



فرآیند توسعه محصول موتور خودرو در شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو (ایپکو)

امیرعلی داوری^۱، سید محمد جعفری^{۲*}، محسن اسدی طاهری^۳، امیرحسین مهدوی^۴

^۱ کارشناسی ارشد صنایع (بهینه سازی سامانه ها) دانشگاه صنعتی امیرکبیر، a_davari@ip-co.com

^۲ استادیار دانشکده مهندسی مکانیک و انرژی، دانشگاه شهید بهشتی، m_jafari@sbu.ac.ir

^۳ کارشناسی ارشد طراحی موتور خودرو، دانشگاه علمی کاربردی، mo_asadi@ip-co.com

^۴ کارشناسی، دانشگاه شهید بهشتی، amir76237@gmail.com

* نویسنده مسئول

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۲۴ آذر ۱۳۹۹

پذیرش: ۲۳ تیر ۱۴۰۰

کلیدواژه‌ها:

صنعت خودرو

موتور

فرآیند توسعه محصول

الگوی توسعه

ایپکو

در این مقاله، فرآیند توسعه محصول موتور خودرو در شرکت ایپکو شرح داده شده است. ابتدا الگوهای توسعه محصول شامل الگوی V، دروازه‌ای و شبکه‌ای شرح داده شده‌اند. در ادامه برای آشنائی مختصر خواننده با بحث تولید موتور، به طور کوتاه برخی از ادبیات و زیرسامانه‌های موتور بیان می‌شود. همچنین انواع سطوح برنامه‌های توسعه موتور، در سطح کم، متوسط، زیاد و یا محصول کاملاً جدید شرح شده‌اند. بر اساس تجربه ایپکو، بسته به سطح توسعه، توسعه موتور به طور متوسط به ۴ تا ۴۸ ماه فرصت نیاز دارد. اعضای تیم توسعه و مؤلفه‌های تأثیرگذار در توسعه موتور نیز معرفی شده‌اند. با این مقدمات، یک الگوی توسعه محصول از ابتدای مرحله توسعه مفهومی تا تولید انبوه همراه با جزئیات آن تشریح گردیده است. در پایان با ترکیب الگوهای V و دروازه‌ای، جزئیات الگوی توسعه محصول شرکت ایپکو بیان شده است. در واقع نتیجه مقاله حاضر، نظام‌مند نمودن فرآیند توسعه موتور در ایران خودرو است. این نتیجه در قالب ارائه الگویی ترکیبی از الگوهای دروازه‌ای و وی ارائه شده است و ایپکو به عنوان یک شرکت نوآور داخلی در طراحی و تولید موتور، مبنای الگوی مورد استفاده خود را شرح نموده است.



تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.

۱- مقدمه

موفقیت اقتصادی شرکت‌های تولیدی وابسته به توانایی آنها در شناخت نیازمندی‌های مشتریان و ساخت محصولاتی دارد که در زودترین زمان و کم‌ترین هزینه، این نیازها را بر طرف کنند. دستیابی به اهداف ذکر شده به تنهایی یک مسأله بازاریابی، یا یک مسأله طراحی نیست بلکه در واقع مسأله توسعه محصول است که شامل همه وظایف بازاریابی، طراحی و تولید انبوه است [۱].

با کوتاه شدن عمر و اشباع بازار، توسعه محصولات جدید برای شرکت‌ها در جهت بدست آوردن و حفظ این بازار رقابتی از اهمیت زیادی برخوردار است. در حقیقت فرآیند توسعه محصولات جدید خون حیاتی هر سازمان پیشرفته به نظر می‌رسد [۲].

سازمان‌ها به منظور انجام پاسخگویی به بهترین شیوه ممکن در مقابل تغییرات محیطی، تولید و انتشار برخی از محصولات و خدمات را متوقف و یا در آن‌ها تغییر و اصلاح اعمال می‌کنند. این فرآیند توسعه از ارزیابی و شناخت خواسته‌ها و نیازمندی‌های مشتریان در بازارهای گوناگون شروع شده و با هدف تأمین این نیازها و بالابردن رونق اقتصادی در سازمان، اقدام به توسعه محصول جدید می‌کند [۳].

فرآیندهای توسعه محصول جدید از جمله چالش برانگیزترین فعالیت‌های یک سازمان با توجه به موانع و مشکلات پیش بینی نشده یا ناشناخته از نظر فناوری و خطرات کسب و کار هستند. به طور کلی دانش توسعه در طول زمان توسعه محصول جدید تکامل می‌یابد، بنابراین برنامه‌ریزی چنین فرآیندی ذاتاً پویا بوده و نیازمند به سازگاری تغییرات دانش توسعه محصول با سایر تغییرات دارد [۴-۵].

