الگوی طراحی سیستم اطلاعات کنترل کیفیت در صنایع هوایی

۱-مهندس مسعود محمودی لفوت ۲- دکتر ایرج مهدوی ۳- دکتر کاوه محمد سیروس

1- Masoud_mahmodi@hotmail.com 2- Irajarash@rediffmail.com 3- Cyrusk@Aut.Ac.Ir

دانشگاه علوم و فنون مازندران

واژه های کلیدی:کنترل کیفیت ، شئ گرا ، صنایع هوایی

تامین رضایت مشتری و دستیابی به ایمنی در حد بسیار بالا، نه به عنوان یک مزیت، بلکه یک ضرورت حیاتی و بخشی از محصول در تولید وسایل پرنده محسوب می گردد. در این راستا توجه به داده های کیفیت از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است که مدلسازی آنها در صنایع هوایی در قالب متدولوژی شئ گرا (Object Oriented) کمتر مورد توجه قرار گرفته است. مقاله حاضر الگوی طراحی و اجرای سیستم اطلاعات کنترل کیفیت را در صنایع هوایی براساس این متدولوژی ارائه می نماید. هدف اصلی در ابتدا تبدیل ساختار داده ها و رفتار سیستم به مدل اشیاء و مدل های کاربردی با استفاده از شئ گرایی به شکلی کاربرپسند و مقرون به صرفه است، سپس با توجه به شرایط موجود در صنعت، مدل های حاصل شده، کامپیوتری شده و ارائه می گردد. سیستم، داده های کیفیت را همواره بروز نگه می دارد. جهت اتخاذ تصمیمات کیفیتی مناسب در حداقل زمان و با کمترین هزینه، انواع مختلف نمودارها، لیستها و گزارشهای مورد نیاز از سیستم قابل دسترس است. این سیستم در اکثریت قریب به اتفاق صنایع هوایی، خصوصاً صنایع هوایی سازنده وسایل پرنده کوچک قابل استفاده و عرضه است.

مقدمه:

از دیـرباز تـا امـروز بشـر همـواره سـعی داشته با تفکر خویش ابزارهایی را جهت تسهیل در انجام فعالیتهای خود اختراع نمـاید. در ایـن راسـتا جهـت رفـع نـیازها و دسترسی به زندگی بهتر همواره به نوعی کنترل کیفیت را بکار گرفته است. کنـترل کیفیـت از سـابقه ای طولانـی معادل با عمر صنعت برخوردار است که امروزه به یک خواسته بدیهی تبدیل شده اسـت. تولیدکنـندگان امـروزی ضـمن توجـه بـه تولید گسترده، با توجه به رقابتی شدن بازار، فروپاشی مرزهای تجاری، جهانـی شدن اقتصاد و افزایش سطح توقعات و الزامات مصرف کنندگان، کیفیت را به عنوان اولویت اول در تولید مدنظر قـرار مـی دهـند. ایـن امـر در صـنایع هوایـی تولید کننده وسایل پرنده نمود بیشتری پیدا کرده و از درجه اهمیت بسیار بالاتـری برخوردار است چرا که بروز کوچکترین خطا در این صنعت ممکن است خسارات و صدمات جبران ناپذیری را به بـار آورد. توجه به مقوله کیفیت در دهه های اخیر موجب گردیده است تا فعالیتهای کنترل کیفیت توسعه یافته و سیستم هـا و ابزارهایـی نظـیر استانداردهای کیفیت، سیستم کنترل کیفیت، کنترل کیفیت جامع(TQC)، مدیریت کیفیت جامع(TQM)، تضمین کیفیت(QA) و ... ارائه و مورد توجه قرار گیرند.

در اسـتقرار سیسـتم های کیفیت در هر صنعت، موسسه یا شرکتی ارائه یک مدل و طراحی سیستم بر پایه این مدل و بر مبـنای اسـتانداردهای مناسـب حائـز اهمیت می باشد. مسائل کیفیت، سیستم کیفیت و استقرار آن در ارتباط تنگاتنگ با سیسـتم اطلاعـات کیفیت می باشد و اگرچه سرمایه گذاری ها و بازگشت ضعیف در این مقوله موجب شده تا استفاده از آن مـورد سئوال قرار گیرد اما واقعیت این است که این سیستم به تحولی در رویه سازمان منتهی می گردد که علاوه بر فـراهم نمـودن خدمـات و تولـیدات بـا کیفیت بهتر به تقویت زیر ساختارهای سازمان جهت دستیابی به مدیریت کیفیت جـامع می پردازد. از این رو می توان گفت در استقرار سیستم کیفیت، پیاده سازی یک سیستم جامع اطلاعات کیفیت در برقـراری ارتـباط منطقی بین زیر سیستم ها و افزایش سرعت و دقت در انتقال داده ها بسیار موثر می باشد. در این بین در انتخاب متدولوژی طراحی و پیاده سازی سیستم اطلاعاتی فوق تامین خواسته های استانداردها و الزامات مدل کیفیت نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

محققـان سیسـتم هـای اطلاعـات کیفیت را بر اساس متدولوژی های مختلف و در صنایع مختلف مورد تجزیه، تحلیل، طراحـی و پـیاده سـازی قـرار داده اند اما به مدلسازی سیستم اطلاعات کنترل کیفیت در صنایع هوایی کمتر توجه شده اسـت. از ایـن رو در ایـن مقالـه مدلسـازی این سیستم در صنایع هوایی سازنده وسایل پرنده کوچک ارائه گردیده است. هـدف در ایـن مقالـه ارائه مدل بر اساس متدولوژی شئ گرا می باشد. در این مقاله نشان داده شده است که چگونه می تـوان سیسـتم اطلاعـات کنترل کیفیت را در یک صنعت هوایی به شکلی بسیار قابل فهم و کاربرپسند مدلسازی و پیاده سـازی نمـود و بـا اسـتفاده از بازخوردهـای آن کنترل کیفیت و گردش اطلاعات آنرا بهبود بخشید. انتخاب بازخوردهای مناسب جهت بهبود مداوم اهمیت به سزایی دارد از این رو تلاش شده است تا جمع آوری داده های کیفیت بطور پیوسته انجـام گرفـته و بـر اسـاس آنها انواع مختلف بازخوردها به سطوح مختلف سازمان که درگیر مسایل کیفیت هستند ارائه گـردد. با ایجاد پایگاه دادۀ یکپارچه و رابط کاربری ساده و کارامد، دسترسی به داده ها و آنالیز آنها در اسرع وقت صورت می گیرد و تمامی اطلاعات داخلی کنترل کیفیت در طول بازرسی محصول و ممیزی داخلی جمع آوری و بررسی شده و راهکارهای مناسب با پایین ترین هزینه و در حداقل زمان ارائه می گردد.

شئ گرایی و سیستم اطلاعات کنترل کیفیت :

