده از فیبر نوری																	
استفاده از الکتروموتورهای ۳ فاز برای حرکت درگاه																	1
مقدار نویز															1		
استفاده از اینورتورهای توان بالا																	

شکل (۷): ماتریس ساختار طراحی برای بخش پردازش و تاسیسات

۶- خوشه‌بندی ماتریس ساختار طراحی

برای تحلیل ماتریس ساختار طراحی می‌توان از نرم‌افزارهایی نظیر دی. اس. ام. ماتریکس و کوانتوم ایکس‌ال استفاده کرد که در این پروژه از نرم‌افزار کوانتوم ایکس ال استفاده شد. یکی از خروجی‌های مهم این نرم‌افزار گزینه (AEAP) می‌باشد. پس از اجرای دستور (AEAP)، پارامترها به‌ترتیب اولویتی که در انتخاب و تعیین آن‌ها وجود دارد، خوشه‌بندی می‌شوند. این امر از طریق جابه‌جایی سطرها و تغییر چینش پارامترها صورت می‌گیرد. در ماتریس خوشه‌بندی‌شده (پیوست ب) پارامترهایی که بیشترین تاثیرگذاری بر سایر پارامترها و کمترین تاثیرپذیری از آن‌ها را دارند، در اولویت‌های آغازین و پارامترهایی که بیشترین تاثیرپذیری از سایر پارامترها و کمترین تاثیرگذاری بر آن‌ها را دارند در اولویت‌های انتهایی قرار می‌گیرند. درواقع، ماتریس ساختار طراحی پس از اجرای دستور (AEAP) به‌صورت کاملاً پایین مثلثی می‌باشد؛ به این معنا که در ماتریس خوشه‌بندی‌شده، هر پارامتر تنها ممکن است به پارامترهای سطرهای ماقبل خود (سطرهای بالایی) بستگی داشته باشد. بنابراین، پارامترهای سطوح فوقانی در اولویت اول تعیین و طراحی و پارامترهای سطرهای زیرین در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند. با توجه به جدول (۲) مشاهده می‌شود که پس از خوشه‌بندی، ۴۹ مؤلفه و پارامتر طراحی به ۵ سطح و سیکل طراحی تقسیم می‌شوند. در سطح اول مولفه‌ها و پارامترهایی نظیر نوع کولیماتور، نوع تحرک سازه مکانیکی، استفاده از نرم-افزارهای همزمان‌ساز، استفاده از کنترل‌های منطقی برنامه‌پذیر، استفاده از اینورتورهای توان بالا و غیره دیده می‌شوند که از تاثیرگذارترین پارامترها و مولفه‌ها هستند و با توجه به نوع کاربرد محصول تعیین می‌شوند. در سطوح بعدی پارامترها و مولفه‌هایی قرار می‌گیرند که عموماً از سطح ۱ و سایر سطوح ماقبل خود تاثیر می‌پذیرند. به همین ترتیب، در سطح ۵، وابسته‌ترین پارامترها نظیر ایمنی محیط و کیفیت تصویر قرار می‌گیرند.