در میان انواع فرآیندهای توسعه محصول، توسعه محصول جدید دارای پیچیدگی‌های خاصی است که از آن جمله می‌توان به فقدان دانش توسعه‌دهندگان و طراحان محصول در ابتدای امر اشاره کرد که الزاماً تنها در طول زمان توسعه افزایش خواهد یافت [۶].

در ابتدای کار عموم پروژه‌های توسعه محصول جدید، امید به تعیین محدوده و درک عمیق و کامل از چیستی محصول تقریباً غیرممکن خواهد بود، بنابراین مدیریت تغییر و راهکارهای آن و طراحی‌های مکرر، از جمله مفاهیم پرکاربرد و مهم در توسعه محصول جدید است [۷].

کرافورد محصولات جدید را به پنج دسته که عبارتند از: محصولات جدید، ایجاد خطوط جدید، افزودن به خطوط جدید، بهینه‌سازی تولید و تغییر در موقعیت تولید تقسیم بندی کرده است [۸].

برخی پژوهشگران از جمله آنالچینو دسته دیگری نیز به تقسیم‌بندی کرافورد اضافه کرده‌اند که عبارت است از کاهش هزینه‌ها. در حقیقت این گروه از محصولات شاید از منظر بازاریابی جدید به نظر نرسند، ولی از نگاه تولیدکنندگان تفاوت‌های بسیاری دارند. آنها قادر خواهند

بود عملکرد مشابهی ارائه دهند، در حالی که کاهش هزینه‌های تولید، ارزش افزوده بسیار زیادی را ایجاد می‌کند [۹].

طبق پژوهش‌های آقای تیسن سه عامل حضور در بازارهای جهانی، ترکیبی از الگوهای مداوم و ساخت محصول مطابق با نیاز مشتری، عوامل موفقیت در صنعت خودرو به شمار می‌روند [۱۰].

یک فرآیند توسعه محصول جدید عبارتست از مجموعه فعالیت‌ها و اقداماتی که نیاز است یک مفهوم، خدمت یا محصول جدید به محصول با مشخصه‌های بلوغ تبدیل شده و آمادگی لازم جهت ارائه به بازار را داشته باشد. این فرآیند هر چیزی از مفاهیم اولیه تا چشم انداز محصول جدید و موارد مربوط به تحلیل‌های کسب و کار، امور بازاریابی، فعالیت‌های طراحی و مهندسی، توسعه خطوط تولید جدید و صحنه‌گذاری محصول برای انطباق با این برنامه‌ها را شامل می‌شود [۱۱].

یکی از مهم‌ترین الگوهای ارائه شده در فرآیند توسعه محصول، الگوی شبکه‌ای است. در این الگو دانش از بخش‌های مختلف سازمان مانند: بازاریابی، تحقیق و توسعه و مالی جمع آوری می‌شود. این دانش به مرور زمان در سازمان افزایش می‌یابد، درست همانند طرح اولیه‌ای، مانند شکاف فنی یا فرصت بازار و... شروع می‌شود و سپس از طریق توسعه این دانش، مفهوم محصول پیشرفت می‌یابد. این همان فرآیندی است که توسط محققان فراوانی در این زمینه از جمله نوناکا و تاگوچی، هاگدورن، تروت و سایرین بیان شده است [۱۱-۱۲].

در واقع الگوی شبکه‌ای بر پیوند زنجیرهای بین روابط بیرونی با فعالیت‌های درونی که به موفقیت توسعه محصول جدید کمک می‌کند، تأکید دارد. برای بیان اینکه زنجیره ارتباطات بیرونی می‌تواند ورود جریان‌های مازادی را به سازمان تسهیل کند، مدارک قابل توجهی وجود دارد. در واقع از این طریق فرآیند توسعه محصول جدید ارتقاء می‌یابد [۱۳ و ۱۴].

الگوی دروازه‌ای یک ابزار بسیار قدرتمند برای توسعه محصولات جدید است. این الگو مطابق شکل ۱ از جمله الگوهای با الگوی دنباله‌ای است و متشکل از یک سری مرحله و دروازه است که این الگو را به جریانی سازمان‌یافته و ساختار یافته برای طرح‌های توسعه محصول جدید تبدیل نموده است. مطالعات انجام شده بر روی این الگو پیامدهای مهمی برای مدیران سازمان‌ها دارد. این مطالعه نشان می‌دهد که نگرانی‌های فراوانی در مورد خدشه وارد کردن به فرآیند توسعه محصولات جدید، وجود دارد. مدیران مشتاقانه محصولات جدید را دوست دارند. در عین حال، مدیران تمایل دارند اعتماد قوی به فرآیند مرحله-دروازه داشته باشند زیرا آنها ابزار مفید برای پایش مؤثر توسعه محصول جدید در شرکت‌هایشان را فراهم می‌کنند [۱۵].