دیدگـاه شئ گرا از اواسط دهه ۷۰ میلادی در طراحی سیستم ها مطرح گردید. به جهت ناکارآمدی روش های سنتی در تحلـیل و طراحـی سیسـتم ها، استفاده از این دیدگاه در تحلیل ، طراحی و پیاده سازی مورد توجه قرار گرفت. آگاهی در مـورد تاثیر این متدولوژی بر سیستم های اطلاعاتی با گذشت چند دهه بسیار افزایش پیدا کرده است چرا که این دیدگاه مدلهـای دادهٔ انعطاف پذیری را ارائه می نماید که در آن ساختار داده های پیچیدهٔ عملیات تولید و کنترل به راحتی خلق و مـورد تغیـیر قـرار می گیرد. دیدگاه شئ گرا مجموعه ای از اشیاء و کلاس ها است که در جهت پیاده سازی رفتار کل سیسـتم بـه یکدیگـر پـیغام مـی فرستند و اعمالی را انجام می دهند. یک شئ می تواند هر چیزی با حد و مرز و تعریف مشـخص بـه همـراه حالت و رفتار در شرایط مختلف باشد. کلاس نیز مجموعه ای از اشیاء است که خصوصیات یکسان دارنـد. بـه عـبارت دیگر کلاس مجموعه ای از اشیاء است که صفات (Attribute)، عملیات (Operation)، ارتباطات (Relation) و مفاهـیم یکسـان دارند. صفات و رفتار اشیاء را در طول زمان عمر آنها می توان با بروز شرایط خاص مورد تحـول، تکامل و تغییر قرار داد بدون آنکه در روند استفاده از سیستم خدشه ای وارد گردد. دیدگاه شئ گرا در عرصه نرم افـزار بـه روش بسیار جالب و جذاب تبدیل شده است چرا که ابزارهای مهندسی نرم افزار مانند تجرید داده ها و استفاده مجـدد از آنهـا را پشتیبانی نموده و پیچیدگی منطق برنامه سازی را کاهش داده است. ساختار بانک اطلاعاتی در دیدگاه شـئ گـرا بـه سـادگی می تواند طراحی فرآیند را بطور مداوم پیگیری نموده و تغییرات لازم در فرآیند را در حداقل زمان نمایـان سازد. همچنین به راحتی اجازه تغییر به سیستم های ارتجاعی را می دهد چرا که قادر است معماری اطلاعات را بـه بخشـهای کوچکتر شکسته و به طراح اجازه تغییر و تصحیح آنها را بدهد. در دیدگاه شئ گرا با سه نگرش به مسائل می نگرند:

۱–نگـرش بـه مسائل به عنوان مجموعه ای از اشیاء مرتبط با هم. اشیاء در قالب موجودیتهای مفعول شناخته می شوند. در اثر فعل اشیاء بر یکدیگر ساختار سیستم در حالت سکون مشخص می گردد.

۲–نگرش به تغییر رفتار و عملکرد هر شئ در طول زمان و به دنبال رویدادهای حاصل از ارتباط آن با سایر اشیاء.

۳–نگرش جریان گردش داده ها و اطلاعات درون سیستم.

در اسـتقرار سیستم اطلاعات کنترل کیفیت مشکل در گام اول، تصمیم گیری و تعیین دامنه سیستم می باشد. به عبارت دیگـر می بایست تعیین گردد که سیستم چه محدوده ای از سازمان را در بر می گیرد و ساختار اطلاعات در چه محدوده ای بـاید ایجـاد گـردد. پیشنهاد می گردد جهت تعیین این محدوده، استانداردهای کیفیت مد نظر در صنعت هوایی مورد بحث، نظیر استانداردهای سری ISO و استانداردهای هوایی مانند JAR و FAR مورد توجه قرار گیرد. توجه به الزامات و خواسته های این استانداردها و دامنه و اهداف سازمان در برآوردن آنها، می تواند نمایی کلی از محدودهٔ ساختار سیستم ارائه نماید.

بـه عـنوان مـثال ویژگـیها و خصوصـیاتی کـه بـرای سیسـتم کیفیـت در صـنایع هوایـی در اسـتاندارد ایزو و استاندارد JAR(Subpart F&G) مـربوط بـه تولید کنندهٔ وسایل پرنده کوچک ارائه شده است می تواند راه گشای مناسبی باشد. نمونه هایی از این الزامات عبارتند از :

– صدور، تایید یا تغییر مدارک باید بصورت مدون ثبت و نگهداری گردد.

– ارزیابی، ممیزی و کنترل فروشندگان و پیمانکاران باید ثبت و نگهداری شود.

– داده هـای مـربوط بـه قطعـات، مـواد، محصـولات و تجهـیزات تولـید شده در داخل سازمان یا قطعات ورودی ثبت، نگهداری و بررسی گردد.
– امکانی جهت شناسایی و ردگیری اقلام و محصولات مهیا شود.
– فهرست استانداردهای کیفیت ثبت و به آسانی در دسترس قرار گیرد.
– کل فرآیند ساخت ثبت و نگهداری و بررسی گردد.
– سـوابق بازرسـی و آزمـون شـامل اقلام ورودی، اقلام استاندارد، آزمایشهای پروازی و غیره نگهداری و به آسانی قابل بازیابی و بررسی باشد.
– تمامی سوابق و پروسه های مربوط به موارد عدم تطابق، علت عدم تطابق، اقدامات اصلاحی، اصلاح قطعات، اقدامات پیشگیرانه به قسمی که نتایج را نیز شامل گردد نگهداری شود.
– کلیه داده های مربوط به ابزارها، قید و بندها، تجهیزات آزمایش و کالیبراسیون آنها نگهداری و قابل دسترس باشد.
– و ...
توجـه بـه سیسـتم از مـنظر سـه نگـرش ارائـه شـده در مورد دیدگاه شئ گرا و الزامات فوق، جهت پیاده سازی سیستم اطلاعات کنترل کیفیت در صنعت هوایی باید لحاظ گردد.

ابزارهای مدلسازی شئ گرا :

ابزارهای متداول مدلسازی شئ گرا عبارتند از :

۱–متدولوژی Coad/Yourdon(OOA)	۲–متدولوژی BON	۳–متدولوژی OSA
۴– متدولوژی Hodge/Mock	۵– متدولوژی Booch	۶– متدولوژی OMT
۷– متدولوژی UML	۸–متدولوژی Fusion	۹–متدولوژی OOSA

پایه و اساس همه این ابزارها یکسان است و تفاوت در علائم بکار گرفته شده و تعبیر هر یک از آنها می باشد. همچنین هـر یـک از ایـن ابـزارها فـنون خاصـی را جهـت مدلسازی به کار می گیرد که ممکن است در ابزار دیگر موجود نباشد. OMT بـا اسـتفاده از ایـده های روش های Booch ، Jacobson و Shaler/Mellor و غیره تکامل پیدا نموده است. همچنیـن تلاشـهایی هـم جهت ترکیب این ابزارها و ایجاد روش جدید صورت گرفته است. در این راستا در سال ۱۹۹۶ Booch ، Rumbaugh و Jacobson در کـنار هـم گـرد آمدنـد و پایه های زبان مدلسازی یکپارچه (UML) را ایجاد نمودنـد کـه در سال ۱۹۹۷ توسط گروه OMG (گروه مدیریت شئ) در آمریکا به عنوان یک استاندارد پذیرفته شد. زبان مدلسـازی یکـپارچه (UML) مجموعـه ای است از بهترین های مهندسی نرم افزار که کارایی آنها در مدلسازی سیستم های بزرگ و پیچیده به اثبات رسیده است. از این رو UML می تواند به عنوان ابزار مناسب مدلسازی سیستم اطلاعات کنترل کیفیت انتخاب گردد.

مراحل مدلسازی سیستم :

در این بخش مراحل مدلسازی سیستم تشریح می گردد. مدلسازی فوق شامل مراحل ذیل می باشد :

۱- تشریح سیستم و شناخت نیازمندیها
۲- مدلسازی اشیاء
۲- الف – شناخت اشیاء و کلاسها
۲- ب – ایجاد واژه نامه یا دیکشنری داده ها
۲- پ – شناخت ارتباط و اجماع کلاسها
۲- ت – شناخت خصوصیات و عملکرد اشیاء
۲- ث – ترسیم دیاگرام اشیاء
۳- مدلسازی پویا
۳- الف – شناخت سناریوهای توالی عملیات سیستم
۳- ب – تعیین رویدادها و ترسیم دیاگرام های جریان رویداد
۳- پ – ترسیم دیاگرام حالت اشیاء

۱- تشریح سیستم و شناخت نیازمندیها

اولین مرحله در مدلسازی شناخت نسبت به سیستم و نیازمندیهای آن می باشد. این مرحله مشترکاً با همکاری کاربر انجام می پذیرد. کاربر به تشریح سیستم پرداخته و آنرا تشریح می نماید و با توجه به توضیحات کاربر شناخت نسبت به سیستم کامل شده و نیازمندیها تعیین می گردد. باید توجه داشت که در این مرحله سیستم بصورت کلی تشریح شده و اهداف و نیازمندیهای آن مشخص می گردد. از وارد شدن در جزئیات و ارائه راه حل در بارهٔ نیازمندیها باید پرهیز نمود. این شناخت باید بصورتی منظم و مدون مستند شده و به عنوان یک راهنما در اختیار کاربر نیز قرار گیرد.