جدول (۲): سطح‌بندی پارامترها و مولفه‌های طراحی

۱	حفاظ بتنی ستون آشکارسازها
	فاصله چشمه تا ستون روبه‌رو
	طراحی کپسول چشمه
	نوع کولیماتور (موازی‌ساز)
	قطر و ضخامت حفاظ سربی
	هم‌خوانی با سیستم انرژی
	ابعاد هدف
	نوع تحرک سازه مکانیکی
	فاصله ستون آشکارسازها تا دیوار سوله
	رابط گرافیکی
	استفاده از نرم‌افزار C#
	نرم‌افزار واحد اپراتوری
	استفاده از نرم‌افزارهای همزمان‌ساز
	نوع سیستم انرژی
	استفاده از کنترل های منطقی برنامه پذیر
	استفاده از فیبر نوری
	استفاده از اینورترهای توان بالا
۲	طول عمر چشمه تولید پرتو گاما
	ابعاد چشمه تولید پرتو
	زاویه عمودی شیار کولیماتور
	طراحی میله نگهدارنده کپسول
	نوع سوسوزن
	چیدمان کارت آشکارساز
	نوع کارت آشکارساز
	سرعت اسکن
	قابلیت تحمل وزن
	حفاظ دیوار سوله
	نوع حفاظ پس پراکندگی
	سهولت کاربری سامانه
	امنیت اطلاعات
	استفاده از الکتروموتورهای سه‌فاز برای حرکت درگاه
۳	میدان پرتودهی
	طراحی فعال‌ساز چشمه
	ابعاد سیستم تصویربرداری
	بازده نور خروجی
	پستاب و زمان واپاشی
	وابستگی به تغییرات دما
	چگالی سوسوزن
	عمر سازه مکانیکی
	سرعت پردازش تصویر
۴	زمان (سرعت) تصویربرداری
	عمر آشکارسازها
	مقدار نویز
	قابلیت حمل سامانه
	سرعت و دقت عملکرد سامانه
	ابعاد سامانه
۵	ایمنی محیط
	کیفیت تصویر
	هزینه

۷- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، ابتدا بخش‌های اصلی در فرآیند طراحی سامانه تصویربرداری پرتو گاما شناسایی شده و پارامترهای طراحی و سایر زیربخش‌های آن استخراج شده‌اند. پس از شناسایی نوع ارتباط بین پارامترها، ماتریس ساختار طراحی برای هر بخش توسعه داده شده و پس از حذف پارامترهای تکراری در بخش‌ها و اضافه‌کردن ارتباطات جدید بین پارامترهای بخش‌های مختلف، ماتریس ساختار طراحی برای کل محصول به‌دست آمده است. پس از تشکیل ماتریس ساختار طراحی به‌منظور اولویت‌بندی و ارایه فرآیند بهینه طراحی، عمل دسته‌بندی و خوشه‌بندی انجام گرفته و درنهایت، ۴۹ پارامتر طراحی به ۵ سطح و سیکل طراحی تقسیم شده است. طراح سیستم با درنظر داشتن این ماتریس می‌تواند اثر هر پارامتر طراحی را بر سایر پارامترها درنظر بگیرد و فرآیند طراحی بهینه را مطابق این ماتریس بهسازی‌شده دنبال کند؛ بدین معنا که با توجه به حوزه کاربرد محصول، ابتدا پارامترهای موجود در سطح اول تعیین می‌شوند. سپس، پارامترهای سایر سطوح نیز با توجه به تاثیرپذیری از پارامترهای سطوح فوقانی و حوزه کاربرد محصول تعیین می‌شوند که این امر به نوبه خود باعث سهولت فرآیند طراحی و صرفه‌جویی در زمان می‌شود. بنابراین، با استفاده از این روش، فرآیند طراحی سیستمی سامانه تصویربرداری پرتو گاما توسعه یافته و طراح با این ماتریس می‌تواند تسلط و درک کامل‌تری بر پارامترها و فرآیند طراحی داشته باشد. با توجه به نتایج حاصل از اعمال این روش برای طراحی سامانه پرتو گاما مشخص می‌شود که به‌کارگیری این روش سبب سادگی طراحی، اولویت‌بندی مراحل طراحی، شناخت نحوه تأثیر پارامترها بر هم، درک بهتر ارتباط تیم‌های طراحی، افزایش سرعت روند طراحی و قابلیت تجزیه و تحلیل و قابلیت بهسازی سیکل‌های طراحی خواهد شد.

۸- منابع

[1] S. D. Eppinger and T. R. Browning, “Design Structure Matrix Methods and Applications,” MIT Press, 2012.

[2] Y. Ali, “An Introduction to Modeling and Analyzing Complex Product Development Processes Using the Design Structure Matrix (DSM) Method,” Urbana, vol. 51, pp. 1-17, 2004.