یکی از مهم‌ترین الگوهای معرفی شده برای توسعه محصول جدید الگوی "وی" است. مسیر فرایندها پس از مرحله برنامه‌نویسی به سمت بالا به شکل حرف وی انگلیسی خم می‌شود. الگوی V، نقشه راه نظام‌یافته از شروع طرح تا پایان توسعه محصول را ارائه می‌دهد. الگوی V ارتباط بین مرحله‌های مختلف چرخه حیات طراحی و مراحل پیوسته مرحله آزمون را مشخص می‌کند [۱۶].

مطابق شکل ۲، این الگو رابطه بین فعالیت‌های توسعه، آزمون و صحنه‌گذاری را در هر مرحله از فرآیند توسعه محصول به جای اتمام فرآیند توسعه تعریف می‌کند.

در واقع وظیفه مدیریت طرح در خودرو، سازماندهی و مدیریت منابع (پول، مردم، مواد، انرژی، فضا و...) به گونه‌ای است که طرح در داخل اهداف تعریف شده (دامنه، کیفیت، زمان و هزینه) تکمیل شود. این شامل برنامه‌ریزی، پایش و تصمیم‌گیری در هنگام توسعه محصول و فرآیند است [۱۸].

سندویک کرومانت ۲ یکی از پیشگامان فروش جهانی ابزار و دانش فنی صنعت برش فلز، یک الگوی دروازه‌ای را برای فرآیند توسعه محصولات خود توسعه داده است. این الگو شامل سه مرحله اصلی با عناوین پیش مطالعه، اجرا، ارزیابی و پایان طرح است.

این الگو مطابق شکل ۱، برای پیشرفت طرح، دارای پنج نقطه تصمیم‌گیری مهم بدین شرح است:

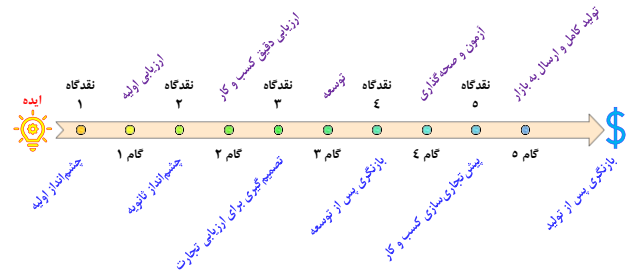
- ۱- پیش مطالعه
- ۲- توسعه راه حل‌های محصول
- ۳- پیش تولید
- ۴- افزایش تولید
- ۵- ارزیابی، نتیجه‌گیری و پایان

نتیجه این تصمیم می‌تواند یکی از این سه مورد باشد [۱۹].

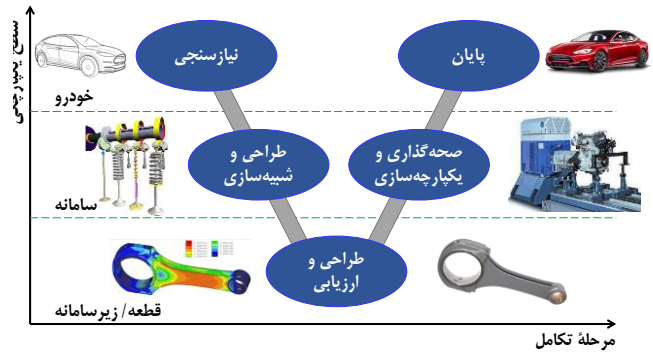
- عبور
- توقف
- بازبینی محدود طرح (بازگشت به عقب)

در صنعت خودروی پویا و پیوسته در حال رشد، توسعه محصولات جدید یکی از فرآیندهایی است که امروزه به عنوان یک مزیت رقابتی در بازار خودرو پایه‌ریزی شده است. با توجه به مطالب گفته شده و محدودیت موجود، استفاده از الگویی به منظور برنامه‌ریزی توسعه محصول جدید در صنعت خودرو و موتور، با نوآوری و ترکیب روش‌ها و الگوهای موجود ضروری است.