۲- مدلسازی اشیاء

مدلسازی اشیاء جهت توصیف نمودن ساختار داده های سیستم استفاده می گردد. معماری بانک اطلاعاتی کنترل کیفیت توسط دیاگرام اشیاء سازماندهی خواهد شد. آنطور که پیشتر بیان شده است مدلسازی اشیاء در ۵ مرحله صورت می پذیرد. ۲- الف – تعیین اشیاء و کلاس های آنها مرحله اول در مدلسازی اشیاء می باشد. در این مرحله مجدداً با ارتباط صحیح با کاربر و دقت در تشریح سیستم و نیازمندیهای حاصل از مرحله قبل، دید عمیق تری نسبت به سیستم پیدا خواهد شد که منجر به استخراج اشیاء می گردد. شئ هر چیزی است که اطلاعات و روشها را در خود نگهداری می کند مانند قطعات فلزی، قالبها، نقشه ها، پیمانکاران و ... در صنعت هوایی. بخش های اطلاعاتی که توسط شئ نگهداری می شود صفت(Attribute) نامیده می شود که مقدار درون آن تغییر می کند ولی خود صفت تغییر پیدا نمی کند. رفتاری که شئ در مواجه با شرایط مختلف از خود بروز می دهد عملیات آن شناخته می شود. مثلاً برای قطعه هوایی

قـبول، رد یـا اصـلاح قطعـه عملیات می باشد. بنابراین ابتدا اشیاء و سپس از اشیاء کلاسها مشخص و مستند می گردد. کـلاس در حقیقـت یـک الگو را برای شئ فراهم می کند. اشیاء و کلاسها با توجه به ماهیت طبیعی آنها نام گذاری می گردد و اشیاء و کلاسهای تکراری حذف می گردد.

۲- ب – در ایـن مـرحله اسـامی مشـخص و بکار رفته شده تاکنون تشریح می گردد و یک واژه نامهٔ یا دیکشنری داده بـرای آنهـا تهـیه می شود. این واژه نامه باید شرح فیلدها، خواص و کاربرد اشیاء و کلاسها و رابطه بین آنها را مشخص نماید. همچنین باید شامل فرضیات، محدودیت ها نیز باشد.

۲- پ – در ایـن مـرحله ارتباط بین کلاسها و اشیاء مد نظر قرار گرفته و تعیین می گردد. هرگونه ارتباط بین کلاسها را اجـتماع آن دو کـلاس گویـند. ایـن ارتباطات یا اجتماعات از جملات خبری که در شناخت اشیاء و مستند سازی آنها در مـرحله قـبل ذکـر مـی گردد قابل استخراج است. البته عبارات خبری که حداقل دو شئ در آن ذکر شده باشد. به عنوان مـثال مـی تـوان از اعمال و عملیات هدایت شده از یک شئ به شئ دیگر، مالکیت بین اشیاء و ارتباط "*موجب شدن*" نام بـرد. از جملـه گـزاره هایـی که می تواند جهت تعیین ارتباطات و اجتماعات بین اشیاء در مرحله شناخت مورد توجه قرار گیرد عبارت است از : "کنار" ، "درون" ، "بخشی از" ، "مالکیت" و ... باید توجه داشت که هدف از تعیین ارتباطات بین اشیاء ایجـاد ساختار ثابت سیستم است لذا باید مراقب بود که ویژگیهای محرک سیستم و رویداد ها درج نشوند و نیز ارتباطات نـباید بـیانگر عملـیات و فعالیـتهای پـیاده سـازی باشند. همچنین ارتباطات سه تایی بین سه شئ باید ساده و تبدیل به ارتباطات دوتایی گردد.

۲- ت – در ایـن مـرحله بـه شناسایی صفات (Attributes) و عملیات اشیاء پرداخته می شود. هر خصوصیت، فیلد داده ای از اشـیاء اسـت کـه مـی توانـد بـرای هـر یـک از اشـیاء مقداری را نگهداری و در صورت لزوم فراخوانی نماید. این خصوصـیات را می توان با برقراری ارتباط با پرسنل عملیاتی و مصاحبه با آنها و بررسی اسناد و مدارک مربوط به کنترل کیفیـت مانـند انـواع بـرگه هـای بازرسـی و کنـترل در تمامـی مراحل عملیاتی سیستم به دست آورد. با کپسوله کردن(Encapsulation)، تمامـی فـیلدهای دادهٔ کنترل کیفیت و خصوصیات آنها، در کلاسهای مختلف از هم مجزا و مخفی شده و ارتباط بین آنها تنها از طریق ارسال پیام صورت می گیرد.

۲- ث – نهایـتاً در ایـن مـرحله ابـتدا دیاگرام سطح بالای اشیاء رسم می گردد که ساختار کلی سیستم اطلاعات کنترل کیفیـت مـورد نظـر را نشـان مـی دهـد. سپس با استفاده از وراثت (Inheritance) برای ساختار های داده ای مشترک بصورت آبشاری از بالا به پایین و یا از پایین به بالا، دیاگرام اشیاء سطوح پایین تر یا بالاتر شکل می گیرد. همچنین می تـوان از چـند شـکلی (Polymorphism) جهـت تغییر شکل در خصوصیات و رفتار اشیاء دادهٔ کنترل کیفیت در شرایط مختلف عملیاتی استفاده نمود.

۳- مدلسازی پویا

مدلسـازی پویـا گویـای رفـتار اشـیاء می باشد. طی مرحله مدلسازی پویا رفتار وابسته به سیستم و اشیاء درون آن مورد بررسی قرار گرفته و زنجیرهٔ رفتار سیستم در مواجه با محرکهای خارجی و نحوه اجرای این رفتارها مورد ارزیابی قرار می گـیرد. در حقیقت این مرحله جهت درک جریان کنترل در داخل سیستم استفاده می گردد. رفتار اشیاء با تغییر حالت آنها بـر اثـر اتفاقـات مشخص می گردد. اتفاقات را می توان از متن ارتباطات و تبادل اطلاعات پیاپی اشیاء درونی سیستم با

اشـیاء جانبـی آن تعییـن نمود. اشیاء جانبی را اصطلاحاً عمل کننده(Actor) گویند. باید اشیاء جانبی سیستم را مشخص کـرده و از متـن گفـتگو و ارتـباطات آنهـا بـا سیسـتم، اتفاقـات را برای انجام هر عملی مشخص نمود. دنباله اتفاقات را اصطلاحاً سناریو می گویند. مدلسازی پویا همانگونه که قبلاً عنوان شد شامل ۳ مرحله می باشد.

۳- الـف – پـس از گـذار از مرحله مدلسازی اشیاء، سیستم و عناصر آن به سادگی مشخص می گردد. در این مقطع باید جـریان هـای عملیاتی سیستم و استثناء های موجود در آنها تدوین گردد به نحوی که توالی عملیات و همزمانی فعالیت هـای مخـتلف سیسـتم کاملاً مشخص گردد. هر توالی از عملیات یک سناریو می باشد. بنابراین سناریوهایی تدوین می گردد تا نحوهٔ توالی فعل و انفعالات سیستم در مواجه با محرک ها نشان داده شود.

۳- ب – پـس از تعـریف سناریوهای فوق و مشخص نمودن توالی عملیات، جریان کنترل سیستم مورد بررسی قرار می گـیرد. بدیـن شـکل کـه در شـرایط و وقـایع موجود در توالی عملیات تعیین شده، حالات مختلفی که یک شئ در دوره زندگـی اش بـه خود می گیرد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و در دیاگرام جریان رویداد (Event Flow Diagram) نمایش داده می شود. در گذار از این مرحله جریان کنترل سیستم به حالتها (States) و رخدادهایی(Events) تجزیه می گردد که سلسله مراتب به اشتراک گذاری ساختار های تعیین شده و رفتارهای آنان را سازماندهی می نماید.