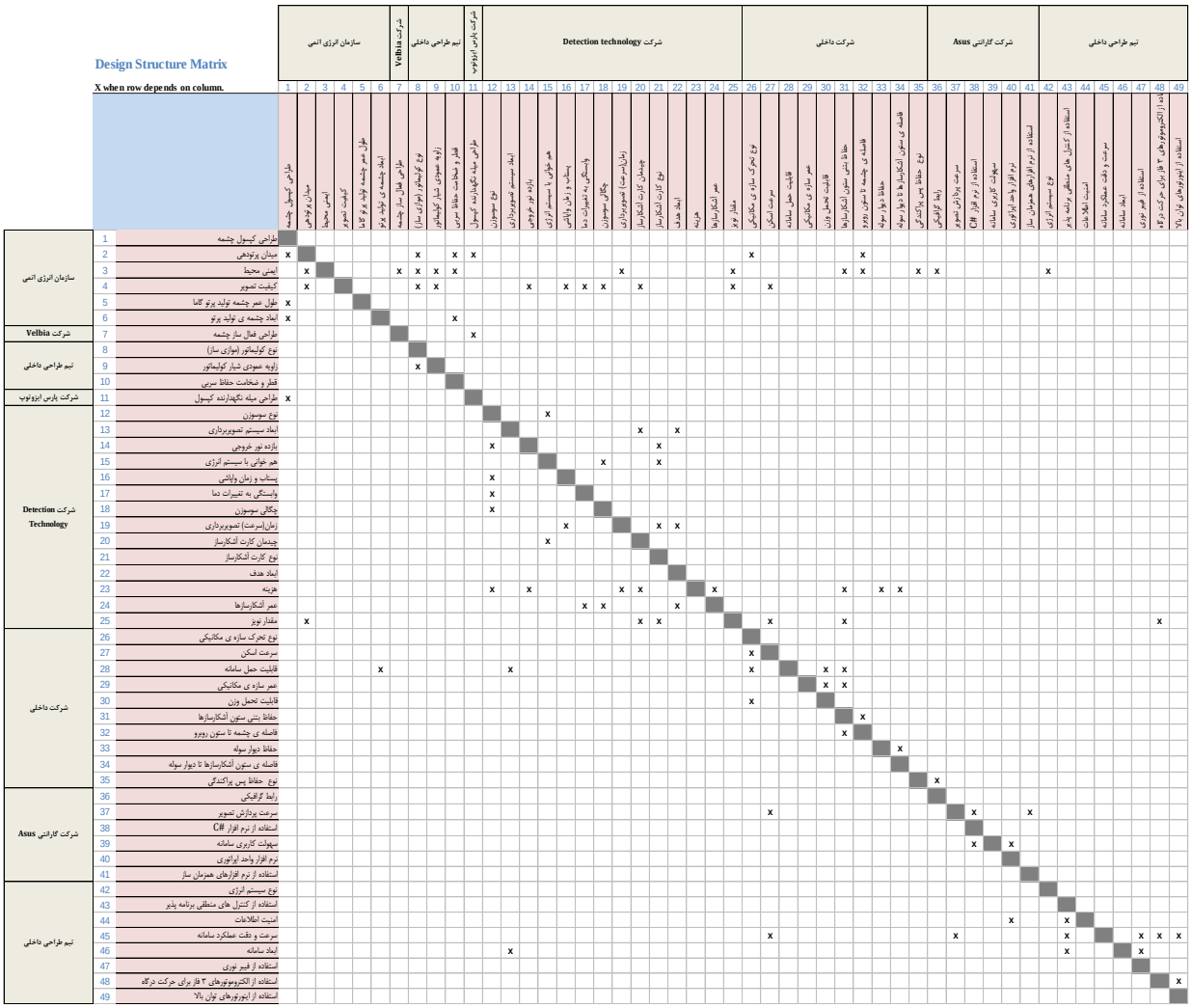
[3] T. R. Browning, “Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration problems: A Review and New Directions,” Ieee T Eng Manage, vol. 48, pp. 292-306, 2001.