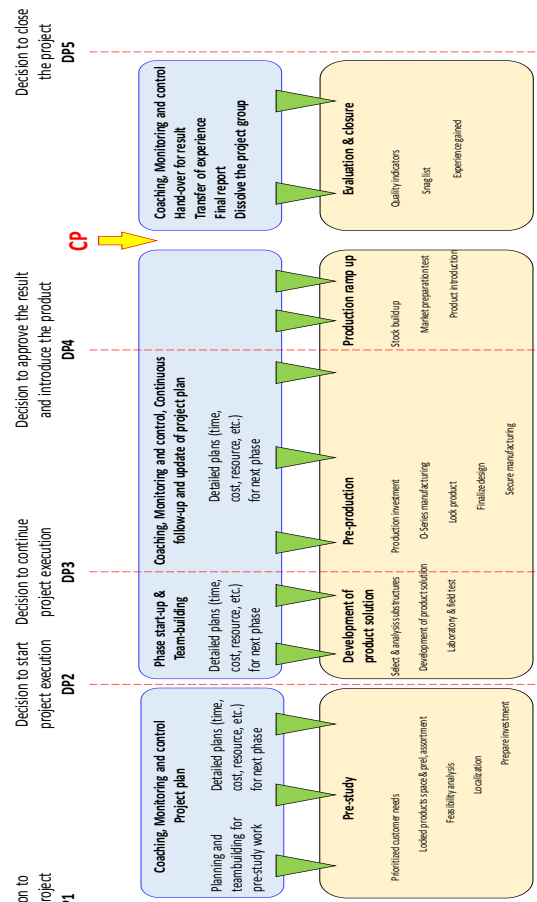
الگوهای "دروازه‌ای" و "وی" به عنوان الگوهای محبوب و کارا در حوزه‌های توسعه محصول می‌باشند که در مراجع [۱۶، ۱۹-۲۲] برای



شکل ۱: الگوی دروازه‌ای [۱۵]



شکل ۲: توسعه محصول با استفاده از الگوی V [۱۷]



شکل ۳: الگوی توسعه محصول سندویک [۱۹]



شکل ۴: نمایی از موتور ملی پرخوران [۲۳]

موضوعاتی عمومی یا تخصصی از قبیل فرآیند عمومی خودرو، توسعه نرم‌افزار، استانداردهای ایمنی خودرو یا ساخت استفاده شده‌اند. اما در ارتباط با توسعه قوای محرکه از ترکیب این دو الگو با هدف هم‌افزایی قابلیت‌هایشان استفاده نشده است.

در این پژوهش، برنامه‌ریزی جامع شامل ترکیب، گسترش و شخصی‌سازی بر اساس الگوهای موجود در طراحی و توسعه محصول جدید است. این الگو با در نظر گرفتن محدودیت‌ها و مفروضات شرکت‌های خودروساز داخلی در امر توسعه محصول موتور جدید و درگیر بودن بخش‌های مختلفی در تیم توسعه محصول، توسعه داده شده است. پژوهش حاضر از لحاظ نوع هدف جزء پژوهش‌های کاربردی محسوب شده و با استفاده از تلفیق الگوهای جاری توسعه محصول همانند الگوی دروازه‌ای و وی، مطالعه موردی در صنعت موتور انجام شده است.

۲- محدودیت‌ها و مفروضات تحقیق

۱- الگوی ارائه شده متمرکز بر موتورهای خودروهای سواری با سوخت بنزین، گاز و گازوئیل است.

۲- تمرکز این پژوهش بر روی توسعه محصول موتور خودرو بوده و فرض بر عدم همزمانی توسعه خودرو و موتور می‌باشد. به عبارتی اجزاء و سایر سامانه‌های آن از قبل توسعه یافته است.

۳- نیازهای مشتری بر اساس درخواست کارفرما، استانداردها و مقررات دولتی مشخص خواهد شد.

۴- جزئیات برنامه و الگوی توسعه نگاهت موتور و خودرو در این تحقیق مد نظر قرار نگرفته است.

۳- مهندسی سامانه در صنعت خودرو

با کمک مهندسی سامانه و سایر رشته‌های مهندسی، نیازمندی‌ها، الزامات و پیکربندی صنعت موتور و خودرو را می‌توان انجام داد.

خودروی سواری به عنوان یک سامانه یکپارچه جهت برآوردن نیازهای مشتری طراحی می‌شود و به عنوان یک سامانه کل نزد مشتری قابل استفاده و ارزیابی شود. در صورتی که سامانه‌های خودرو تجزیه شده و موتور به عنوان یک سامانه کل در نظر گرفته شود، در این صورت شامل تعدادی زیر سامانه از جمله سامانه‌های ذیل خواهد بود.

۱. مدیریت هوشمند موتور
۲. احتراق، اشتعال و جرقه
۳. میل‌لنگ
۴. سوخت‌رسانی
۵. تهویه محفظه لنگ
۶. زمان‌بندی موتور
۷. خنک‌کاری موتور
۸. روغن‌کاری موتور
۹. محرک قطعات جانبی
۱۰. هوا رسانی

در شکل ۴ نمایی از موتور ملی پرخوران که توسط شرکت ایپکو توسعه یافته نشان می‌دهد و سامانه‌های ذکر شده، در آن موجود است.