۳- پ – پـس از مشـخص نمـودن سناریوهای توالی عملیات، حالتها و رخدادهای اشیاء و ساخت دیاگرام جریان رویداد اقـدام بـه سـاخت دیاگـرام حالـت با توجه به این رویدادها و سناریوها می گردد. هر حالت از یک طرف می تواند بیانگر فعالیـت شئ در شرایط و وضعیتی خاص باشد و از طرف دیگر نشانگر مقدار خاصی که شرایط فوق را ارضاء می کند. هر سـناریو مسـیری را در دیاگـرام حالـت تعیین می کند. هر حالت می تواند شامل فعل ورودی، فعل خروجی یا فعالیتی در حیـن حضـور شئ در آن حالت باشد. فعالیت بعد از فعل ورودی انجام خواهد شد. همچنین هر حالت می تواند شامل زیر حالت های مختلف باشد که حالت کلی را به حالت های کوچکتر و جزئی تر تجزیه می کند.

با جمع بندی سناریوها و دیاگرام های حالت مدل پویای سیستم حاصل خواهد شد.

مدلسازی سیستم اطلاعات کنترل کیفیت در صنایع هوایی

در بخشـهای قبلـی مراحل مدلسازی سیستم بر پایهٔ شئ گرایی توصیف گردید. حال به طراحی سیستم اطلاعات کنترل کیفیـت در صـنایع هوایـی بر اساس این مدل و طبق مراحل ذکر شده پرداخته می شود. لازم به ذکر است که مدل ارائه شده جهت صنایع هوایی سازنده وسایل پرنده کوچک در نظر گرفته شده است.

۱- تشریح سیستم اطلاعات کنترل کیفیت در صنایع هوایی

در اولین مرحله به تشریح سیستم مورد نظر اشاره می شود.

هـدف ایجـاد سیسـتمی است که تمامی فعالیتهای مربوط به کنترل کیفیت را در یک صنعت هوایی سازنده وسیله پرنده کوچـک پشـتیبانی نمـاید. ایـن صنعت دارای یک واحد کنترل کیفیت می باشد که تمامی فرآیند تولید محصول را تحت نظـر دارد. اسـتفاده از هـر قطعـه در سـاخت محصـول نهایی فقط و فقط با تایید واحد کنترل کیفیت صورت می گیرد و تمامـی اقـلام و قطعـات و قالـبها و ... جهت مصرف در تولید باید توسط این واحد کنترل و بازرسی و مستندات آن ثبت

شـودو تایـید گـردد. واحـد کنترل کیفیت با مشاهده موارد عدم تطابق در هر زمان تولید را متوقف و مورد را جهت تعیین تکلـیف بـه کمیـته عـدم تطـابق ارجـاع می دهد. در صورت دریافت اعلان نظر کمیته در مورد اصلاح ، دوباره کاری یا اقدامـات اصلاحی و پیشگیرانه موارد را پیگیری می نماید. کلیه عملیات کنترلی در چهار گروه کنترل اقلام، کنترل قالب، کنـترل قطعـه و کنـترل فرآیـند تقسـیم می گردد. کارشناسان کنترل کیفیت به دقت تمامی موارد را تحت نظر داشته و مـرحله بـه مـرحله تمامی پارامترهای کنترلی را چک نموده و ثبت می نمایند. هر قطعه جهت مصرف باید دارای پرونده کنـترل کیفیـت بوده و تایید واحد کنترل کیفیت را داشته باشد. قطعه رد شده توسط کنترل کیفیت، منهدم یا مرجوع می گـردد. در صـورتی کـه نـیاز بـه اصلاح قطعه باشد نقشه ها، طرح ها و قالبها با نظارت کنترل کیفیت اصلاح می گردد. تمامی واحدهای ساخت یا تامین قطعات مورد نیاز در ارتباط نزدیک با کارشناسان کنترل کیفیت بوده و پس از هر مرحله در خواست کنترل از کارشناسان کنترل کیفیت می نمایند و پس از تایید تولید ادامه می یابد. سوابق کنترل هر قطعه باید قـابل دسـترس باشـد. کلـیه کنترل اقلام ورودی اعم از استاندارد، فلزی، غیر فلزی، اویونیکی و سیستم همچنین کنترل قالبها، کنترل مجموعه ها و زیر مجموعه های مونتاژی، عدم انطباق ها، اقدامات اصلاحی، اصلاح قطعات و ... باید قابل ثبت ، جستجو و نمایش باشد. سیستم باید پس از اتمام ساخت هر فروند امکان ارائه پرونده کامل اقدامات کنترل کیفیت در مورد آن فروند را داشته باشد. تمامی مشخصات قطعات، نقشه ها، قالبها، ابزار های بازرسی، تامین کنندگان قطعات و ... بـاید قـابل ثبـت ، جسـتجو و نمایش باشند. سیستم در ثبت موارد کنترل باید با کاربر ارتباط برقرار نموده و اطلاعات ورودی او را دریافت نموده و تراکنش مربوطه را به انجام برساند.

۲- مدلسازی اشیاء سیستم کنترل کیفیت در صنایع هوایی

پس از تشریح و شناخت نیازمندیهای سیستم فاز مدلسازی اشیاء طبق مراحل ذکر شده آغاز می گردد.

۲- الف - شناخت اشیاء و کلاسها

پیشـتر عنوان شد که در این مرحله تمامی اشیاء دادهٔ مربوط به کنترل کیفیت در سازمان تعیین می گردد. این امر را می تـوان بـا بررسـی تشـریح سیستم ارایه شده در فوق و همچنین بوسیله مصاحبه های مختلف با پرسنل عملیاتی درگیر با مسـائل کنترل کیفیت در واحد های مختلف و بررسی مستندات مربوط به کنترل کیفیت در تمامی مراحل تولید به انجام رسـاند. بـا انجـام ایـن مـرحله با توجه به بررسی های صورت گرفته شده بر روی سیستم های کنترل کیفیت موجود در برخـی سـازمان هـای هوایـی و بررسـی اسناد و مدارک مربوط به آنها، تقریباً اشیایی که در جدول ۱ نشان داده شده اند مشخص می گردد.

۱–فروشنده	۱۴–قطعات کامپوزیتی	۲۷–کنترل فرآیند ساخت مجموعه های مونتاژی
۲–پیمانکار	۱۵–سایر قطعات	۲۸–کنترل فرآیند ساخت زیر مجموعه های مونتاژی
۳–کارکنان	۱۶–مجموعه های مونتاژی	۲۹–کنترل محصول نهایی
۴–مشتری	۱۷–زیر مجموعه های مونتاژی	۳۰–آزمایشهای پروازی
۵–قطعات ورودی – استاندارد	۱۸–نقشه های قطعات	۳۱–اصلاح قطعات
۶–قطعات ورودی – اویونیکی	۱۹–نقشه های قالبها	۳۲– عدم انطباق ها
۷–قطعات ورودی – سیستم	۲۰–نقشه های مجموعه های مونتاژی	۳۳– اقدامات اصلاحی
۸–قطعات ورودی – مواد خام فلزی	۲۱–نقشه های زیر مجموعه های مونتاژی	۳۴– اقدامات پیشگیرانه
۹–قطعات ورودی – غیر فلزی	۲۲–تجهیزات بازرسی و آزمون	۳۵–هزینه های کنترل کیفیت
۱۰–قالبهای چوبی	۲۳–کالیبراسیون تجهیزات بازرسی و آزمون	۳۶–آزمایش قطعات ورودی
۱۱–قالبهای فلزی	۲۴–کنترل و بازرسی قطعات ورودی	۳۷–مجوز خرید
۱۲–قالبهای کامپوزیتی	۲۵–کنترل فرایند ساخت قالبها	۳۸–درخواست کالا
۱۳–قطعات فلزی	۲۶–کنترل فرایند ساخت قطعات	۳۹–استانداردها

