چکیده

تدوین مدل چرخه‌عمر پروژه‌های تحقیق و توسعه یکی از عوامل کلیدی موفقیت سازمان‌های تحقیقاتی به شمار می‌رود. بطوریکه استفاده از یک مدل استاندارد، منجر به ایجاد زبان مشترک بین سازمان و فراهم‌کنندگان بیرونی محصولات، خدمات و فرایندهای سازمان می‌شود. هدف از این مقاله ارائه یک مدل چرخه‌عمر عمومی برای تحقیق و توسعه در سازمان‌های تحقیقاتی است که مورد تائید مجریان، ناظران و ممیزان مختلف قرار بگیرد. مدل ارائه شده در این پژوهش مبنایی را برای ارزیابی فعالیت‌های مجریان فراهم ساخته و ارزیابی و ممیزی فعالیت‌های تحقیق و توسعه را تسهیل می‌نماید. مدل ارائه شده در این پژوهش دارای ۴ بعد، ۱۷ مولفه،۳ نقطه کلیدی تصمیم و ۱۵۶ شاخص است. ابعاد مدل شامل فرایندهای نیازسنجی، طراحی و ساخت نمونه، مهندسی ساخت و مدیریت تولید، و بهره‌برداری و پشتیبانی است. روایی پرسشنامه محقق‌ساخته توسط ۹ نفر از خبرگان موضوع مورد بررسی قرار گرفته و ۳ سؤال حذف گردیده است. همچنین در بررسی پایایی پرسشنامه، ضریب آلفای کرونباخ برابر با ۰,۹۸۲ به دست آمده است. این نتایج، کلیه فرضیه‌های تحقیق را مورد تأیید قرار داده و رتبه مولفه‌ها در هر بعد نیز مشخص شده است. طبق نتایج به دست آمده، بعد نیازسنجی از اهمیت بیشتری در چرخه‌عمر تحقیق و توسعه سازمان‌های تحقیقاتی برخوردار است. استفاده از مدل این تحقیق سازمان‌های تحقیقاتی را قادر به پیاده‌سازی اثربخش فرایندهای مورد نیاز برای تحقیق و توسعه نموده و به مدیران و ذینفعان سازمان تحقیقاتی در تصمیم سازی و تصمیم گیری کمک می‌کند.

کلید واژه:

چرخه‌عمر، تحقیق و توسعه، سازمان‌های تحقیقاتی، مدل عمومی چرخه‌عمر

مدل عمومی چرخه‌عمر پروژه‌های تحقیق و توسعه در سازمان‌های تحقیقاتی با رویکرد مهندسی سیستم‌ها

محمد فروزنده(نویسنده مسئول)
دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران
mforozandeh@mut.ac.ir
سید طه حسین مرتجی
دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران
mortagi@ind.iust.ac.ir
عباس طهماسبی
دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس
A_tahmasebi@modares.ac.ir

تاریخ ارسال:۹۹/۰۸/۰۱
تاریخ پذیرش:۹۹/۱۱/۳۰

مقدمه

مدیریت پروژه‌های تحقیق و توسعه همواره با پیچیدگی‌هایی همراه بوده و مستلزم صرف هزینه و زمان زیادی است. این پروژه‌ها اغلب با ذی‌نفعان مختلفی در لایه‌های گوناگون زنجیره تامین سروکار داشته که هر کدام از این ذی‌نفعان دارای نیازها و انتظارت متفاوت و بعضا متضاد هستند. به همین دلیل حجم بسیار زیادی از این پروژه‌ها در برآورده‌نمودن الزامات، ناموفق بوده و اغلب با هزینه بیشتر، در زمان طولانی‌تر و با کیفیت کمتر به اتمام می‌رسند. یکی از عوامل این عدم موفقیت، جهانی‌شدن صنعت و در نتیجه تنوع نیازها و انتظارات منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی است. سازمان‌های تحقیقاتی چالش فراهم‌نمودن محصولات، خدمات و فرایندهایی را از فراهم‌کنندگان بیرونی متعدد دارند. فراهم‌کنندگان بیرونی نیز چالش تحویل محصولات، خدمات و فرایندهای متنوع به مشتریانی متعدد و دارای نیازها و انتظارات مختلف را دارند. بنابراین لازم است الزامات فرایند تحقیق و توسعه تا حد امکان استاندارد شده و توسط سازمان‌های مختلف در تمام سطوح زنجیره تامین مورد استفاده قرار گیرند.

مولفان مقاله با بررسی عملکرد ده ساله اجرای تحقیقات و عارضه یابی مشکلات آنها دریافتند که بیش از ٦٠ درصد از مشکلات چرخه تحقیقات در سازمانهای تحقیقاتی به عدم وجود یک مدل جامع مورد اجماع همه صاحبنظران می باشد. در بسیاری از موارد ناظران پروژه و مجریان در مورد الزامات تفاهم و اجماع نظر ندارند. بررسی و تحلیل وضعیت پروژه‌های تحقیق و توسعه نشان می‌دهد که یکپارچگی در مراحل تصویب، اجرا، نظارت و راهبری پروژه‌های تحقیقاتی وجود ندارد. سازمان مجری از مدلی استفاده می‌کند که ناظر قبول ندارد و ناظر با ادبیات خود نظارت می‌کندتعریف و تصویب پروژه های تحقیقای بصورت نظام مند مطابق نیاز و بازار تعریف نمی‌شود. در اکثر موارد فرایندها و روال‌های مناسبی برای مراحل چرخه‌عمر از مرحله ایده تا محصول به همراه شفافیت وظایف بین

سازمان‌های درگیر پروژه‌های تحقیق و توسعه بصورت فراگیر تعریف نشده است. همچنین در پروژه‌های تحقیق و توسعه سطح و عمق فناوری‌ها و اجزای سازنده هر سیستم به‌خوبی استخراج نشده و فاصله فناوری‌های موجود در هر محصول با فناوری‌ها و محصولات مشابه در دنیا سنجیده نمی‌گردد. مطالعات امکان‌پذیری تأمین اقلام و تجهیزات موردنیاز پروژه‌ها نیز با جزئیات محدودی انجام می‌شود. بیش از ۶۰ درصد مشکلات به عدم تامین بموقع اقلام و مواد مورد نیاز پروژه برمی‌گردد. این دسته از عوامل منجر به بروز مشکلاتی در مراحل اجرایی چرخه‌عمر پروژه‌های تحقیق و توسعه گردیده است.

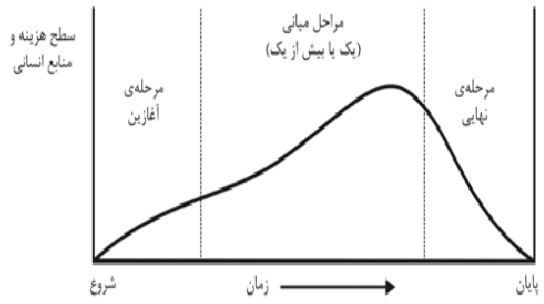
شاید بتوان بیان نمود بسیاری از مشکلات فوق، به دلیل عدم وجود یک مدل جامع بومی و یکپارچه برای نظام تحقیق و توسعه کشور می‌باشد. لذابازنگری در چرخه تعریف و تصویب طرح‌های تحقیقاتی با هدف منطبق ساختن آن با خروجی اسناد بالادستی، نیازهای جدید عملیاتی، رصد فناوری‌های نو و غیره را ضروری ساخته که منجر به هماهنگی و هم افزایی در محیط تحقیق و توسعه می‌گردد. بنابراین بررسی پروژه های تحقیق و توسعه کشور نشان می‌دهد که مدلی عمومی برای چرخه‌عمر تحقیقات که مورد اجماع سازمان‌های تحقیق و توسعه باشد وجود ندارد. به همین دلیل این سازمان‌ها مراحل چرخه‌عمر پروژه‌های تحقیقاتی خود را با توجه به نقاط قوت و ضعف خود تدوین می‌کنند. به‌نظر می‌رسد نظام تحقیق و توسعه کشور، نیازمند یک مدل عمومی چرخه‌عمر بوده که به‌صورت بومی، خلاقانه و یکپارچه و متناسب با محیط تحقیق و توسعه کشور طراحی شده و به عنوان مدلی مرجع در اختیار سازمان‌های تحقیق و توسعه قرار گیرد.

هدف از این پژوهش، ارائه یک مدل چرخه‌عمر عمومی است که مراحل مشترک فرایند تحقیق و توسعه سازمان‌های تحقیقاتی را به همراه فعالیت‌های کلیدی و تعاملات آن‌ها مشخص می‌نماید. چنین مدلی می‌تواند به عنوان یک مرجع، به سازمان‌ها در تعریف مراحل چرخه‌عمر و فعالیت‌های مورد نیاز این مراحل کمک نماید. به‌علاوه، استفاده از این مدل منجر به ایجاد مبنایی واحد برای ارزیابی و ممیزی فعالیت‌های اجرایی خواهد شد.

۲. مروری بر ادبیات موضوع

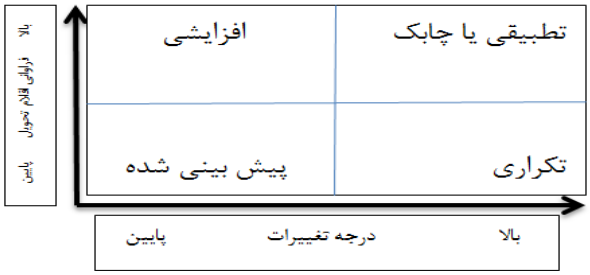
پیچیدگی سیستمهای ساخت بشر، فرصت‌های جدیدی شده را ایجاد نموده است. با این حال چالش‌هایی را برای سازمان‌هایی که سیستم‌ها را ساخته و به‌کار می‌گیرند، ایجاد کرده است. این چالش‌ها در تمامی مراحل تکامل یک سیستم، محصول، خدمت یا پروژه، از زمان شکل‌گیری مفهوم تا زمان کنارگذاری آن‌ها، و در تمام سطوح زنجیره تامین وجود دارد. این مراحل در ادبیات موضوع با عنوان چرخه‌عمر شناخته می‌شوند (ایزو ۱۵۲۸۸:۲۰۱۵).