۴- دامنه‌های کاری توسعه موتور

الگوی توسعه محصول پیشنهاد شده برای اصلاح و بهبود طراحی و یا فرآیند توسعه موتور جدید کاربرد دارد. همچنین اصلاحات یا تغییرات می‌تواند از تغییرات و به روزرسانی‌های جزئی یک موتور خودرو موجود، تا طراحی یک موتور خودرو جدید کاملاً متفاوت باشد و بر اساس آن نمونه‌سازی‌ها و آزمون‌های صحنه‌گذاری از سطح قطعه تا سطح کل سامانه موتور نیز می‌تواند متفاوت باشد. بنابراین، دامنه کاری و برنامه‌های توسعه موتور خودرو را می‌توان در یک دسته‌بندی کلی بدین شرح تقسیم نمود:

- برنامه با اصلاحات جزئی: برنامه‌ای که در آن اصلاحات و تغییرات بر عملکرد اصلی موتور تأثیرگذار نباشد. به عنوان مثال اصلاحات مربوط به محفظه روغن به منظور بهینه‌سازی ارتعاشی
- برنامه با تغییرات متوسط: برنامه‌ای که در آن اصلاحات و تغییرات در سطح یک سامانه باشد و بر روی سایر سامانه‌ها اثرگذاری قابل توجهی نداشته باشد. به عنوان مثال اصلاحات مربوط به تغییرات حذف یک قطعه از سامانه محرک اجزای جانبی موتور
- برنامه با تغییرات عمده: برنامه‌ای که در آن اصلاحات و تغییرات بیش از یک سامانه باشد و یا بر روی سایر سامانه‌ها اثرگذاری قابل توجهی داشته باشد. به عنوان مثال اصلاحات و تغییرات مربوط به چندراهه هوا که اثر گذار بر روی سامانه‌های هوارسانی، زمان‌بندی موتور و سامانه احتراق اثر مستقیم دارد.
- طراحی کاملاً جدید: برنامه‌ای که در آن طرح از مطالعات امکان‌سنجی، تحقیقات بازار و دریافت نیازمندی‌های شروع

- شده و پس از سپری کردن گام‌های توسعه محصول به بازار عرضه گردد.
- ۵ - برنامه زمان‌بندی توسعه موتور در ایپکو
- بر اساس تجربیات موجود در شرکت ایپکو، باتوجه به دامنه کاری و نحوه برنامه‌ریزی، توسعه محصول موتور معمولاً بین ۴ تا حداکثر ۴۸ ماه زمان نیاز دارد. یک برنامه توسعه محصول بزرگ ممکن است شامل ایجاد یک موتور کاملاً جدید و یا شامل چندین موتور از یک خانواده که ممکن است در مواردی همچون نوع سوخت، نوع هوارسانی یا حجم موتور با یکدیگر متفاوت باشند را شامل شود، بنابراین برنامه این نوع توسعه موتور خودرو ممکن است در طول چندین سال زمان ببرد. یک برنامه کوچک توسعه ممکن است شامل تغییرات جزئی و تعویض قطعاتی مانند تلمبه آب، تسمه‌های زمان‌بندی و جانبی باشد که نیازمند زمان حدودی ۴ ماه برای توسعه موتور است.
- با بررسی طرح‌های توسعه‌ای در شرکت ایپکو و همکاری‌های مشترک با شرکای خارجی، اگر در یک سازمان توسعه‌دهنده موتور، دو برنامه توسعه موتور که دارای اهداف کاملاً یکسان باشند، ممکن است در زمان‌های متفاوتی اجرا شود. دلیل این تفاوت به دلیل تفاوت‌های در افراد تیم توسعه، محدودیت‌های مربوط به زمان و بودجه، تغییر در نیازهای مشتری در حین اجرای طرح، تغییرات مرتبط با فناوری‌ها در گذر زمان، تغییرات مربوط به تأمین کنندگان و . . . است. بنابراین، برنامه‌های توسعه موتور می‌توانند از نظر تفاوت در دانش، تیم توسعه، مراحل اجرا، زمان‌بندی، روش‌های آزمون و سبک مدیریت سازمان متفاوت از یکدیگر باشند.

۷- عوامل تأثیرگذار بر توسعه موتور

برنامه‌های توسعه محصول موتور مبتنی بر عوامل بسیاری است. مدیریت برنامه توسعه محصول نیاز به پیگیری دائمی دارد تا تعیین کند که آیا این عوامل بر ویژگی‌های مختلف محصول، زمانبندی، هزینه‌ها و کیفیت تأثیر می‌گذارد.

عوامل اصلی تأثیرگذار مسائل داخلی (آیین‌نامه‌های مدیریتی، توانایی انتخاب تأمین کنندگان و ادغام مشارکت آن‌ها در تیم توسعه، مدیریت سازمان، ارتباطات و پایش، تسهیم و استفاده از سایر ساختارها و قطعات) و خارجی (شرایط سیاسی و تحریم‌ها، شرایط اقتصادی، تغییر مقررات دولتی، رقابت راهبردی و برنامه تولید آن‌ها) سازمان‌های توسعه دهنده خودرو که می‌تواند برنامه‌های توسعه را تحت تأثیر قرار دهد [۲۴].