جدول ۱: اشیاء سیستم کنترل کیفیت در صنایع هوایی

۱–پیمانکار	شخصی که اقلام موثر بر کیفیت محصول شرکت را با بهترین کیفیت ممکن تامین می نماید
۲–قطعات ورودی – استاندارد	قطعات استاندارد مورد استفاده در ساخت محصول مانند پیچ، مهره و ...
۳–قطعات ورودی – غیر فلزی	اقلام خام غیر فلزی مورد استفاده در تولید محصول مانند رزین، هاردنر و ...
۴–قالبهای کامپوزیتی	قالب هایی که جهت ساخت قطعات کامپوزیتی ساخته می شود.
۵–قطعات فلزی	قطعات فلزی که در داخل سازمان ساخته می شود.
۶–مجموعه های مونتاژی	قسمت هایی از محصول نهایی که مجموعه ای شامل چندین قطعه دیگر می باشد مانند بال، ارابه فرود و ...
۷–کنترل و بازرسی قطعات ورودی	اطمینان از مورد تایید بودن قطعات هوایی و فنی ورودی به سازمان.
۸–کنترل فرایند ساخت قطعات	کنترل های قبل از ساخت،حین ساخت،پس از ساخت و کنترل نهایی قطعاتی که در سازمان ساخته می شود.
۹– عدم انطباق ها	عدم تطابق مواد اولیه،قطعات،مجموعه ها،زیر مجموعه ها،فرایند ساخت و ... با استانداردهای تعریف شده.

جدول ۲: واژه نامه یا دیکشنری اشیاء سیستم کنترل کیفیت در صنایع هوایی

۲– ب – ایجاد واژه نامه یا دیکشنری داده ها

پس از تعیین اشیاء سیستم ، باید بر اساس محتوا و مشخصات آنها، واژه نامه یا دیکشنری اشیاء که محدودهٔ کلاس اشیاء فوق را تشریح می نماید ایجاد گردد. به عنوان نمونه در جدول ۲ این امر جهت تعدادی از اشیاء صنعت هوایی نشان داده شده است.

۲- پ - شناخت ارتباط و اجماع کلاسهای سیستم کنترل کیفیت در صنایع هوایی

در ایـن مرحله اجماع بین کلاسها و ارتباط بین اشیاء سیستم کنترل کیفیت که در جدول ۱ ذکر گردیده است، تعیین می گـردد. همانگونـه کـه قبلاً عنوان کردیم این ارتباطات از جملات خبری ذکر شده در تشریح سیستم و مستند سازی آنها قابل استخراج است. جدول ۳ نمونه هایی از این ارتباطات را نشان می دهد.

۱-کارمند اقلام مورد نیاز را توسط درخواست کالا به کارمند انبار اعلام می دارد.	۱۳-کالیبراسیون وضعیت ابزار های آزمایش را نشان می دهد.
۲-کارمند مدارک و مستندات مربوط به قطعه و اقلام را ارائه می کند.	۱۴-مجموعه ها در ارتباط با قطعات هستند.
۳-پیمانکار سوابق کیفیتی اقلام تهیه شده را ارئه می نماید.	۱۵-زیر مجموعه ها در ارتباط با مجموعه ها و قطعات هستند.
۴-کارمند قطعات ورودی را بازرسی می کند.	۱۶-قطعات در ارتباط با نقشه ها هستند.
۵-کارمند قبل از ساخت قطعات، بازرسی را انجام می دهد.	۱۷-قالبها در ارتباط با نقشه ها هستند.
۶-کارمند حین ساخت قطعات فرآیند را بازرسی می کند.	۱۸-قالبها در ارتباط با قطعات هستند.
۷-کارمند پس از ساخت قطعات بازرسی را انجام میدهد.	۱۹-استانداردها پارامترها کنترلی را مشخص می نماید.
۸-کارمند س از ساخت قطعات، بازرسی نهایی را انجام می دهد.	۲۰-کارمند آزمایشات پروازی را نظارت و ثبت می نماید.
۹-کنترل فرایند بخشی ار کنترل تولید است.	۲۱-کارمند بازرسی قبل از ساخت مجموعه ها را انجام میدهد.
۱۰-کارمند پارامترهای کنترلی را مشخص می نماید.	۲۲- کارمند بازرسی حین ساخت مجموعه ها را انجام میدهد.
۱۱-کارمند اطلاعات قطعات را ثبت می کند.	۲۳- کارمند بازرسی پس از ساخت مجموعه ها را انجام میدهد.
۱۲-کارمند کالیبراسیون را انجام و ثبت می نماید.	۲۴- کارمند بازرسی نهایی ساخت مجموعه ها را انجام میدهد.

جدول ۳: اجماع کلاسها و ارتباط بین اشیاء سیستم کنترل کیفیت در صنعت هوایی

۲- ت - تعیین صفات و عملکرد اشیاء سیستم کنترل کیفیت در صنایع هوایی

در ایـن فـاز صـفات و عملکرد هر یک از اشیاء مشخص شده در مراحل قبلی شناسایی و تعیین می گردد. بنابراین اسناد موجود کنترل کیفیت و توصیفی را که پرسنل عملیاتی از اشیاء شناخته شده، در مصاحبه ها ارائه می نمایند به دقت مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. لازم است صفاتی که ممکن است در آینده مورد نیاز باشد مورد توجه قرار گیرد. طرح سئوالات ذیل جهت تعیین صفات، عملکرد اشیاء در بررسی اسناد و مصاحبه با پرسنل بسیار مفید می باشد :

۱- این شئ چگونه توصیف می گردد.

۲- این شئ نیازمند دانستن چه چیزهایی است و یا خروجی های این شئ چیست.

۳- شئ چه حالاتی را در طول عمر خود باید طی نماید.

۴- طول عمر این شئ از چه زمانی آغاز و چه زمانی پایان می یابد.

۵-تعداد این شئ به چه میزان پیش بینی می گردد.

شکل ۱ نمونه هایی از صفات و عملکرد های اشیاء سیستم کنترل کیفیت تعیین شده در جدول ۱ را نشان می دهد.

پارامترهای کنترل قالب	کنترل قالب	قالب کامپوزیتی	اقلام ورودی – استاندارد	پیمانکار
شماره فرم عنوان پارامتر مطابق با استاندارد اصلاح یک اصلاح دو قبول رد توضیحات	شماره فرم شماره قالب تاریخ تعداد نتیجه کنترل مرحله اول بازرس مرحله اول تاریخ کنترل مرحله اول نتیجه کنترل مرحله دوم بازرس مرحله دوم تاریخ کنترل مرحله دوم	شماره قالب نام قالب سریال ساخت نقشه شماره قطعه تاریخ ساخت	کد قطعه نام قطعه سریال ساخت شماره فنی شرکت سازنده تاییدیه FAA تاریخ ساخت	کد پیمانکار نام پیمانکار آدرس تلفن فاکس رتبه دارای گواهینامه کیفیت داخلی/خارجی
– ثبت() – ویرایش() – نمایش() – قبول() – رد() –بازکاری()	– ایجاد() – ویرایش() – نمایش() – جستجو() – ابطال()	– ثبت() – ویرایش() – نمایش() – جستجو() – قبول() –رد() – بازکاری()	– ثبت() – ویرایش() – نمایش() – جستجو() – قبول() –رد()	– ثبت() – ویرایش() – نمایش() – جستجو() – حذف()