[4] C. Zattoni, “Analysis of Airport Check-in Operation and Its Reconfigurable Design and Management,” Doctoral Theses, Faculty of Industrial Engineering, Politecnico Dimilano, Milan, 2011.

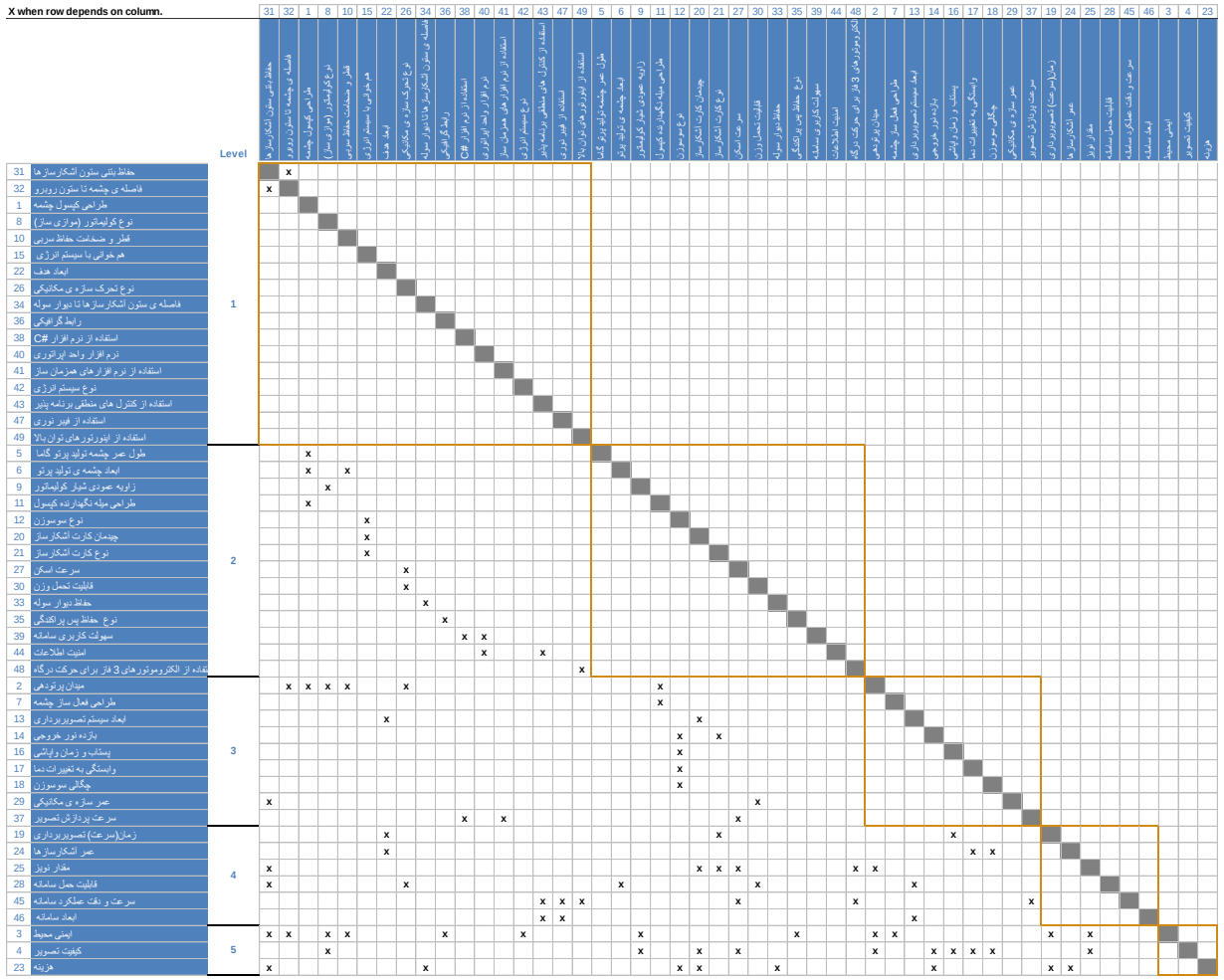
[5] D. Tang, G. Zhang, and S. Dai, “Design as Integration of Axiomatic Design and Design Structure Matrix,” Robot Cim-Int Manuf, vol. 25, pp. 610-619, 2009.