چرخه عمر پروژه، مجموعه‌ای از فازهای پروژه است که تعداد و نام آن‌ها به نیازهای کنترلی و مدیریتی سازمان(های) درگیر در پروژه وابسته می باشد. بر اساس استاندارد موسسه مدیریت پروژه آمریکا[۱]، به‌صورت نرمال چرخه‌عمر پروژه شامل فاز آغازین، فاز برنامه‌ریزی، فاز اجرا، فاز پایش و کنترل و و فاز خاتمه می‌باشد. این فازها معمولا متوالی بوده و پشت سر هم انجام می‌شوند. در بسیاری از موارد، با توجه به ماهیت پروژه، تعداد فازهای پروژه و نحوه به‌کارگیری آن‌ها تغییر می‌کند. این فازها می‌توانند به اهداف جزئی‌تر، عملیات، خروجی‌ها، نتایج و نقاط کلیدی تصمیم شکسته شوند. مدل چرخه‌عمر، چارچوب پایه‌ای را برای مدیریت پروژه ایجاد می‌کند. چرخه‌های عمر در مدیریت پروژه می‌توانند خصوصیات متفاوتی داشته و بر اساس سختی و اندازه پروژه، از پروژه‌ای به پروژه دیگر متفاوت باشند. با این حال در تمامی این چرخه‌ها مفاهیم مشترکی مانند شروع پروژه، سازماندهی و آماده‌سازی، تحویل و اتمام پروژه وجود دارد (پی ام باک،۲۰۱۷).



شکل(۱). مدل چرخه عمر عمومی

در تعریف دیگر بیان شده است که چرخه‌عمر پروژه دنباله‌ای منظم از فعالیت‌های یکپارچه بوده که در مراحلی متفاوت انجام شده و در نهایت منجر به موفقیت می‌شوند. طبیعت پیچیده و همچنین تنوع پروژه ها در صنایع و سازمان‌های مختلف، منجر به افزایش پیچیدگی دستیابی به اجماع در فازهای چرخه‌عمر شده است (آلتینگ، ۱۹۹۵). بنابراین، چرخه‌عمر پروژه بسته به نوع پروژه‌ها متنوع و مختلف است. چرخه‌عمر پروژه یک طیف پیوسته است که از "پیش بینی شده" آغاز و به "تطبیقی" ختم می‌شود. این طیف بر اساس میزان "درجه تغییرات" و "فراوانی اقلام قابل تحویل" پروژه، به‌صورت زیرتعریف می شود (بلانگر، ۲۰۰۵).



شکل(۲). مدل‌های چرخه عمر از حیث درجه تغییرات و فراوانی اقلام قابل تحویل

در ادبیات مهندسی سیستم‌ها، محققین بسیاری بر این باور هستند که تجویز یک چرخه‌عمر ثابت نمی‌تواند برای همه پروژه ها مناسب باشد و هر پروژه باید با توجه به زمینه فعالیت و ویژگی‌های ذاتی خود ، یک نقطه بهینه و مناسب از این طیف را انتخاب کند. مطابق بررسی ادبیات، مدل چرخه‌عمر پروژه به دسته های کلی زیر تقسیم بندی می شود: چرخه‌عمر پیش‌بینی شده یا برنامه محور۲، چرخه‌عمر تکراری۳، چرخه‌عمر افزایشی ٤، چرخه‌عمر تطبیقی یا چابک٥ و چرخه‌عمر ترکیبی٦ (کلاند،۱۹۹۰؛ موریس ۲۰۰۵). برخی دیگر از مولفان چرخه عمر رابه صورت مدل کنترل محور، مدل کیفی محور، مدل ریسک محور، رویکرد فراکتالی در نظر گرفته اند(رمانی،۲۰۱۰؛ کوپر ۲۰۰۱).

جدول(۱). انواع مدل‌های چرخه‌عمر و استراتژی‌های توسعه محصول

مدل	الزامات	فعالیتها	نوع تحویل پروژه	هدف
پیش بینی شده	ثابت	یکبار برای کل پروژه اجرا میشود	تک تحویله	مدیریت هزینه
تکراری	پویا	تکرار فعالیتها تا زمانیکه به درستی انجام شوند	تک تحویله	صحت و درستی راه حل
افزایشی	پویا	یکبار برای رسیدن به حد افزایش مشخص اجرا میشود	تحویلهای مکرر و کوچک	سرعت
چابک	پویا	تکرار فعالیتها تا زمانیکه به درستی انجام شوند	تحویل مکرر و کوچک	رضایت مشتری از طریق تحویل و دریافت بازخورد از ایشان

چرخه‌عمر پیش‌بینی شده، یک رویکرد سنتی بوده که کارهای پروژه با توجه به میزان تکرارشان در پروژه‌های مشابه قبلی، در یک فرآیند متوالی و قابل پیش‌بینی قرار می‌گیرند. در این نوع از چرخه‌عمر محدوده، زمان و هزینه پروژه در فازهای آغازین مشخص بوده و حجم بسیار زیادی از کارهای برنامه‌ریزی شده در آن اتفاق میفتد. این چرخه‌عمر برای پروژه‌هایی مناسب است که میزان عدم‌قطعیت و پیچیدگی آن‌ها نسبتا کم باشد (کرزنر ۲۰۰۰، امدا ۲۰۰۰).

در چرخه‌عمر تکرای، معمولا محدوده کلی پروژه در فازهای آغازین مشخص است ولی برآورد زمان و هزینه پروژه به‌طور مرتب اصلاح می‌شود. این مدل دارای رویکردی است که اجازه دریافت بازخوردهای مشتری قبل از تحویل کار، یعنی در زمانی که کارها نیمه تمام هستند، را به‌منظور بهبود و اصلاح، فراهم می‌کند. در چرخه‌عمر تکراری، محصول در هر تکرار دچار تغییر و دگرگونی می‌شود، به‌طوری که در هر تکرار، محصول توسعه یافته و نهایتاً در تکرار آخر، کل محصول آماده می‌شود. بنابراین این نوع از چرخه‌عمر به شدت به خروجی مرحله قبل وابسته است. در این مدل قبل از برنامه‌ریزی کارهای آتی، نیاز است پروژه‌های زود هنگام و یا همزمان اجرا شوند؛ به بیان دیگر نتایج حاصل از کارهای اولیه، کارهای بعدی را تعیین می کند. غالبا پروژه‌های تحقیق و توسعه از این نوع بوده و به برنامه‌ریزی‌های دقیق نیاز دارند (موریس ۲۰۰۵).

چرخه‌عمر افزایشی، رویکردی است که اقلام کامل‌شده را به‌گونه‌ای تحویل می‌دهد که مشتری بتواند به سرعت و فوریت از آن استفاده کند. در چرخه‌عمر افزایشی، توسعه و تکامل یک محصول به صورت مرحله به مرحله و یا تکه‌تکه انجام می‌شود که در هر مرحله، قسمتی از محصول نهائی تکمیل و تحویل داده می‌شود، به‌طوری‌که مشتری بتواند از آن قسمت استفاده کند. به این نوع از تحویل اقلام، که به‌صورت محصولات کوچک و پشت سرهم ارائه می‌شود، نمو می‌گویند و زمان اجرای هر نمو در هر مرحله با توجه به ویژگی‌های آن، می‌تواند متفاوت باشد. بر خلاف چرخه‌عمر تکراری، در این نوع از چرخه‌عمر با توجه به این‌که در ابتدای کار دانش کاملی از محصول نهائی وجود دارد، انتهای کار به‌صورت قطعی مشخص است (ویدمن ۲۰۰۵).

چرخه‌عمر چابک، رویکردی است که از ویژگی‌های چرخه‌عمر تکرای و افزایشی به منظور اصلاح اقلام قابل تحویل پروژه و تحویل آن‌ها به‌صورت سریع و پشت سرهم استفاده می‌کند. این نوع چرخه‌عمر تمامی اصول چابک را که مهمترین آن، رضایت مشتری می باشد را برآورده می کند (یوکر، ۲۰۰۸). در چرخه‌عمر ترکیبی، استفاده از یک نوع چرخه‌عمر برای کل پروژه ضروری نیست و می توان اجزاء و ویژگی رویکردهای سنتی پیش‌بینی‌شده و چابک را برای رسیدن به اهداف پروژه، با یکدیگر ترکیب کرد.

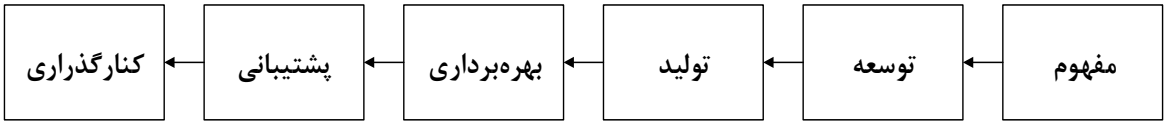
جدول(۲). انواع مدل‌های چرخه‌عمر (بوکر، ۲۰۰۸)

حالت	رویکرد	توضیح
حالت اول	ترکیب زمانی	در ابتدا به دلیل وجود عدم قطعیت، پیچیدگی و ریسک در فرآیندهای آغازین پروژه، بصورت چابک توسعه یابد و سپس در فرآیندهای بعدی که شامل فاز اجرائی و راه اندازی می شود لازم است از رویکرد پیش بینی شده پیروی شود.
حالت دوم	بصورت سناریو مشترک	برخی از فرآیندهای پروژه استفاده می شود، به عبارت دیگر تیم پروژه، در برخی جنبه های پروژه (مانند انجام تکرار جهت اصلاح محصول) از رویکرد چابک و در برخی دیگر (مانند پیش بینی برآورد، تخصیص کارها و کنترل پیشرفت و ...) از رویکرد پیش بینی شده استفاده کند.
حالت سوم	غالب پیش بینی شده	عمده کارهای پروژه قبلا بارها انجام شده و قابل پیش بینی می باشد با رویکرد پیش بینی شده مدیریت می شود و بخش های کوچک پروژه که با عدم قطعیت و پیچیدگی مواجه هستند از رویکرد چابک استفاده می کند.
حالت چهارم	غالب چابک	بخش های کوچک، از برخی ویژگی های پیش بینی شده استفاده میشود. این حالت زمانی استفاده می شود که یک جزء خاص در پروژه امکان مذاکره و یا اجرا با استفاده از رویکرد چابک وجود نداشته باشد.