۸- الگوی پیشنهادی

در ابتدا باید بدانیم هر کاری معمولاً با استفاده از یک یا چند فرآیند انجام می‌شود. فرآیندها معمولاً شامل ورودی، پردازش و یک یا چند خروجی خاص است.

طراحی و توسعه موتور نیز با استفاده از یک فرآیند توسعه محصول انجام می‌شود. فرآیند توسعه موتور به طور کلی با درک نیازهای مشتری، مهندسی سامانه‌ها و ایجاد یک گروه توسعه متشکل از تخصص‌های مختلف برای نوآوری و توسعه مفهوم شروع می‌شود. به همین منظور در این بخش مرحله‌های الگوی فرآیند توسعه را تشریح می‌گردد. به طور کلی فرآیند توسعه محصول موتور مطابق با شکل ۵، دارای پنج مرحله اصلی بدین شرح است:

- ۱- نیازمندی
- ۲- طراحی
- ۳- ساخت
- ۴- صحنه‌گذاری
- ۵- گواهی‌نامه

۶- ترکیب اعضای تیم توسعه

توسعه و تولید یک محصول موتور نیازمند کارشناسان حرفه‌ای و خیره از تخصص‌های گوناگون است. علاوه بر این، تجربه کاری متخصصان در توسعه‌های موتوری گذشته می‌تواند در حل و فصل برخی از مسائل، راهگشا و کمک شایانی نماید. متخصصان رشته‌های تخصصی همانند مهندسی صنایع، مهندسی مکانیک با گرایش‌های سیالات، جامدات، ساخت و تولید، مهندسی برق، مهندسی مواد و کارشناسان پژوهش بازار اند [۲۵].

در این قسمت به عنوان یک پیشنهاد اجرا شده موفق از ترکیب اعضای تیم توسعه، اعضای تیم توسعه موتور در شرکت ایپکو ارائه می‌شود. در ترکیب اعضای تیم توسعه در شرکت ایپکو علاوه بر سازندگان تأمین‌کنندگان و تیم‌های توسعه خودروبی بنا به اهداف و دامنه کاری حضور دارند. این تیم متشکل از نمایندگان از واحدهایی بدین شرح اند:

نیازمندی‌ها است. با استفاده از مصاحبه‌ها و تجربیات کارکنان و مستندات مطالعه شده شرکت ایپکو، موارد ذیل به عنوان ورودی تدوین برنامه کلان‌زمان‌بندی و مرحله توسعه مفهومی، می‌تواند مدنظر قرار گیرد:

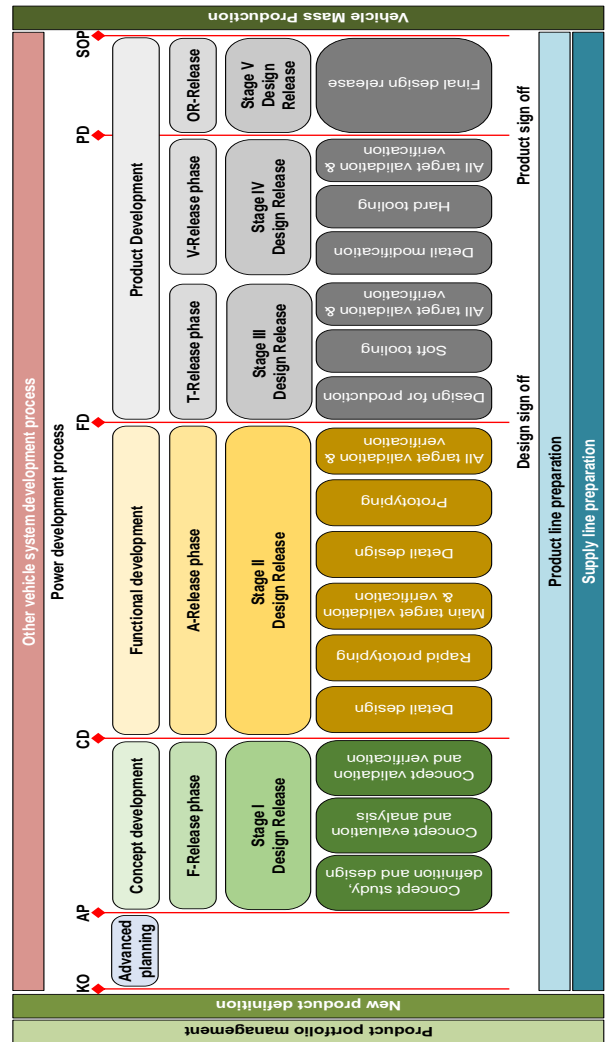
- اهداف عملکردی اصلی موتور
- اهداف عملکرد ثانویه موتور
- بازار هدف موتور
- حداکثر قیمت تمام شده موتور
- اهداف طول عمر موتور
- مقدار تولید انبوه موتور
- اهداف قابلیت اطمینان موتور
- مفروضات و محدودیت‌های فناوری
- شرایط و نیازمندی‌های محیطی
- الزامات و راهبردهای زنجیره تأمین
- الزامات مشتری و خط تولید
- الزامات ادغام با خودروی هدف ارائه به بازار
- قوانین و سایر الزامات قانونی در رابطه با موتور و خودرو
- تحلیل و برآورد منابع مورد نیاز
- مفروضات و محدودیت‌های زمان‌بندی
- طراحی و توسعه مفهوم نهایی