[6] M. Danilovic and T. R. Browning, “Managing Complex Product Development Projects with Design Structure

[10] X. Deng, G. Huet, S. Tan, and C. Fortin, "Product Decomposition Using Design Structure Matrix for Intellectual Property Protection in Supply Chain Outsourcing," Comput. Ind., vol. 63, pp. 632-641, 2012.
[11] H. Robert, Y. Ali, and M. Christoph, "Systematic Module and Interface Definition Using Component Design Sructure Matrix," J. Eng. Design, vol. 21, pp. 647-675, 2010.
[12] M. mohammadi and M. karbasian, "Clustering the Product Design Structure Matrix Using an Innovative Algorithm," Eighth. Int. Conf. Ir Oper. Res., 2015. (In Persian)
[13] A. kosari, M. fakoor, sh. Vakili poor, and V. boloori, "Systematic Design of a Cubic Satellite Using the Design Structure Matrix Method," Aerosp. Sci. Technol., vol. 4, pp. 35-45, 2015. (In Persian)
Matrices and Domain Mapping Matrices," INT J. Proj. Manag., vol. 25, pp. 300-314, 2007.
[7] A. Yassine and D. Braha, "Complex Concurrent Engineering and the Design Structure Matrix Method," Concurrent Engineering, vol. 11, pp. 165-176, 2003.
[8] M. S. Avnet and A. L. Weigel, "An Application of the Design Structure Matrix to Integrated Concurrent Engineering," Acta Astronaut, vol. 66, pp. 937-949, 2010.
[9] D. A. Batallas and A. A. Yassine, "Information Leaders in Product Development Organizational Networks: Social Network Analysis of the Design Structure Matrix," IEEE T Eng Manage, vol. 53, pp. 570-582, 2006.



پیوست (الف): ماتریس ساختار طراحی برای کل محصول به همراه تیم‌های طراحی



پیوست (ب): ماتریس ساختار طراحی خوشه‌بندی‌شده

Journal of Electronical & Cyber Defence
Vol. 6, No. 3, 2018, Serial No. 23

The Design Process Reform of the Gama-ray Imaging System by using the Design Structure Matrix

S. M. Hasheminejad, H. Kazemi, E. Teimouri*

*Iran University of Scince and Technology

(Received: 29/10/2017, Accepted: 03/04/2018)

ABSTRACT

This study investigates improving the process of design and interaction analysis of Gama-ray imaging systems. Gama-ray imaging systems have many applications in medical sciences, military and security organizations and for each application area, different parameters have gained attention in the product design process. The complexity of the product design process and variety of design parameters confirm the need for development of a comprehensive map for product design which demonstrates subsystem interactions and the way that each parameters effects other parameters. Hence the Design Structure Matrix (DSM) is used to display and analyze the interaction of design influencing parameters. DSM offers network modeling tools that represent the elements of a system and their interactions, thereby highlighting the system's designed structure. Its advantages include compact format, visual nature, intuitive representation, powerful analytical capacity, and flexibility. In this research we have proposed a DSM which consists of 49 parameters for the mentioned product and then this matrix has been analyzed and clustered by using the related software. As a result, the parameters have been divided into five design cycles after prioritization. The system designer can identify the parameters' effect and trace the systematic design process by using this matrix.

Keywords: Gama-Ray Imaging System, Design Structure Matrix, Systematic Design Process

* Corresponding Author Email: teimoury@iust.ac.ir