به دلیل جلوگیری از بروز چالش‌هایی که ممکن است در طول چرخه‌عمر یک سیستم رخ دهد، و همچنین تضمین دستیابی به سیستم مورد نظر، در سالیان اخیر از رویکرد مهندسی سیستم‌ها در توسعه و دستیابی به سیستمها استفاده شده است. مهندسی سیستم‌ها یک رویکرد بین‌رشته‌ای برای مدیریت فعالیت‌های فنی و مدیریتی لازم جهت تبدیل نیازها، انتظارات، و محدودیت‌ها به یک راه‌کار و پشتیبانی آن راه‌کار در سرتاسر چرخه‌عمر می‌باشد (ایزو ۲۰۱۶:۲٤۷٤۸). تمرکز اصلی مهندسی سیستم‌ها در درجه اول بر تعریف و تحلیل درست نیازهای ذی‌نفعان، مدیریت الزامات، طراحی و توسعه‌ی سیستم، مستندسازی الزامات، و در نهایت تصدیق و صحه‌گذاری خروجی‌ها با توجه به همه‌ی ابعاد مسئله می‌باشد. مهندسی سیستم‌ها، رشته‌ها و گروه‌های تخصصی را در قالب یک گروه مشترک، یکپارچه می‌کند، که این منجر به یک فرایند ساختاریافته برای توسعه‌ی سیستم می‌شود. این فرایند از شکل‌گیری مفهوم تا تولید و به‌کارگیری سیستم ادامه پیدا می‌کند. مهندسی سیستم‌ها به‌طور هم‌زمان نیازهای فنی و تجاری ذی‌نفعان را با هدف فراهم‌کردن یک محصول با کیفیت که نیازهای کاربران و سایر ذی‌نفعان را برطرف می‌کند، مدنظر قرار می‌دهد. این رویکرد همچنین، فرایندهایی را برای دستیابی به سیستمها و عرضه آن‌ها فراهم‌کرده و منجر به بهبود ارتباطات و هماهنگی بین تمامی ذی‌نفعانی که سیستم را ساخته، به‌کارگرفته و مدیریت می‌کنند، می‌شود. این کار بدین منظور انجام می‌شود که سیستمهای پیچیده بتوانند به‌طور منسجم و یکپارچه در کنار یکدیگر کار کنند. به‌علاوه، این چارچوب، در فرایند نظارت بر فرایندهای چرخه‌ی عمر سیستم نیز کاربرد داشته و مبنایی را برای ارزیابی و ممیزی فعالیت‌های اجرایی فراهم می‌نماید.

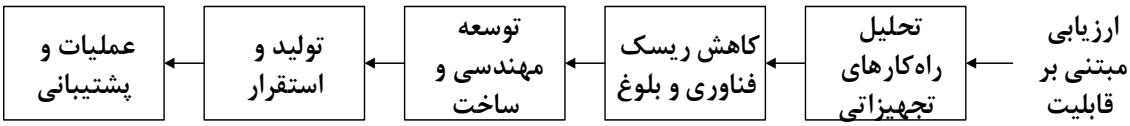
در سالیان اخیر مهندسی سیستم‌ها مورد توجه بسیاری از پژوهشگران و متخصصان بوده است. به همین دلیل مطالعات زیادی، هم از لحاظ تئوری و هم از لحاظ عملیاتی در رابطه با این رویکرد در ادبیات موضوع یافت می‌شود. با این حال هر سیستم دارای چرخه‌عمر مختص به خود می‌باشد. به علاوه، ممکن است جزئیات چرخه‌عمر از سازمانی به سازمان دیگر متفاوت باشد؛ زیرا تکامل یک سیستم در طول چرخه‌عمر نتیجه‌ی اقداماتی است که توسط افراد هر سازمان با استفاده از فرایندهایی که برای اجرای این اقدامات وجود دارد انجام‌شده و مدیریت می‌شوند. در نتیجه، ممکن است در هر سازمان و برای هر سیستم، یک چارچوب خاص برای فرایندها و فعالیت‌های چرخه عمر ایجاد شود که می‌تواند درقالب چند مرحله سازمان‌دهی شده، و همچنین به‌عنوان مرجعی عمومی برای برقراری ارتباط و ایجاد فهم مشترک در سطح سازمان عمل کند. بنابراین چرخه‌عمر می‌تواند با توجه به ماهیت، هدف، نحوه استفاده و شرایط حاکم بر محصولات و خدمات سازمان متفاوت باشد. با این‌حال، چرخه‌عمر دارای مراحلی عمومی است که هر کدام هدفی خاص را دنبال کرده و سهمی مشخص در کل چرخه‌ی عمر دارند.

استاندارد ISO ۲٤۷٤۸-۱:۲۰۱٦ با عنوان "مدیریت چرخه عمر"، مراحل عمومی چرخه عمر را در قالب شش مرحله ارائه می‌کند که این مراحل در شکل ۱ نشان داده شده است. در مرحله مفهوم‌سازی، نیازها شناسایی شده و مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرند. در مرحله توسعه، نیازهای تحلیل شده به الزامات عملیاتی، کارکردی و عملکردی تبدیل می‌شوند. در مرحله تولید، خروجی مورد نظر مطابق با الزامات تعیین‌شده در مرحله قبل ساخته می‌شود. در مرحله بهره‌برداری، محصول به محیط عملیاتی منتقل شده و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. در مرحله پشتیبانی، نگهداری و تعمیرات محصول انجام می شود. در نهایت، در مرحله کنارگذاری، پشتیبانی فعال از سیستم توسط سازمان بهره‌بردار و متولی نگهداری و تعمیر قطع شده، و سیستم ارتقاء یافته یا به‌طور کلی یا جزئی جایگزین می‌شود.



شکل(۳). مراحل عمومی چرخه عمر مطابق با ISO 24748-1:2016

چرخه عمر در وزارت دفاع آمریکا با نام "نظام اکتساب دفاعی" شناخته می‌شود. کلیات این نظام در شکل ۲ نشان داده شده است. در نظام اکتساب دفاعی آمریکا هنگامی‌که دغدغه و نیازی مطرح می‌شود، نخستین راه‌کار برای مرتفع کردن آن، طراحی و توسعه سیستمها نیست، بلکه ممکن است این نیازها و دغدغه‌ها از طریق سایر توانمندی‌های دفاعی برطرف شود. به عنوان مثال ممکن است با تغییر در دکترین، تغییر راهبردهای دفاعی و تاکتیک‌ها، تغییر در نحوه رهبری و فرماندهی، تغییر در ساختار و سازمان‌دهی، آموزش نیروهای انسانی، استفاده از نیروی‌های انسانی توانمند، تغییر در نحوه آماد و پشتیبانی، و تامین امکانات جدید بتوان نیاز مورد نظر را مرتفع کرد. با این حال، با حصول اطمینان از این‌که تنها راه حل موجود برای پاسخ به مساله، اکتساب یک سیستم است، اکتساب آن آغاز می‌شود. پس از آن، در اولین مرحله، تحلیل راهکارهای تجهیزاتی انجام می‌شود. سپس فناوری‌های مرتبط توسعه داده شده و با این کار تا حد زیادی از ریسک عدم‌دستیابی به سیستم مورد نظر اجتناب می‌شود. در مرحله سوم، توسعه سیستم از لحاظ مهندسی و ساخت انجام می‌شود. این مرحله اکثر فرایندهای طراحی محصول، و طراحی فرایندها، تجهیزات و ابزارآلات را در بر می‌گیرد. در مرحله بعد تولید آغاز می‌شود. برای اطمینان از خروجی فاز قبل در دستیابی به سیستمهای مورد نظر، تولید محصول در ابتدا با نرخ پایین انجام می‌شود. پس از تصدیق و صحه‌گذاری محصول و فرایندهای ساخت و تولید آن، تولید نرخ‌بالا در دستور کار قرار می‌گیرد. در فاز نهایی نیز به‌کارگیری و پشتیبانی از محصول انجام می‌شود که نصب و راه‌اندازی، نگهداری و تعمیر، و امحای سیستم را شامل می‌شود.



شکل(۴). نظام اکتساب دفاعی مطابق با DoD Directive 5000.02:2017

گروه اروپایی استانداردسازی فضایی (ECSS) چرخه‌عمر محصولات خود را در قالب شکل ۳ تعریف می‌کند. همانطور که در این شکل مشخص است، در فاز صفر این مدل، تحلیل ماموریت و شناسایی نیازها انجام می‌شود. در این فاز سازمان باید کارفرما را در شناسایی نیازهایش پشتیبانی کند، و مفهوم‌ها/ راهکارهای ممکن را پیشنهاد دهد. در فاز الف، امکان‌سنجی سیستم انجام می‌شود. در این فاز سازمان باید نیازهای شناسایی‌شده در فاز صفر را نهایی کرده و راه‌حل‌هایی را به همراه موارد بحرانی و ریسک‌های آن‌ها برای برآوردن نیازهای احصاشده پیشنهاد دهد. در فاز ب، تعریف مقدماتی سیستم انجام می‌شود. در این فاز سازمان باید برای راه‌حل انتخاب‌شده در انتهای فاز الف، تعریف اولیه (طراحی مقدماتی) سیستم را انجام داده و اثبات کند که راه‌حل انتخابی، الزامات فنی را مطابق زمان‌بندی، بودجه، هزینه‌ی موردنظر و الزامات سازمان برآورده می‌سازد. فاز پ، تعریف تفصیلی سیستم است. در این فاز سازمان باید تعریف جزئی سیستم را انجام داده و توانایی خود را در برآورده‌سازی الزامات فنی به اثبات رساند. در فاز ت، آمادگی محصول برای تولید افزایش یافته و تولید انجام می‌گیرد. در این فاز، سازمان باید توسعه‌ی سیستم را انجام داده و سیستم را برای عملیات و بهره‌برداری آماده نماید. فاز ث، مربوط به به‌کارگیری و بهره‌برداری از سیستم است. در این فاز، سازمان باید عملیات پرتاب را پشتیبانی کند، نهاد مسئول عملیات و بهره‌برداری را پشتیبانی کند، و از اجرای همه‌ی فعالیت‌های مهندسی سیستم و تهیه‌ی اسناد در پشتیبانی رسیدگی به موارد نامتعارف و رفع آن‌ها اطمینان حاصل نماید. در فاز ج، وارهایی سیستم انجام می‌شود. در این فاز سازمان باید، در قالب یک توافق‌نامه‌ی تجاری، نهاد مسئول وارهایی را پشتیبانی کرده و وارهایی را تحت نظارت خود انجام دهد.