تلاش برای حل یک مسئله، مفهوم و جهت تصمیم‌گیری‌های طراحی را هدایت می‌کند. مفهوم محصول یک توضیح تقریبی از فناوری، اصول کار و شکل محصول است [۸].

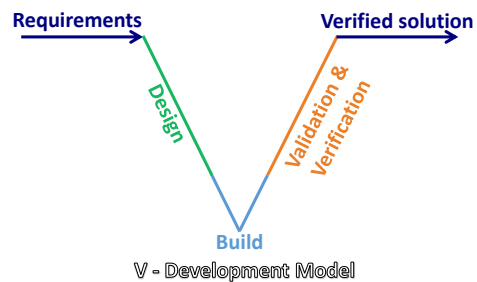
پس از اینکه نیازمندی‌ها و اهداف روشن شد، راه‌حل‌های حیاتی شناسایی شده و رویکرد بهینه انتخاب شده است. راه‌حل‌های مشکل و یا "مفاهیم" به عنوان یک توضیح تقریبی از محصول یا فناوری که مطابق نیازهای اعلام شده تعریف می‌شوند. مرحله طراحی مفهومی به طور عمده با تولید راه‌حل‌ها و مفاهیمی که نیاز آن‌ها را برآورده می‌کند، مفهومی را انتخاب کرده که برای تطبیق با مشخصات طراحی شده و پیش تعریف شده مناسب‌تر است.

در مرحله توسعه مفهوم، گروه توسعه متشکل از کارشناسان ماهر و با تجربه در جلسات خلق و ارزیابی نوآوری به تبادل نظر می‌پردازند. بصورت تجربی، تولید مفهوم ۱۵ تا ۲۰ درصد زمان کل توسعه کامل موتور را در اختیار دارد. گام‌های "مرحله توسعه مفهوم" در طرح‌های توسعه محصول موتور بدین شرح است:

- مطالعه، تعریف و طراحی مفهوم
- تحلیل و ارزیابی نوآوری و مفهوم
- تأیید و صحت‌گذاری مفهوم
- طراحی برای نمونه موتور آزمایشگاهی
- نمونه‌سازی موتور آزمایشگاهی
- تأیید و صحت‌گذاری نمونه آزمایشگاهی



(مراحل توسعه محصول)



شکل ۵: الگوی توسعه فرآیند توسعه محصول موتور ایپکو

۹- برنامه زمان‌بندی کلان

مدیران طرح توسعه محصول سعی می‌نمایند که با استفاده از معیارهایی کلیدی موفقیت طرح‌ها همچون دستیابی به اهداف بودجه‌ای، زمان‌بندی و محدوده منطبق با کیفیت‌های مدنظر، طرح‌ها را به اتمام برسانند [۲۵].

تهیه برنامه کلان زمان‌بندی نیز در این مرحله بر اساس نیازمندی‌ها و الزامات انجام می‌گیرد که یکی از مهم‌ترین خروجی‌های مدیریت

۱۰- طراحی و توسعه عملکردی

موفقیت توسعه محصول جدید نیاز به توانایی پیش‌بینی الزامات در اوایل چرخه توسعه طراحی محصول دارد. با بررسی‌های انجام شده و تجربیات متخصصان شرکت ایپکو، این موضوع به دلیل هزینه و زمان زیاد توسعه موتور، برجسته‌تر است.

نادیده گرفتن مسائل تولید منجر به طراحی و تصمیم‌گیری‌های ضعیف می‌شود که باعث به‌وجود آمدن مشکلات و دوباره‌کاری‌هایی در مرحله‌ها و مراحل توسعه محصول و چرخه تولید آن خواهد شد. در این مرحله تمرکز طراحی بر روی طراحی و نهایی‌سازی سامانه‌ها و قطعات موتور به منظور رسیدن به اهداف از پیش تعیین شده است. این اهداف در ابتدای توسعه به عنوان نیازمندی‌های توسعه موتور توافق شده است. توسعه عملکردی شامل سه مرحله بدین شرح است:

۱- مرحله طراحی تفصیلی: در رویکرد طراحی برای محصول ابتدا باید جنبه طراحی محصولاتی که بیشترین تأثیر را بر عملکرد سامانه دارند، شناسایی شوند، سپس آنها باید الگوها و روش‌هایی را برای برآورد این عملکرد به عنوان یک تابع از ویژگی‌های طراحی مربوطه را توسعه دهند. طراحی تفصیلی براساس فهرست نیازمندی‌ها و نتایج توسعه مفهوم انجام می‌شود. طراحی با تمرکز بر روی محصول نشان‌دهنده نادیده گرفتن فرآیندها و الزامات تولید نیست [۲۶].