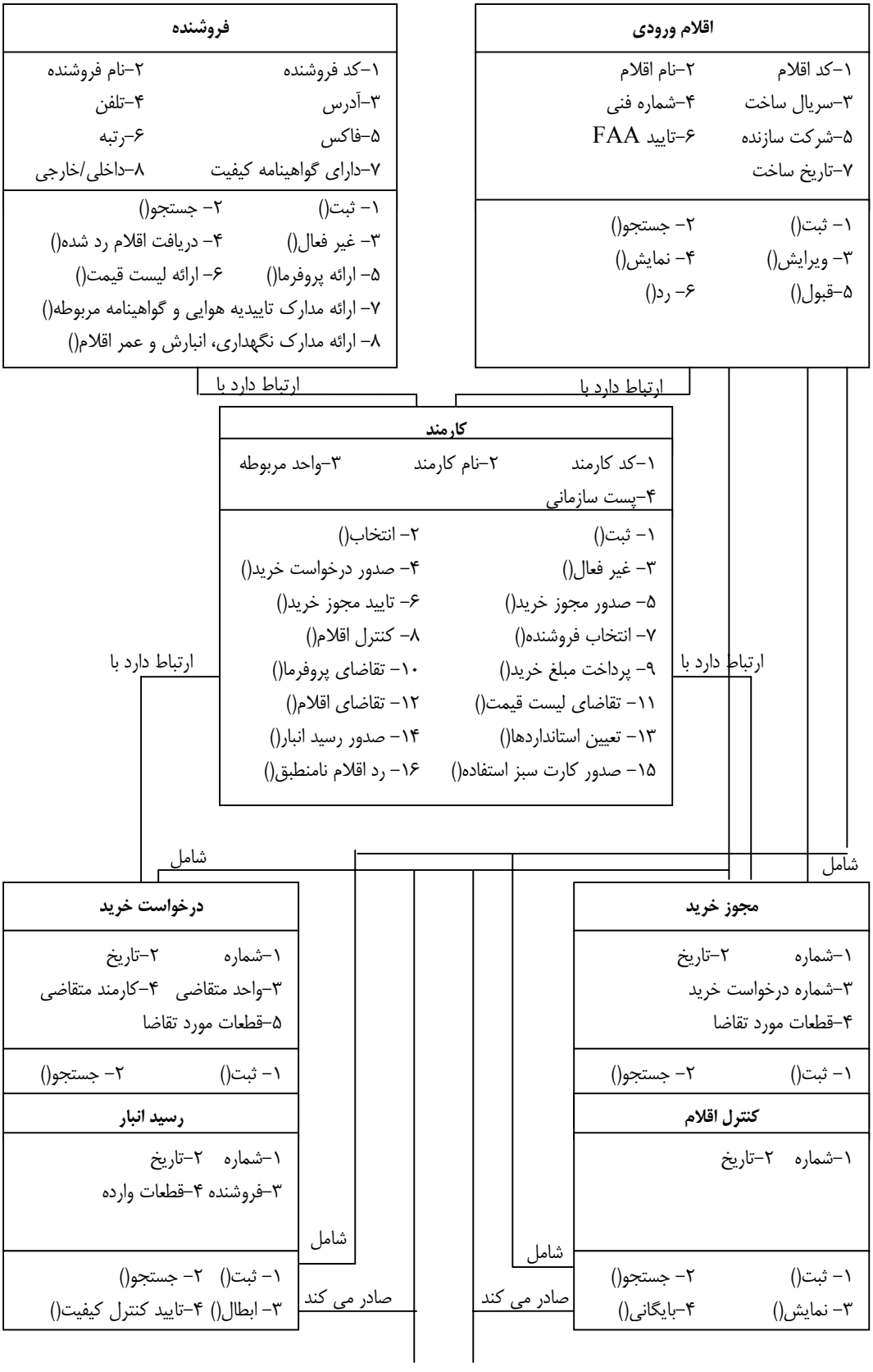
شکل ۱: صفات و عملکرد اشیاء سیستم کنترل کیفیت

۲- ث - ترسیم دیاگرام اشیاء سیستم کنترل کیفیت صنایع هوایی

پس از تعیین صفات و عملکرد اشیاء به ساخت و ترسیم دیاگرام اشیاء سیستم مبادرت می گردد. ابتدا دیاگرام سطح بالای اشیاء ترسیم می شود. در این دیاگرام اشیاء سطوح پایین نمایش داده نمی شود. پس از ترسیم دیاگرام سطح بالای اشیاء، با استفاده از توارث و اشتراک ساختار، اشیاء سطوح بالا به اشیاء سطوح پایین تر تجزیه و دیاگرام سطوح پایین تر ترسیم می گردد. در شکل ۲ بخشی از دیاگرام سطح بالای اشیاء کنترل کیفیت در صنایع هوایی که مربوط به کنترل قطعات ورودی می باشد نشان داده شده است. همچنین شکل ۳ دیاگرام سطح پایین تر دیاگرام سطح بالای فوق را ارائه می نماید. اشیاء تعیین شده با توجه به توصیف ها و تشریح های ارائه شده در مورد اجماع کلاسها، به هم ارتباط داده می شوند.

۳- مدلسازی پویای سیستم کنترل کیفیت صنایع هوایی

بطوریکه بیان شده است مدلسازی پویا گویای رفتار اشیاء می باشد و جهت درک جریان کنترل در داخل سیستم از آن استفاده می گردد. پس از پایان یافتن مرحله مدلسازی اشیاء با ترسیم دیاگرام اشیاء سیستم مدلسازی پویا را که شامل سه مرحله است آغاز می نماییم.



شکل ۲: بخشی از دیاگرام سطح بالای اشیاء سیستم کنترل کیفیت در صنایع هوایی

شکل ۳: دیاگرام سطح دوم اشیاء کنترل اقلام سیستم کنترل کیفیت در صنایع هوایی

۳– الف – شناخت سناریوهای توالی عملیات سیستم کنترل کیفیت در صنایع هوایی

در اولیـن گام از این مرحله سناریوهایی جهت درک رفتار مورد انتظار سیستم مهیا می گردد. یکی از سناریوهای سیستم کنـترل کیفیـت در صـنعت هوایی مورد نظر در شکل ۴ نشان داده شده است که انجام خرید و کنترل و بازرسی قطعات ورودی می باشد و مکالمات بین کارکنان و واحدهای درگیر آن را نشان می دهد. این مکالمات و ثبت و مستندسازی آن

باعـث مـی گـردد تا کاربر اطمینان کافی نسبت به صحت کل جریان رویدادها کسب نماید و مطمئن گردد که هیچ گام مهمـی در ایـن جـریان نادیده گرفته نشده است. هر چه سناریوهای تعیین شده کامل تر باشد مدل پویا در مراحل بعدی دقیق تر خواهد بود.

۳- ب - تعیین رویدادها و ترسیم دیاگرام های جریان رویداد سیستم کنترل کیفیت در صنایع هوایی