فاز ۰	فاز الف	فاز ب	فاز پ	فاز ت	فاز ث	فاز ج
تحلیل ماموریت و شناسایی نیاز	امکان‌سنجی	تعریف مقدماتی	تعریف تفصیلی	تائید صلاحیت و تولید	عملیات و بهره‌برداری	وارهایی

شکل(۵). مدل چرخه‌عمر گروه اروپایی استانداردسازی فضایی

ناسا مدل چرخه‌عمر خود را در هفت فاز طرح‌ریزی کرده است. در این مدل که در شکل ٤ نمایش داده شده است، در اولین فاز، مطالعات مربوط به مفهوم انجام می‌شود. در فاز بعد توسعه مفهوم و توسعه فناوری‌های مورد نیاز انجام می‌شود. سپس طراحی مقدماتی انجام شده و فناوری‌های مورد نیاز نهایی می‌شوند. در مرحله بعد، طراحی نهایی شده و ساخت زیر سیستمها انجام می‌شود. پس از ساخت زیر سیستمها، مونتاژ و یکپارچه‌سازی سیستم انجام شده و سیستم مورد آزمون قرار می‌گیرد. سپس پرتاب سیستم انجام می‌شود. پس از پرتاب، سیستم به‌کارگیری می‌شود و ماموریت‌های محوله را انجام می‌دهد. در نهایت، در فاز خاتمه، به ماموریت سیستم پایان داده می‌شود.

فاز قبل از الف	فاز الف	فاز ب	فاز پ	فاز ت	فاز ث	فاز ج
مطالعه مفهوم	توسعه مفهوم و فناوری	طراحی مقدماتی و تکمیل فناوری	طراحی نهایی و ساخت	مونتاژ سامانه، یکپارچه‌سازی، آزمون و پرتاب	عملیات و نگهداشت	خاتمه

شکل(۶). مدل چرخه‌عمر ناسا

بلانچارد، مدل چرخه‌عمر را در پنج فاز تعریف می‌کند. در این مدل که در شکل ۵ نشان داده شده است، طراحی مفهومی سیستم مورد نیاز انجام شده و فناوری‌ها و زیرساخت‌های مورد نیاز برای دستیابی به آن طرح‌ریزی می‌شود. در ادامه شکست الزامات عملیاتی به الزامات کارکردی انجام شده و طراحی مقدماتی سیستم تکمیل می‌شود. سپس در فاز طراحی مفهومی، طراحی سیستم نهایی شده و نحوه تولید سیستم نیز توسعه میابد. در ادامه کار ساخت و تولید سیستم انجام می‌شود و نهایتا سیستم در محیط عملیاتی مورد استفاده و پشتیبانی قرار می‌گیرد.

پالایش مفهوم اولیه	پالایش مفهوم	توسعه فناوری	توسعه سیستم و اثبات	تولید و استقرار	عملیات و پشتیبانی	خاتمه
طرح‌ریزی پیشاپیش	طراحی مفهومی	طراحی مقدماتی	طراحی تفصیلی و توسعه	تولید و/یا ساخت	استفاده عملیاتی و پشتیبانی	خاتمه

شکل(۷). مدل چرخه‌عمر بلانچارد

با جمع‌بندی مدل‌های فوق در میابیم که چرخه‌عمر را می‌توان با استفاده از یک مدل کارکردی انتزاعی توصیف کرد که مفهوم‌سازی یک سیستم، تحقق، استفاده، تکامل و کنارگذاری آن را دربر می‌گیرد. چرخه‌عمر دارای مراحلی است که دوره‌های اصلی دستیابی به یک سیستم و استفاده از آن را نشان داده و با وضعیت سیستم یا توصیف آن مرتبط می‌شوند. سازمان‌ها از این مراحل به شکل‌های مختلف برای برآوردن راهبردهای مختلف کسب‌وکار و نیز راهبردهای کاهش اثرات ریسک استفاده می‌کنند. استفاده از این مراحل به‌صورت هم‌زمان و یا با ترتیب‌های مختلف می‌تواند منجر به ایجاد چرخه عمرهایی با ویژگی‌های متفاوت و متمایز شود. یکی از مزایای استفاده از این مراحل توصیف پیشرفت‌های اصلی و نقاط کلیدی دستیابی به یک سیستم در طول چرخه‌عمر است. این مراحل همچنین مقدمه‌ای برای تعیین نقاط کلیدی تصمیم‌گیری در چرخه‌عمر هستند. این نقاط کلیدی تصمیم توسط سازمان برای درک و مدیریت عدم قطعیت‌های ذاتی و ریسک‌های مرتبط با هزینه‌ها، زمان‌بندی و کیفیت سیستم در هنگام ایجاد و یا بهره‌برداری از آن، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مجموع می‌توان گفت، یک مدل چرخه‌عمر چارچوبی را به سازمان‌ها ارائه می‌کند که مدیریت سازمان با استفاده از آن، امکان نظارت و کنترل سطح بالای پروژه و فرایندهای فنی آن را پیدا می‌کند.

مرور ادبیات نشان می‌دهد که پیچیدگی و تنوع چرخه‌عمر پروژه در هر صنعت متفاوت بوده و هرسازمان مدل چرخه خاص خود را دارد. علاوه بر این، هیچ توافقی در مورد تعداد فازها و نام‌های مورد استفاده برای توصیف مراحل تشکیل‌دهنده چرخه‌عمر وجود ندارد. جدول ۳ فازهای چرخه‌عمر پروژه پیشنهاد شده توسط محققان مختلف را خلاصه می کند.

جدول(۳). مقایسه تحقیقات انجام شده در خصوص فازهای چرخه‌عمر

محقق	تعداد فازها	فازها
Forsberg (۲۰۰۰)	۵	آغاز / مفهوم / شناسایی؛ فاز امکان پذیر؛ طراحی پایه؛ طراحی تفصیلی با جزییات؛ ساخت ؛ گردش کار / راه اندازی
Wilemon (۱۹۷۶)	۳	مفهوم سازی، مجسم سازی، گردش
Cooper and Edgett(۲۰۰۱)	۷	مرحله کشف، دامنه سازی، ساخت کسب و کار، توسعه، تست و اعتبار، راه اندازی
Belanger (۲۰۰۵)	۷	ایده، پیش امکان پذیری، امکان سنجی، توسعه و اجرای، گماشتگی، راه اندازی، بررسی پیش از پیاده سازی (PIR)
Frame (۲۰۰۷)	۶	ایده، اثبات امکان پذیری، توسعه محصول / فرآیند، پایلوت کارخانه ، نیمه تجارتی، تولید کامل.
Kapur (۲۰۰۵)	۵	مفاهیم، تولید نمونه اولیه ، آزمایش میدان، توسعه بازاریابی ، فروش
Youker (۲۰۰۸), Cleland (۱۹۹۰)	۵	تجزیه و تحلیل/ برنامه ریزی استراتژیک ، تولید/ نمایش ایده، توسعه، تست بازاریابی، راه اندازی ملی / منطقه ای
Archiblad (۲۰۰۰)	۶	اکتشاف، نمایش، تست مفهوم، تجزیه و تحلیل کسب و کار، توسعه، تست بازار
Patel (۲۰۱۵), moriss (۲۰۰۵)	۶	فرمول بندی ایده، شناسایی، مطالعات امکان سنجی، تامین مالی، پیاده سازی، ارزیابی
Mochal (۲۰۱۰)	۵	شناسایی، تهیه، سنجش، پیاده سازی، ارزیابی
Kerzner (۲۰۰۰)	۴	لیست کردن، پایلوت گیری، نشان دادن، جریان سازی
Wideman(۲۰۰۵) , stuckenbruck (۲۰۰۰)	۴	مفهوم سازی، برنامه ریزی، اجرا، خاتمه
Morris (۲۰۰۵)	۴	امکان سنجی، برنامه ریزی و طراحی، تولید، گردش و راه اندازی

با بررسی مرور ادبیات هفت مرحله کلی و عمومی برای چرخه عمر پروژه درنظر گرفته شده که این مراحل همراه با شرح و نام‌های جایگزین برای هر مرحله در جدول زیر خلاصه شده است. چرخه عمر پروژه می تواند متناسب با نیازهای خاص پروژه‌ها، متفاوت باشد. به عنوان مثال ممکن است تعدادی از فازها ترکیب یا حذف شوند.

جدول(۴). مراحل عمومی و مشترک چرخه عمر در ادبیات

نامهای فازها	نامهای گزینه	توصیف فازها
تولید ایده	پیشنهاد / مفهوم / شروع /ایده	در این مرحله، ایده برای یک پروژه جدید تولید می شود و پیشنهاد اولیه توصیف نیاز تجاری باید آماده شود . این مرحله نیازی به برنامه رسمی پروژه ندارد.
پیش امکان سنجی	تحقیق اولیه /ارزیابی اولیه / مقدماتی تحقیق/ارزیابی /پژوهش	هدف این مرحله، ارزیابی پیشنهاد موجود از لحاظ قابلیت مالی، عملیاتی و فنی و همچنین استراتژی شرکت است .همگام سازی یا هم افزایی با سایر پروژه ها باید بررسی شود.
امکان سنجی	مفصل/تحقیق و بررسی/ تعریف / مورد تجاری / ارزیابی / مجوز	راه حل بهینه برای رسیدگی به نیاز تجاری باید شناسایی و تعریف شود. تمام نواحی این راه حل باید برای تعیین نگرانی ها و خطرات ریسک مورد تجزیه و تحلیل و ارزیابی قرار گیرد.
توسعه و اجرا	پیاده سازی / تحقق /تولید ساخت / ساختن / توسعه و آزمایش	این مرحله شامل طراحی، توسعه، ایجاد و ساختن راه حل انتخاب شده میباشد. سیستم پشتیبانی، دستورالعمل ها، فرآیندهای کسب و کار و آموزش برای راه حل نیز باید در این مرحله توسعه یابد.
گماشتگی	آزمایش/ آزمون بتا / اعتبار سنجی	در این مرحله، راه حل در یک محیط عملیات آزمایش می شود .هدف معتبرسازی پذیرش راه حل و قابلیت می باشد.
راه اندازی- پراندن	رهایی / تکمیل / پیاده سازی تحویل دادن /پذیرش	پروژه به واحدهای تجاری تعهد می شود و در این مرحله به محیط عملیاتی منتقل می شود .این مرحله همچنین آغاز پشتیبانی عملیاتی را نشان می دهد.
بررسی بعد پیاده سازی (PIR)	بررسی کسب و کار / ممیزی پروژه/ بررسی پس پروژه	پس از مدت زمان کافی، یعنی ۹ تا ۱۵ ماه، این پروژه باید مورد سنجش قرار گیرد تا تعیین شود که آیا مزایا تحویل داده شده است و چه تاثیری بر کسب وکار داشته است .درسهای آموخته شده باید برای مرجع آینده استخراج شوند.

ادبیات فوق نشان می‌دهد که هیچ توافقی در مورد مدل چرخه‌عمر پروژه در پروژه‌های تحقیق و توسعه وجود ندارد. شرکت های تحقیق و توسعه غالبا از چرخه‌های مختلف پروژه با تعداد و نامهای مختلف استفاده می‌کنند. همچنین وضعیت تحقیق و توسعه و تحقیقات صورت گرفته در کشور نشان میدهد که در زمینه تدوین مدل یکپارچه چرخه‌عمر پروژه‌های تحقیق و توسعه، متناسب با محیط تحقیق و توسعه کشور تحقیقات قابل ذکری انجام نشده است. بررسی وضعیت تحقیق و توسعه کشور نشان میدهد که صرف نظر از نام و تعداد مراحل و فازهای اجرایی مراحل چرخه عمر، مدل عمومی چرخه عمر نظام تحقیق و توسعه کشور باید رویکرد ترکیبی از چهارمدل مطرح شده داشته باشد. به بیان دیگر در برخی از مراحل چرخه عمر باید بصورت پیش بینی شده، در برخی مراحل تکراری بخصوص در پایان هرمرحله در زمان مرور، بازنگری و صحه گذاری هر مرحله و در برخی مراحل بصورت افزایشی و چابک طراحی شود. مراحل طراحی در سازمانهای تحقیقاتی کشور به دلیل شرایط خاص کشور نیاز به چابکی بیشتری دارد ولی در عوض مراحل تولید و بهره برداری در سازمانهای صنعتی نیاز به مدل افزایشی با کنترل هزینه های تولید دارد. بهرحال مدلی جامع متناسب با شرایط محیطی کشور باید طراحی شده تا بتوان مراحل رابه صورت بهینه اجرا نمود. مدل پیشنهادی این تحقیق با هدف طراحی مدل بهینه اجرای تحقیقات با رویکرد ترکیب چهار مدل ذکر شده انجام شده تا بتواند مورد استفاده سازمانهای مختلف قرار بگیرد.

۳. مدل چرخه‌عمر پیشنهادی

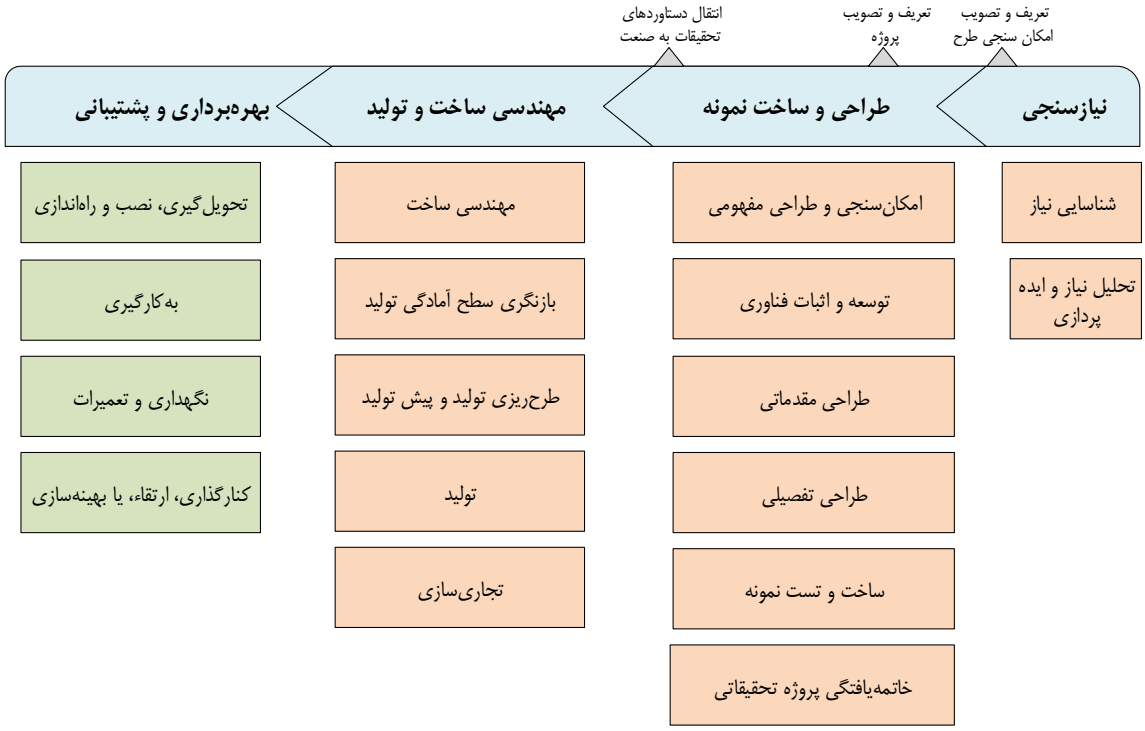
در پژوهش حاضر با استفاده از رویکرد مهندسی سیستم‌ها و الگو گرفتن از مراجع معتبر، و همچنین مد نظر قرار دادن الزامات، محدودیت‌ها و شرایط خاص طراحی و توسعه محصولات پیچیده، مراحل عمومی چرخه‌عمر فرایند تحقیق و توسعه در سازمان‌های تحقیقاتی ارائه شده است. استفاده از این رویکرد، علاوه بر ایجاد زبان مشترک بین سازمان‌های تحقیقاتی و فراهم‌کنندگان بیرونی آن‌ها، منجر به کاهش هزینه تولید، کاهش زمان ایده تا ساخت نمونه، و حصول اطمینان از دستیابی به نیازها و انتظارات طرف‌های ذی‌نفع مرتبط خواهد شد.

مدل چرخه‌عمر پیشنهادی در این پژوهش از مراحل نیازسنجی، طراحی و ساخت نمونه، مهندسی ساخت و تولید، بهره‌برداری و پشتیبانی، و سه نقطه کلیدی تصمیم تعریف و تصویب امکان‌سنجی طرح، تعریف و تصویب پروژه و انتقال به صنعت تشکیل شده است. این مراحل در شکل ٦ ارائه گردیده است.

اولین مرحله از مدل چرخه‌عمر پیشنهادی نیازسنجی است. هدف از مرحله نیازسنجی درک درست نیازهای آشکار و پنهان کاربران عملیاتی است. این مرحله معمولا دارای دو فرایند شناسایی نیاز و تحلیل نیاز می‌باشد. هدف از فرایند شناسایی نیاز، شناسایی ذی‌نفعان کلیدی و تاثیرگذار، طبقه‌بندی آن‌ها، و استخراج نیازها و انتظارات آن‌ها برای برطرف‌کردن یک نیاز/مساله، یا دستیابی به یک قابلیت است و اصلی‌ترین خروجی این فرایند، سند نیازها و انتظارات ذی‌نفعان می‌باشد. هدف از فرایند تحلیل نیاز، تحلیل طیف وسیعی از راه‌حل‌ها و گزینه‌ها برای پاسخگویی به نیازهای شناسایی‌شده در فرایند شناسایی نیاز است و اصلی‌ترین خروجی‌های این فرایند سند تجزیه‌وتحلیل گزینه‌ها، اسناد نیازسنجی و سند بیانیه نیاز عملیاتی است. با اتمام مرحله نیازسنجی، طرح پیشنهادی تعریف شده و با توجه به خروجی مرحله نیازسنجی، تصویب شده و جهت انجام امکان‌سنجی طرح به مجری ابلاغ می‌شود.

مرحله دوم طراحی و ساخت نمونه است. هدف از مرحله طراحی و ساخت نمونه، نهایی‌سازی طراحی سیستمی و توسعه سیستم بوده که شامل فرایندهای امکان‌سنجی و طراحی مفهومی، توسعه و اثبات فناوری، طراحی مقدماتی، طراحی تفصیلی، ساخت و آزمون نمونه و خاتمه‌یافتگی پروژه تحقیقاتی می‌باشد. هدف از فرایند امکان‌سنجی و طراحی مفهومی تعیین امکان‌پذیری و مطلوبیت راه‌حل‌های پیشنهادی است و اصلی‌ترین خروجی‌های این فرایند سند طرح جامع آزمون و ارزیابی، سند طرح توجیهی، سند طراحی مفهومی، و سند درخواست برای پیشنهاد می‌باشد. پس از بررسی پروپوزال‌های دریافت‌شده در خصوص درخواست برای پیشنهاد امکان‌سنجی پروژه، پروپوزال و مجری برتر برای اجرای پروژه انتخاب می‌شود. سپس فرایند توسعه و اثبات فناوری با هدف شناسایی و احصاء فناوری‌های موردنیاز جهت رفع گلوگاههای فناورانه در طول چرخه‌عمر پروژه انجام می‌شود که اصلی‌ترین خروجی این فرایند شناسنامه مراحل چرخه عمر فناوری و نحوه بلوغ آن می‌باشد. فرایند بعد، فرایند طراحی مقدماتی است که با هدف نهایی‌سازی طراحی سیستمی و توسعه‌ی سیستم انجام می‌شود. اصلی‌ترین خروجی‌های فرایند طراحی مقدماتی، اسناد محاسبات طراحی بخش‌ها و زیرسیستم‌ها و نقشه‌های شماتیک و سیستمی برای زیرسیستم‌ها، پیکربندی نهایی طرح، جانمایی اجزاء و تحلیل‌های امکان‌پذیری ساخت می‌باشد. پس از آن، فرایند طراحی تفصیلی با هدف توسعه مجموعه‌ها و قطعات، سیستم و زیرسیستم‌های آن، ساخت سخت‌افزارها و کدنویسی نرم‌افزارها و توسعه‌ی تفصیلی مدل‌های محاسباتی انجام می‌شود که اسناد طراحی تفصیلی شامل نقشه‌های نهایی ساخت و مونتاژ، محاسبات اجزاء تا پایین‌ترین سطح و دستورالعمل‌ها تا انتهای چرخه‌عمر، اسناد مربوط به معرفی محصول (مشخصات عمومی، فنی و عملیاتی)، اسناد طراحی یا دانش فنی و اسناد و مدارک و دستورالعمل‌های کاربردی و بهره‌برداری محصول، از اصلی‌ترین خروجی‌های این فرایند می‌باشند. پس از فرایند طراحی تفصیلی، ساخت نمونه و آزمون آن با هدف تحقق زیرسیستم‌ها از طریق ساخت، خرید یا استفاده مجدد قطعات در ساختار شکست محصول، و مونتاژ و یکپارچه سازی محصول، خلق سیستم و انجام آزمون زیرسیستم‌ها و آزمون‌های میدانی و عملیاتی انجام می‌شود که اصلی‌ترین خروجی این فرایند سند به‌روزرسانی‌شده طرح جامع آزمون و ارزیابی، نمونه مهندسی و بسته مستندات فنی می‌باشد. با ساخت نمونه مهندسی، میتوان در خصوص خاتمه‌یافتگی پروژه تحقیقاتی تصمیم‌گیری کرده و سند خاتمه‌یافتگی پروژه را تدوین کرد. سپس، در صورتیکه نیاز است دستاوردهای حاصل از تحقیقات وارد مرحله ساخت شود، انتقال این دستاوردها به محیط ساخت متناسب با سطح بلوغ محصول انجام می‌شود. خروجی اصلی این کار طرح انتقال محصول می‌باشد و تیم پروژه برای انتقال محصول از فاز تحقیقات به فاز تولید، باید فرایند انتقال محصول را طرح ریزی کرده و استقرار دهد.