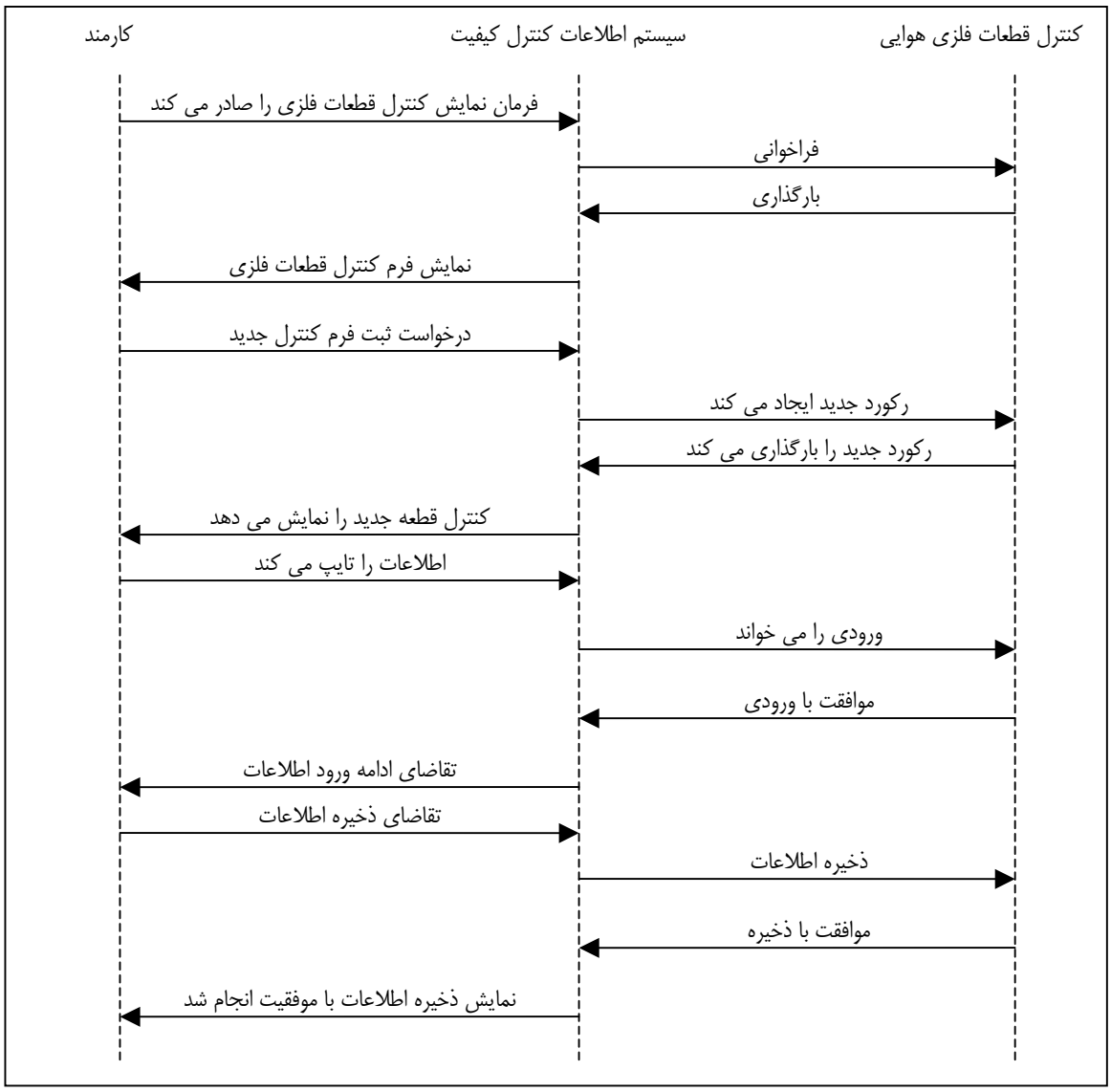
پـس از تعییـن سـناریوها باید رویدادها مشخص گردد. رویدادها شامل کلیه سیگنالها، ورودی ها، خروجی ها، تصمیمات، گذرهـا و بالاخـره عملیات از طریق کاربر یا عناصر خارجی سیستم می باشد. عمل انجام شده توسط یک شئ که موجب انتقال اطلاعات می شود نیز به نوبه خود یک رویداد است. مسیر رویدادها در بین کلاسها باید مشخص گردد.
یـک رویـداد بـرای یک کلاس به عنوان ورودی و برای کلاس دیگر به عنوان خروجی تلقی می گردد. شکل ۵ جریان رویداد کنترل قطعات فلزی هوایی را در صنعت هوایی مورد نظر نشان می دهد.

۳- پ - ترسیم دیاگرام حالت اشیاء سیستم کنترل کیفیت در صنایع هوایی

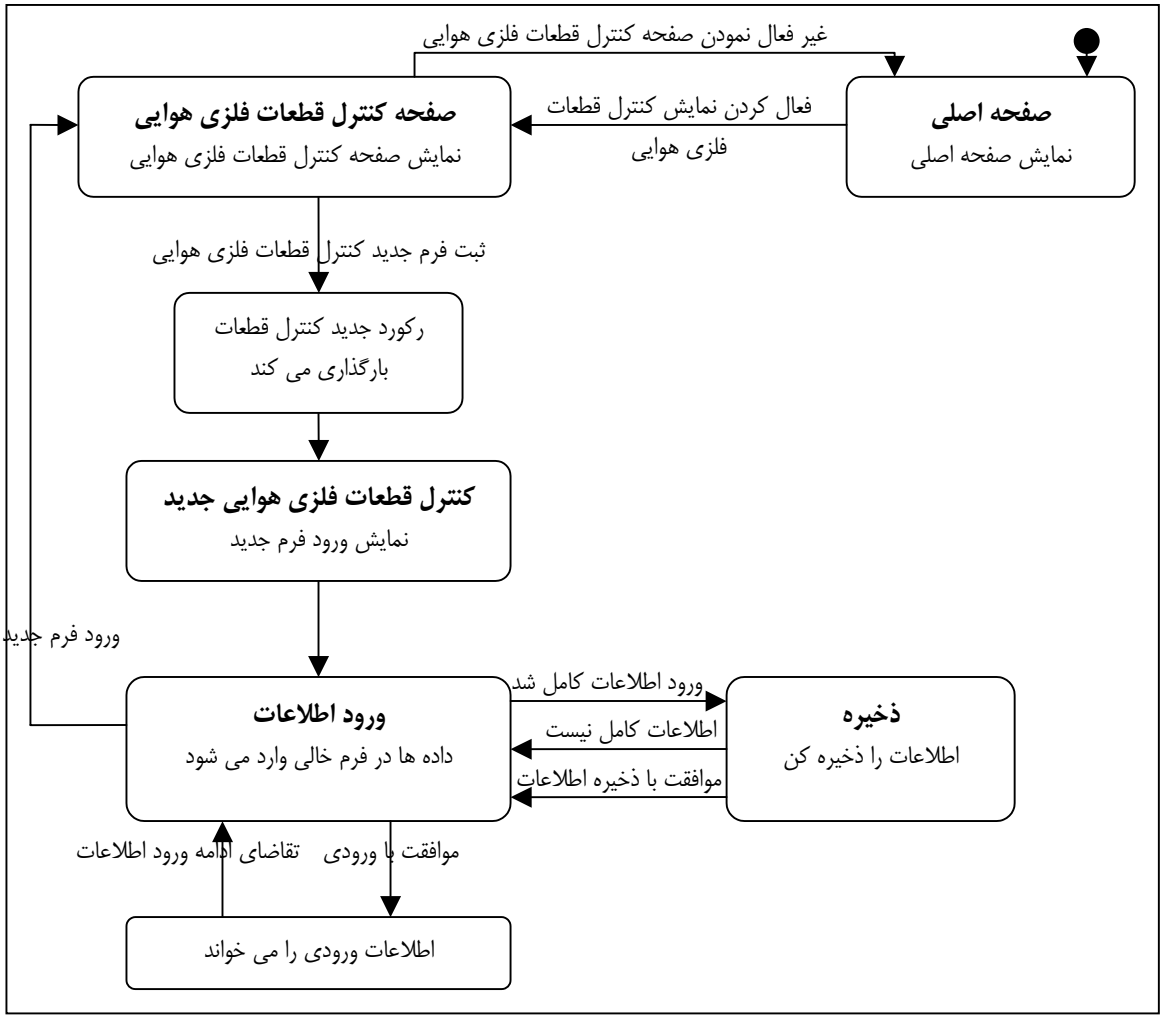
پـس از تعیین هر سناریو و جریان رویدادهای آن دیاگرام های حالت ساخته می شود. برای تعیین حالات مختلف کلاس اشـیاء به ستون مربوطه در دیاگرام جریان رویدادها مراجعه کرده و تمام رویدادهای ورودی و خروجی به ستون مربوط به شئ را مشخص می کنیم. فاصله بین هر دو رویداد یک حالت جدید را برای شئ مربوطه مشخص می کند. به هر حالت نامـی مناسـب اختصـاص مـی داده مـی شـود. رویدادهـا در حقیقت گذر بین حالات است. حالات بصورت گره و رویداد بصـورت خطوط متصل کنندهٔ گره ها نشان داده می شوند و بدین ترتیب دیاگرام حالت شکل می گیرد. شکل ۶ دیاگرام حالت ثبت کنترل قطعات فلزی هوایی را در صنعت هوایی مورد نظر نشان می دهد.