مرحله سوم مهندسی ساخت و تولید است که با هدف تدوین فرایند تولید و طراحی و ساخت ابزارآلات و تجهیزات مورد نیاز تولید انجام می‌شود و شامل فرایندهای مهندسی ساخت، بازنگری سطح آمادگی تولید، طرح‌ریزی تولید و پیش‌تولید، تولید و تجاری‌سازی است. در اولین فرایند از این مرحله، مهندسی ساخت قرار دارد که با هدف مطاالعه و تحلیل خروجی‌های تحقیقات (شامل مستندات، نمونه مهندسی و اقلام مرتبط با نمونه مهندسی) از دیدگاه عملیاتی، و اطمینان از کفایت این اقلام برای شروع فرایند ساخت محصول انجام می‌شود. خروجی این فرایند، نمونه معیار تولید به همراه نمودار فرایند عملیات، طرح های کنترلی و دفترچه های نقشه‌های فنی می‌باشد. سپس فرایند بازنگری سطح آمادگی تولید با هدف تکمیل مستندات و اسناد ساخت، شناسایی و توافق با مراکز تولیدی، راه‌اندازی خط تولید، ایجاد زیرساخت مورد نیاز، طرح‌ریزی اجرای آموزش‌های لازم و بهینه‌سازی فرایندهای ساخت انجام می‌شود که اصلی‌ترین خروجی این فرایند، بازنگری آمادگی تولید بوده که هدف از آن، اطمینان از انجام تمامی فعالیت‌های مطرح شده در فازهای طراحی و توسعه چرخه‌عمر است به نحوی که محصول مورد نظر، تولیدی تلقی شود. سپس طرح‌ریزی تولید و پیش‌تولید با هدف تعریف و اجرای پروژه‌های توسعه صنعتی لازم برای راه‌اندازی خط تولید و تامین تجهیزات و تاسیسات مورد نیاز انجام می‌شود، که حاصل آن تصمیم‌گیری در مورد تولید محصول و صدور مجوز ورود به فرایند تولید می‌باشد. در فرایند تولید، خروجی‌های حاصل از تحقیقات مطابق برنامه و استانداردهای مرتبط تولید می‌شوند که حاصل آن محصول تحقیقاتی تولید شده است. از آنجا که تجاری‌سازی دستاوردهای حاصل از تحقیقات از اهمیت بالایی برخوردار است، طرح کسب و کار محصولات تحقیقاتی و سند امکان‌سنجی تجاری‌سازی آن در فرایند تجاری‌سازی تدوین می‌شود.



شکل(۱۰). مراحل عمومی چرخه‌عمر پیشنهادی

٤. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر ماهیت و هدف، جزء پژوهش‌های کاربردی و از نظر جمع‌آوری داده‌ها از نوع توصیفی و پیمایشی است. روش جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش مطالعات کتابخانه‌ای و پرسشنامه بوده است. در این راستا مقالات، کتب و پایان‌نامه‌های متعددی مطالعه شده و مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای بررسی اعتبار مدل، اجزای آن به تفکیک مورد بررسی خبرگان قرار گرفته است. بدین منظور، پرسشنامه‌هایی طراحی و بین ٦٠ نفر از خبرگان قرار گرفته است. به‌منظور جمع‌آوری بهتر داده‌ها، برخی از خبرگان مورد مصاحبه قرار گرفته‌اند.

٤,١. جامعه آماری

در این پژوهش جامعه آماری متشکل از ٦٠ نفر از کارشناسان و مدیران خبره در حوزه تحقیقات می‌باشد. نوع نمونه‌گیری در این پژوهش، نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای است. به همین دلیل، از هر گروه در جامعه آماری، افرادی به تصادف و بر حسب در دسترس‌بودن برای پاسخ به پرسشنامه‌ها، انتخاب شده‌اند. مطابق با جدول مورگان، حجم نمونه برابر با ٥٠ می‌باشد. بنابراین ٦٠ عدد پرسشنامه بین جامعه آماری توزیع شد که از این تعداد ٥١ عدد به صورت کامل پر شده است.

٤,٢. بررسی روایی و پایایی پرسشنامه

در این پژوهش از روایی محتوا استفاده شده است. بدین منظور، پرسشنامه به‌گونه‌ای طراحی گردیده است که سؤالات آن مبهم و چندپهلو نباشد. سپس پرسشنامه در اختیار خبرگان دانشگاهی قرار گرفت و با کسب نظرات و پیشنهادهای آن‌ها بازبینی و اصلاح گردید. پس از نهایی شدن، پرسشنامه مورد نظر جهت اعمال‌نظر و قضاوت در اختیار ١٠ نفر از متخصصان و خبرگان آشنا به فرایند تحقیق و توسعه قرار گرفت. از این تعداد، ٩ عدد پرسشنامه تکمیل‌شده و در اختیار محقق قرار گرفت. سنجش روایی پرسشنامه توسط خبرگان بررسی‌شده و بر مبنای شاخص لاوشه، تعداد سه سؤال بر مبنای نقطه برش ٠,٦ حذف گردید. همچنین برای بررسی پایایی پرسشنامه جهت امتیازدهی به گزینه‌های پرسشنامه از مقیاس لیکرت (١= خیلی کم تا ٥= خیلی زیاد) و روش آلفای کرونباخ استفاده شد که از ٦٠ پرسشنامه توزیع‌شده بین جامعه آماری ٥١ پرسشنامه برگردانده شد. با توجه به ضریب آلفای کرونباخ به دست آمده (٠,٩٨٢) می‌توان نتیجه گرفت که پرسشنامه از پایایی مناسب برخوردار است.

۳,٤. تجزیه و تحلیل آماری

۱,۳,٤. آزمون کولموگروف-اسمیرنوف

بسیاری از آزمون‌های آماری از جمله آزمون‌های پارامتریک بر مبنای نرمال بودن توزیع داده‌ها بنا نهاده شده‌اند و با این پیش‌فرض به‌کار می‌روند که توزیع داده‌ها در یک جامعه یا در سطح نمونه‌های انتخاب شده از جامعه مذکور، از توزیع نرمال پیروی نماید. بنابراین لازم است تحلیل‌گر تا قبل از پرداختن به تحلیل‌های آماری بررسی متغیرها، نوع توزیع آن متغیرها را بداند.

در این پژوهش برای آزمون نرمال‌بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شده است. فرضیه صفر در آزمون کولموگروف-اسمیرنوف عبارت از پیروی داده‌ها از توزیع نرمال و فرضیه مقابل آن عبارت از عدم پیروی داده‌ها از توزیع نرمال می‌باشد (دانایی‌فرد و همکاران، ۱۳۸۷). همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود در این آزمون، سطوح احتمال (مقدار P) در کلیه متغیرهای تحقیق بزرگتر از سطح خطا ۰,۰۵ می‌باشد. با توجه به مقدار Pو عدم رد فرضیه صفر، توزیع داده‌ها منطبق بر توزیع نرمال قلمداد می‌گردد و می‌بایست از آزمون‌های پارامتریک یا آزمون‌هایی که متناسب با توزیع نرمال است جهت آزمون فرضیه‌ها یا پاسخ به سؤالات تحقیق استفاده نمود.

جدول (۵). توزیع داده‌ها

$H_0: (\rho = 0)$		توزیع مشاهدات از توزیع نرمال پیروی می‌کند.		
$H_1: (\rho \neq 0)$		توزیع مشاهدات از توزیع نرمال پیروی نمی‌کند.		
ابعاد	**تعداد نمونه**	**آماره آزمون**	**مقدار Sig**	**نتیجه آزمون**
نیازسنجی	۵۱	۰,۱۳۹	۰,۲۰	توزیع نرمال
طراحی و ساخت نمونه	۵۱	۰,۱۱۶	۰,۲۰	توزیع نرمال
مهندسی ساخت و تولید	۵۱	۰,۱۲۹	۰,۲۰	توزیع نرمال
بهره‌برداری و پشتیبانی	۵۱	۰,۱۶۴	۰,۱۴۴	توزیع نرمال

با توجه به مقدار آماره z آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و سطح معنی‌داری به‌دست آمده، مشاهده می‌شود که میانگین نمرات متغیرها نرمال است و به همین دلیل از آزمون t استفاده شده است.

۲,۳,٤. آزمون فرض

برای بررسی این‌که آیا ابعاد شناسایی شده، ابعاد مناسبی برای چرخه‌عمر فرایند تحقیق و توسعه سازمان‌های تحقیقاتی است، از آزمون t تک نمونه‌ای (در مقایسه با یک عدد ثابت) استفاده شده است. در این آزمون Test Value عدد ۳ درنظر گرفته شده است. با توجه به طیف لیکرت پنج‌تایی، اعداد زیر ۳ نشان‌دهنده نامناسب بودن متغیر و اعداد بالای ۳ نشان‌دهنده مناسب بودن متغیر می‌باشند. همان‌طور که اشاره شد، عدد ۳ به‌عنوان وسط طیف (t نرمال) و وضعیت متوسط متغیر انتخاب‌شده است. فرضیات صفر و مقابل در این آزمون به‌صورت زیر بیان می‌شود:

فرض صفر: وضعیت متغیر مربوطه در جامعه نمونه مناسب نمی‌باشد.($H_0: \mu \leq 3$)

فرض مقابل صفر: وضعیت متغیر مربوطه در جامعه نمونه مناسب می‌باشد.($H_1: \mu > 3$)

فرضیه‌های اصلی

با توجه به این‌که فرضیات مشابه با یکدیگر می‌باشند، یک نمونه از آن‌ها ارائه‌شده و باقی شاخص‌ها در جدول بررسی‌شده است.

فرضیه اول: مرحله نیازسنجی، مرحله مناسبی برای چرخه‌عمر فرایند تحقیق و توسعه در سازمان‌های تحقیقاتی است.

فرض صفر: مرحله نیازسنجی، مرحله مناسبی برای چرخه‌عمر فرایند تحقیق و توسعه در سازمان‌های تحقیقاتی نیست.

فرض مقابل صفر: مرحله نیازسنجی، مرحله مناسبی برای چرخه‌عمر فرایند تحقیق و توسعه در سازمان‌های تحقیقاتی است.

در آزمون میانگین یک جامعه (t تک نمونه‌ای) فرضیه مطرح‌شده در مورد میانگین جامعه در سطح خطای آلفا موردبررسی قرار می‌گیرد و با توجه به سطح تعریف‌شده (عدد ۳)، می‌توان مقدار متغیر موردنظر را مشخص نمود و همچنین تعیین نمود که آیا آن متغیر در پدیده مورد بررسی، مؤثر تلقی می‌شود یا خیر.

۳,۳,٤. نتایج آزمون

نتیجه این آزمون شامل دو خروجی است. خروجی اول (جدول ۲) آمار توصیفی مربوط به آزمون فرض را ارائه می‌کند و اعداد محاسبه‌شده به ترتیب تعداد داده‌ها، میانگین، انحراف معیار و خطای معیار میانگین را نشان می‌دهد. نتایج آزمون آمار توصیفی نشان می‌دهد که مقدار میانگین نمونه در مورد متغیر موردن ظر (مرحله اول) که ٤,٤٤ است از مقدار ثابت در نظر گرفته‌شده (عدد ۳) بزرگ‌تر است. با این‌حال لازم است این موضوع باید از طریق آمار استنباطی (آزمون فرض یا فاصله اطمینان) نیز تأیید گردد.

مشابه مرحله اول برای کلیه مراحل، آزمون فرض مطرح‌شده و نتایج در جدول زیر ارائه‌شده است.

جدول (۶). خلاصه آماره‌های t تک نمونه‌ای متغیرهای ارزیابی عملکرد

مراحل	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
نیازسنجی	۵۱	۴,۴۴۰۵	.۴۴۸۸۳	.۰۹۷۹۴
طراحی و ساخت نمونه	۵۱	۴,۳۷۱۹	.۴۶۵۱۸	.۱۰۱۵۱
مهندسی ساخت و تولید	۵۱	۴,۳۶۲۵	.۵۲۸۰۹	.۱۱۵۲۴
بهره‌برداری و پشتیبانی	۵۱	۴,۴۴۲۵	.۴۷۷۹۴	.۱۰۴۳۰

خروجی دوم که در جدول (۳) نشان داده شده است، مربوط به آمار استنباطی است و نتایج آزمون را ارائه می‌کند. مطابق جدول ۵ با توجه به مقدار آماره (t = ١٤,٧٠٧)، درجه آزادی ۲۰ و سطح معناداری ۰,۰۰۰ (Sig=۰,۰۰۰ <۰/۰۵)، مقدار سطح معناداری برای فرضیه اول در فاصله اطمینان ۹۵ درصد، از ۰/۰۵ کمتر است. در نتیجه فرض H۰ رد شده و بنابراین می‌توان گفت که مرحله نیازسنجی، مرحله مناسبی برای چرخه‌عمر فرایند تحقیق و توسعه در سازمان‌های تحقیقاتی است. سایر نتایج نیز در جدول زیر ارائه‌شده است.

جدول (۷). خلاصه نتایج آزمون t تک نمونه‌ای فرضیه‌ها

شاخص‌ها	Test Value = 3					
	t	df	Sig. (۲-tailed)	Mean Difference	۹۵٪ Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
نیازسنجی	۱۴,۷۰۷	۵۰	.۰۰۰	۱,۴۴۰۴۸	۱,۲۳۶۲	۱,۶۴۴۸
طراحی و ساخت نمونه	۱۳,۵۱۵	۵۰	.۰۰۰	۱,۳۷۱۸۸	۱,۱۶۰۱	۱,۵۸۳۶
مهندسی ساخت و تولید	۱۱,۸۲۳	۵۰	.۰۰۰	۱,۳۶۲۵۰	۱,۱۲۲۱	۱,۶۰۲۹
بهره‌برداری و پشتیبانی	۱۳,۸۳۱	۵۰	.۰۰۰	۱,۴۴۲۵۱	۱,۲۲۴۹	۱,۶۶۰۱

٤,٤. رتبه‌بندی ابعاد

برای مقایسه میزان اهمیت و رتبه‌بندی هریک از مراحل، از آزمون فریدمن استفاده شده است. اجرای این آزمون ناپارامتریک سطح معناداری ۰,۰۰ را حاصل نموده است که نشان از معنادار بودن اختلاف بین مراحل دارد. به عبارت دیگر نتیجه آزمون تأییدکننده رتبه‌های متفاوت مراحل می‌باشد. جدول (٤) نشان‌دهنده نتایج اجرای این آزمون است.

جدول (۸). نتایج حاصل از آزمون فریدمن

تعداد	۵۱
مقدار کای دو	۸,۲۱۱
درجه آزادی	۳
سطح معناداری	.۰۴۲

درجدول (۵) رتبه‌های حاصل از اجرای آزمون فریدمن به ترتیب نزولی ارایه شده است. میانگین رتبه هر مرحله را می‌توان به عنوان معیاری برای تخصیص وزن به آن مرحله در نظر گرفت.

جدول (۹). نتایج حاصل از رتبه‌بندی از آزمون فریدمن

ردیف	مرحله	میانگین رتبه	رتبه
۱	نیازسنجی	۲,۹۰	۱
۲	بهره‌برداری و پشتیبانی	۲,۸۱	۲
۳	طراحی و ساخت نمونه	۲,۲۶	۳
۴	مهندسی ساخت و تولید	۲,۰۲	۴

همان گونه که مشاهده می‌شود در مجموع مرحله نیازسنجی از اهمیت بیشتری برخوردار است و مراحل بهره‌برداری و پشتیبانی، طراحی و ساخت نمونه، و مهندسی ساخت و تولید در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

۵,٤. مطالعه موردی

مدل این تحقیق، در یک سازمان تحقیقاتی که پروژه تحقیقاتی بر اساس نیاز بهره بردار یا فشار فناوری تعریف شده و درشبکه همکاران متعدد با نقشهای مختلف اعم از مجری، ناظر و ارزیاب اجرا بررسی شد و نتایج آن مورد صحت سنجی و تایید قرار گرفت. این سازمان تحقیقاتی بیش از ۵۰۰۰ پروژه در زمینه های تحقیقاتی مختلف شامل الکترونیک، فیزیک، ریاضی، نرم افزار و ... اجرا نموده و الزام به اجرای تمام مراحل چرخه عمر خود دارد. پروژه های این سازمان بر اساس خبرگی سازمانهای تحقیقاتی بین آنها توزیع شده و ملزم به اجرای تکلیف پروژه می باشند. مدلی که بین سازمانهای مجری مورد پذیرش همه باشد، وجود ندارد. برخی صنایع بصورت سلیقگی به موضوع نگاه می‌کنند. بدین منظور ۲۰ پروژه جهت تطبیق و قابلیت بکارگیری مدل انتخاب شد تا پروژه ها را قبل و بعد از بکارگیری مدل مورد بررسی قرار بدهند. نتایج نشان داد قیب از بکارگیری مدل پراکندگی و عدم درک مشترک از اجرای تحقیقات وجود داشت. اما بعد از بکارگیری مدل اولا ذینفعان پروژه نقش خود را دانستند و همه بر تاثیر مثبت مدل تاکید داشته بطوریکه الزامات با جامعیت تمام چرخه حیات را پوشش داده و دغدغه همه ناظران، مجریان و ممیزان را پوشش داده و بهبود چشمگیری را بدست آورد. در مرحله تعریف و تصویب پروژه سازمانهای تحقیقاتی مطلع شدند تا بخوبی پروژه را تعریف و امکان سنجی نمایند. در مراحل طراحی مقدماتی و اینکه تامین فناوری از کی باید اتفاق بیفتد اختلاف نظر حل شد. در مرحله طراحی تفصیلی تامین مواد و قطعات سیستماتیک شده که همگی حکایت ازآن دارد که مدل کارایی کافی برخوردار می باشد.

نتیجه گیری

چرخه‌عمر، سیر تکاملی یک سیستم، محصول، خدمت یا پروژه را از زمان شکل‌گیری مفهوم تا زمان کنارگذاری آن در برمی‌گیرد. برای درک این سیر تکاملی، معمولا فرایندها و فعالیت‌های مرتبط با چرخه‌عمر به‌صورت چند مرحله سازمان‌دهی می‌شوند که مدلی را شکل می‌دهند که به‌عنوان یک مرجع عمومی برای برقراری ارتباط و ایجاد فهم مشترک بین ذی‌نفعان مختلف عمل می‌کند. هر سازمان دارای یک مدل چرخه‌عمر است که مفهوم‌سازی، تحقق، استفاده، تکامل و کنارگذاری محصولات و خدمات آن را در برمی‌گیرد. پیشرفت محصولات و خدمات در طول چرخه‌عمر آن‌ها، نتیجه‌ی اقداماتی است که توسط افراد در سازمان‌های مختلف و با استفاده از فرایندهایی که برای اجرای این اقدامات وجود دارد انجام‌شده و مدیریت می‌شوند.