۱-کارمند متقاضی فرم درخواست کالا را جهت لیست اقلام مورد نیاز صادر و به کارمند انبار تحویل می دهد۲-درصورت عدم وجود، کارمند انبار مجوز خرید را صادر و جهت تایید ریاست ارسال می نماید.۳-برای قطعه مورد نظر منبع یابی شده و فروشنده مشخص می گردد.۴-اقلام خریداری شده توسط کارمند بازرگانی تحویل گرفته می شود.۵-کارشناس کنترل کیفیت، کارشناس بازرگانی و متقاضی قطعات ورودی را از نظر کمی و کیفی کنترل نموده و در صورت تطابق با استانداردها فرم کنترل قطعات ورودی صادر می شود۶-در صورت وجود مغایرت و عدم تطابق کارشناس کیفیت مسئله را به کمیته بازرگانی اطلاع و اقلام را رد می نماید.۷-در صورت قبول و اطمینان کارشناس کنترل کیفیت از نحوه انبارش کارمند انبار رسید انبار صادر می کند.

شکل ۴: سناریوی خرید و کنترل قطعات ورودی



شکل ۵: جریان رویداد کنترل قطعات فلزی هوایی



شکل ۶: دیاگرام حالت ثبت کنترل قطعات فلزی هوایی

پیاده سازی سیستم اطلاعات کنترل کیفیت در صنایع هوایی

در ایـن مرحله با توجه به آنالیز و مدلسازی انجام شده در مراحل قبل و براساس برنامه نویسی شئ گرا، می توان سیستم را پیاده سازی نمود. در پیاده سازی سیستم مورد نظر، از زبان برنامه نویسی Visual Basic که تمامی مباحث مربوط به بـرنامه نویسـی شئ گرا را پشتیبانی می نماید استفاده گردیده است. همچنین پایگاه دادهٔ مربوط به این سیستم در بانک اطلاعاتـی SQL SERVER 2000 پـیاده سازی شده است. این پایگاه داده شامل مجموعه جداول اطلاعاتی است که مسـتقیماً از روی مـدل اشـیاء بدست آمده در مرحله مدلسازی اشیاء ساخته شده اند. براساس معماری پایگاه دادهٔ بدست آمـده و بـا اسـتفاده از VB سیسـتم بصـورتی که در شکل ۷ صفحه اصلی آن نشان داده شده است، پیاده سازی و اجرا گـردیده اسـت. کاربـر مـی توانـد در قسمت اطلاعات پایه به تعریف و ایجاد اشیایی مانند قطعات، پیمانکاران، نقشه ها، مجموعـه هـا، زیر مجموعه ها، قالبها و ... بپردازد یا آنها را جستجو و مورد بازبینی قرار دهد. همچنین در قسمت کنترل اقلام ورودی، کنترل قالب، کنترل مجموعه مونتاژی، عدم تطابق، اقدامات اصلاحی و ... کاربر می تواند اشیاء مربوطه را

ایجـاد، جستجو و یا بازبینی نماید. همچنین کاربر می تواند در قسمت گزارشات، انواع مختلف گزارشات مورد نیاز خود را دریافت و چاپ کند.

شکل ۷: صفحه اصلی سیستم اطلاعات کنترل کیفیت در صنایع هوایی

نتیجه گیری

در سیستم های کیفیت تبادل اطلاعات کیفیتی به منظور حصول اطمینان از برآورده شدن نیازمندی های مشتری و تداوم بخشیدن به برآورده نمودن آنها و نهایتاً تولید محصول و ارائه خدمات با کیفیت بالاتر خصوصاً در صنایع هوایی با توجه به اهمیت کیفیت وایمنی در آن از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است بنابراین ایجاد یک سیستم اطلاعات کیفیت، لازم و ضروری به شمار می رود. در حال حاضر، سیستم های اطلاعات کیفیت کاربردی که در دسترس قرار دارند عموماً بر اساس هدفی معین طراحی شده اند و کمتر به طراحی این سیستم در صنایع هوایی توجه شده است. در این مقاله نحوۀ انجام مدلسازی این سیستم در صنایع هوایی، بر پایه متدولوژی شئ گرا تشریح گردیده است و رویه های مدلسازی شئ گرا مورد بررسی قرار گرفته است. در حقیقت مدلسازی شئ گرا با استفاده از نمایش گرافیکی، درک و شناخت سیستم و عملکرد آن را ساده تر نموده و جهش از مرحله تحلیل سیستم به پیاده سازی آن را سریع تر می نماید. با استفاده از نتایج حاصل از اجرای مراحل مختلف مدلسازی، سیستم مطلوب پیاده سازی گردیده است. بدین ترتیب داده های کیفیت به سادگی ثبت شده و همواره بروز نگه داشته می شود. همچنین در این سیستم، گزارشات متنوع ثابت و مولد گزارش قابل اطمینان جهت بررسی و ارائه تصمیمات مدیریتی مناسب ارائه گردیده است. در حقیقت این سیستم با بازخوردهایی که در حداقل زمان و با پردازش داده های کیفیت ثبت شده، ارائه می نماید از بروز عیب و ضایعات و تناوب آنها جلوگیری می نماید. همچنین دسترسی آسان به گزارشات آماری حاصل از پردازش داده های مختلف توسط سیستم، کارآمدی آن را جهت اجرای مدیریت کیفیت پیشگیرانه در صنعت هوایی به وضوح نشان می دهد. استفاده از این سیستم در یک صنعت هوایی نمونه نشان می دهد که وابستگی بسیاری بین اعمال مدیریت کیفیت در این صنعت و چگونگی جریان اطلاعات کیفیت و دسترسی به آنها وجود دارد. چرا که مدیریت کیفیت انجام تمامی فرآیندهایی را که بر کیفیت مطلوب و ایمنی در حد بالا تاثیر دارند مد نظر قرار می دهد و در این راستا جریان اطلاعات کیفیت و دسترسی آسان و سریع به آنها، تا حد ممکن باعث کاهش معایب و ضایعات و اختلال می گردد.

منابع

۱- عالمی، مهرداد، بررسی و مطالعه کاربردی سیستم مدیریت کیفیت، چاپ اول، نشر آرویج، ۱۳۸۱.

۲- دکـتر پارسا، سعید، تحلیل و طراحی سیستمها در مهندسی نرم افزار، چاپ دوم، تهران، مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۷۷.

۳- باگـز، ونـدی، باگـز، میشـائیل، مـرجع کامل UML with Rational Rose، مهندس مهرداد توانا، مهندس عاطفه شیجونی، چاپ اول، انتشارات نشر سیمرغ، ۱۳۸۲.

۴- گـرکس، ماکسـیمیلیان، کاربـرد مهندسـی سیسـتم هـا در تضـمین کیفیـت، علی حسین قاسمی، چاپ اول، چهل و هشتمین کنگره فید(گزیده مقالات)، مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران، ۱۳۸۰.

۵- خیاطی، محمدرضا، آشنایی با استانداردهای هوایی، ماهنامه صنایع هوایی، شماره ۱۲۱، ۱۳۸۰، صفحه ۵۲.

6-Joseph Juran and Frank Gryna, Quality Planning and Analysis, second edition, Mc Graw Hill, New York, 1980.

7-Joseph Juran, Quality Control Handbook, third edition, Mc Graw Hill, New York, 1979.

8-Grady Booch, Object Oriented Analysis and Design with Applications, second edition, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. 1994.

9-Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson, The Unified Modeling Language User Guid, Addison-Wesley, 1998.

10-Bertrand Meyer, Object Oriented Software Construction, Prentice Hall, 1998.

11- James Rumbaugh, Object Oriented Modeling and Design, Prentice Hall, 1991.

12-Ronald J. Norman, Applying Object Oriented Analysis and Design, Prentice Hall, 1996.

13-Joint Aviation Authorities (JAA) Airworthiness Documents, 1996.

14-Sematech, Implementation Handbook for the Computer Integrated Manufacturing (CIM) Application Framework Specification 1.3, Sematech, 1996.