در این پژوهش مدل چرخه‌عمر عمومی تحقیق و توسعه برای سازمان‌های تحقیقاتی ارائه شده است. اگرچه مدل چرخه‌عمر از یک سازمان/محصول/پروژه به سازمان/محصول/پروژه دیگر متفاوت است، با این حال، فرایندهای ارائه شده در مدل پیشنهادی این پژوهش، مجموعه‌ای نسبتا جامع را ارائه می‌کنند که یک سازمان تحقیقاتی با استفاده از آن می‌تواند مدل‌های چرخه‌عمر محصولات و خدمات خود را شکل دهد. به عبارت ساده‌تر، یک سازمان تحقیقاتی با توجه به هدفش، می‌تواند زیرمجموعه‌های مناسبی از فرایندهای ارائه شده در مدل پیشنهادی را برای تکمیل اهداف خود انتخاب کرده و به‌کار برد. مراحل و فرایندهای عمومی پیشنهادی در این پژوهش می‌تواند به عنوان مرجعی جهت تهیه مدل چرخه‌عمر، مورد استفاده قرار گرفته و در هر یک از حالات زیر مورد استفاده قرار گیرد. بینشهای مدیریتی برای تصمیم گیرندگان پروژه بر اساس مدل نیز میتواند در سازمانهای زیر مد نظر قرار بگیرد.

– توسط یک سازمان، به‌منظور ایجاد مجموعه‌ای از فرایندهای موردنیاز. این فرایندها می‌توانند توسط زیرساخت‌هایی از قبیل روش‌ها، رویه‌ها، تکنیک‌ها، ابزارها و کارکنان آموزش‌دیده پشتیبانی شوند. سپس سازمان ممکن است این مجموعه از فرایندها را به‌منظور انجام پروژه‌ها و مدیریت آن‌ها و پیشرفت محصولات و خدمات خود در طول مراحل چرخه‌ی عمرشان به‌کار بندد. در این حالت، مدل ارائه‌شده به‌منظور ارزیابی انطباق مجموعه فرایندهای اعلام‌شده با شرایط موردنظر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

– توسط یک مدیر پروژه، به‌منظور کمک به انتخاب، ایجاد و به‌کارگیری مجموعه‌ای از فرایندهای استقراریافته در دستیابی به محصولات و خدمات. در این حالت، مدل ارائه‌شده به‌منظور ارزیابی انطباق پروژه موردنظر بامجموعه فرایندهای اعلام و مستقرشده، به‌کار می‌رود.

– توسط یک کارفرما و یک پیمانکار، به‌منظور کمک به ایجاد یک توافق در خصوص فرایندها و فعالیت‌ها. فرایندها و فعالیت‌ها در مدل ارائه‌شده در این پژوهش از طریق یک قرارداد، انتخاب‌شده، مورد مذاکره قرارگرفته، پذیرفته و انجام می‌شوند. در این حالت، مدل ارائه‌شده به‌عنوان راهنمایی برای ایجاد قرارداد به‌کار می‌رود.

– توسط ارزیابان فرایند، به‌منظور استفاده به‌عنوان یک مدل مرجع فرایندی در ارزیابی فرایندها که ممکن است در پشتیبانی از بهبود فرایندهای سازمانی نیز به‌کار رود.

وجه تمایز مدل ارایه شده در این تحقیق، جامعیت آن و قابلیت بکارگیری در سازمانهای مجری، ناظر و ممیزان بوده که این مهمترین نوآوری این تحقیق به شمار میرود. مدلهای ارایه شده تا کنون هرکدام فقط از دید مجریان طراحی شده در صورتیکه مدل این تحقیق دغدغه ناظران وارزیابان پروژه را هم در بر می‌گیرد. و این اولین مدلی است که بین ناظر و مجری تفاهم برقرار نموده است. دیگر نوآوری این تحقیق، در نظر گرفتن رویکرد مهندسی سیستمها در کل چرخه بوده است.

لازم به ذکر است که مدل ارائه در این پژوهش مدل چرخه‌ی عمر خاصی را تجویز نمی‌کند. در عوض مجموعه‌ای از فرایندها را تعریف می‌کند، که می‌تواند در تعریف چرخه‌عمر محصولات و خدمات سازمان‌های تحقیقاتی به‌کار گرفته شود. همچنین، این پژوهش، توالی خاصی از فرایندها را در مدل چرخه‌ی عمر تجویز نمی‌کند. توالی فرایندها با درنظرگرفتن اهداف پروژه و با انتخاب مدل چرخه‌ی عمر تعیین می‌شود، و می‌تواند در تحقیقات آتی مورد بحث و بررسی قرار گیرد.

منابع

Alting L, Legarth JB (1995) Life Cycle Engineering and Design. CIRP Annals - Manufacturing Technology ٤٤(٢):٥٦٩–٥٨٠.

Archibald, R. D.,(2000)Managing High-Technology Programs and Projects, R. D. Archibald, Wiley, NY, p19.

Blanchard, B., (1998) Systems Engineering Management, New York: John Wiley & Sons.

Blanchard, B., and W. Fabrycky, (1998) Systems Engineering and Analysis, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Belanger, T. C.(2005)Choosing a Project Life Cycle, chapter 6 of Field Guide to Project Management, edited by D. I. Cleland, Van Nostrand Reinhold, NY, p62.

Cooper, R. G., S. J. Edgbert, & E. K. Kleinschmidt, (2001)Portfolio Management for New Products, Cambridge, MA, p272.

Cleland, Dr. D. I.,(1990)Project Management: Strategic Design and Implementation, TAB Books, PA, p23.

DoD Instruction 5000.2(2003).Operation of the Defense Acquisition System.

Defense Acquisition Guidebook (2011), Defense Acquisition University press.

Faulconbridge, R. Rayan, M (2003) Managing complex technical projects: a system engineering approach. Artech house, INC.

Frame, Dr. J.D.,(2007)Closing Out the Project, chapter 14 of Project Management Handbook edited by J. K. Pinto,Jossey-Bass, p238.

Hata T, Kimura F, Suzuki H (1998) Product Life Cycle Design Based on Deterioration Simulation. CIRP Annals - Manufacturing Technology 47(1):119–122.

Hon KKB, Xu S (2007) Impact of Product Life Cycle on Manufacturing Systems Reconfiguration. CIRP Annals - Manufacturing Technology 56(1):455–458.

Guide to the Project Management Body of Knowledge, 2017 Edition, Glossary section, Project Management Institute, PA, p206.

Kato S, Kimura F (2004) The Product Life Cycle Design Method Using a Strategic Analysis. Proc. of 11th CIRP Int. Seminar on Life Cycle Engineering.

Kerzner, Dr. H.,(2000)Project management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling, Third Edition, Van Nostrand Reinhold, NY, p84.

Kapur, G. K.,(2005)PowerPoint presentation: The Seven Deadly Sins of Project Management, PMI-ISSIG Webinar, Center for Project Management, CA.

Luger T, Herrmann C (2007) Life Cycle Design. in Morselli L, Passarini F, Vassura I, (Eds.) Waste Recovery: Recycling and Waste to Energy, . ISBN: 978- 88-387-3994-3.

MIL-STD-499B (1994), Military Standard-Systems Engineering-Draft, Washington, D.C.: U.S. Department of Defense.

Morris, Dr. P. W. G.,(2005) Key Issues in Project Management, chapter 1 of Project Management Handbook edited by J. K. Pinto, Jossey-Bass, p5.

Mochal,T.,(2010)ProjectLife Cycle Process, http://www.lifecyclestep.com/

NASA/SP-2007-6105, REV 1-Nasa Systems Engineering Handbook.

Ometto A, Gueler A, Pigosso D (2008) A Proposal for a Framework for Life Cycle Engineering. Proc. of 15th CIPR Int. Conf. on Life Cycle Engineering, 355– 359.

Patel, M. B. &. Morris, P.G. W.,(2015) Guide to the Project Management Body of Knowledge, Centre for Research in the Management of Projects, University of Manchester, UK, p52.

Patzak, G.,(2010)Project Management Paradigm: A System Oriented Model of Project Planning, in Dimensions of Project Management, edited by H. Reschke& H. Schelle, Springer-Verlag, Berlin, pp26-27.

ISO/IEC 24748-1:2016, Systems and software engineering — Life cycle management.

ISO/IEC 15288 Systems Engineering - System Life Cycle Processes.

IEEE-STD-1220-1998, IEEE Standard for Application and Management of the Systems.

INCOSE, J. Int. Council Syst. Engineering, Seattle, WA: International Council on Systems Engineering.

Ramani K, Ramanujan D, Bernstein WZ, Zhao F, Sutherland JW, Handwerker C, Choi J-K, Kim H, Thurston D (2010) Integrated Sustainable Life Cycle Design: A Review. Journal of Mechanical Design 132(9). 091004-1–٠٩١٠٠٤–١٥.

Stuckenbruck, Dr. L. C.,(2000) Editor, The Implementation of Project Management, Project Management Institute, PA, Wiley, pp2-3.

T.Ulrikh and D.Eppinger (2014) Product Design and Development" , Mc Graw hill, 200.

Takata S, Kimura T (2003) Life Cycle Simulation System for Life Cycle Process Planning. [21].CIRP Annals - Manufacturing Technologies 52(1):37–40.

Umeda Y, Fukushige S, Tonoike K, Kondoh S, Yoshikawa H (2008) Product Modularity for Life Cycle Design. CIRP Annals - Manufacturing Technologies 57(1):13–16.

Wilemon, D. L., (1976) in Foreword to Managing High-Technology Programs and Projects, R. D. Archibald, Wiley, NY, piii.

Wideman, R. M., (2000)Project Management Framework lecture overhead slide circa.

Wideman, R. M., Chairman,(2005).PMBOK Standards Board, The Framework Part 1 The Rationale, Project Management Body of Knowledge (PMBOK), Project Management Institute, PA, p1-1.

Youker, R.,(2008)Managing the project cycle for time, cost and quality: lessons from World Bank experience, Keynote paper, INTERNET 88, Glasgow, Vol 7 No 1 February p54.

پی نوشت:

[۱] *Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*

[۲] *Predictive/Plan-Driven*

[۳] *Iterative*

[۴] *Incremental*

[۵] *Adaptive/Agile*

[۶] *Hybrid*