۲- مرحله نمونه‌سازی محصول: این مرحله از توسعه محصول، طرح به اندازه کافی بالغ و شبیه محصول نهایی است، نمونه اولیه باید به گونه‌ای تولید شود که نمونه تولید شده از تمامی لحاظ (بجز فرآیند تولید و همبندی) منطبق با محصول نهایی باشد.

۳- آزمون‌های صحت‌گذاری محصول نمونه‌سازی شده: در این مرحله، بر اساس اهداف، سامانه‌ها و قطعات تغییر یافته و آزمون‌های صحت‌گذاری انجام می‌شود. اطلاعات برخی از قطعات و سامانه‌های موتور همانند مسیر هوای ورودی و گازهای خروجی که با قطعات و سامانه‌های خودرویی در ارتباط بوده و بر عملکرد یکدیگر اثر می‌گذارند، باید مشخص شود.

۱۱- توسعه برای ابزارآلات تولید

این مرحله برای بررسی اثر ابزارآلات تولید انبوه بر الزامات و خصوصیات محصول بوده و تمام قطعات توسط تولیدکنندگان تولید انبوه و با ابزارهای تولید انبوه تولید می‌شوند. در این مرحله هیچ نقیصی در طراحی محصول نباید وجود داشته باشد. صحت‌گذاری در این مرحله ممکن است بازخورد را برای اعمال برخی تغییرات جزئی به ابزارهای تولید ارائه دهد. توسعه ابزار دارای سه مرحله بدین شرح است:

۱- طراحی ابزارهای تولید

۲- ساخت نمونه محصول با ابزارهای تولید

۳- تأیید و صحت‌گذاری محصول و ابزارهای تولید

۱۲- توسعه فرآیند تولید

این مرحله از توسعه محصول به منظور بررسی فرآیند تولید انبوه و مطابقت الزامات کیفیت فرآیند با الزامات کیفیت برنامه‌ریزی شده است. مسئولیت تولید در این مرحله عمدتاً بر عهده تولید کننده است. تمام قطعات باید بر اساس خطوط تولید انبوه تولید و همبندی بر اساس فرآیند نهایی انجام شود. صحت‌گذاری در این مرحله ممکن است بازخوردهایی برای اعمال برخی تغییرات جزئی به فرآیند تولید داشته باشد. تأمین کنندگان ابزار را در این مرحله سخت‌کاری و نهایی‌سازی جهت تولید انبوه کرده‌اند.

طراحی تفصیلی تولید (اصلاحات احتمالی طراحی)، ساخت نمونه محصول مطابق با فرآیند تولید انبوه، تأیید و صحت‌گذاری تمامی اهداف (صحت‌گذاری محصول، فرآیند تولید، ابزارآلات تولید و سایر متغیرهای اثرگذار) از مرحله‌های اصلی توسعه فرآیند تولید هستند. بعد از این مرحله امکان نصب محصول بر روی خودرو جهت ورود به بازار آماده خواهد بود.

۱۳- نتیجه‌گیری

در این پژوهش علاوه بر اینکه الگوی کاربردی و نظام‌مند برای توسعه محصول موتور با تمرکز بر ویژگی‌های خاص محصول موتور در ایران ارائه شده است، محدودیت‌های فناوری، تجربه سازندگان و تأمین‌کنندگان داخلی و سایر محدودیت‌های خاص این صنعت در ایران در الگوی ارائه شده، در نظر گرفته شده است. در ارائه الگو، شرکت ایپکو در طراحی و توسعه موتور از رقبای جهانی الگو گرفته و الگوی خود را بومی‌سازی نموده است.

۱۴- پیشنهادها

با بررسی‌های انجام شده در فرآیند توسعه محصول موتور پیشنهادهایی بدین شرح ارائه می‌شوند:

۱- تمرکز بر مدیریت خطر توسعه محصول موتور: در الگوی تشریح شده در توسعه محصول موتور می‌توان تغییراتی را در فرآیندها متناسب با اهداف و تجربه سازندگان و تأمین‌کنندگان ایجاد نمود. این تغییرات دارای اثرات مثبت و منفی احتمالی در زمان و هزینه و محدوده کاری توسعه ایجاد خواهد نمود. تصمیم‌گیری برای نحوه اجرای فرآیندهای جدید، شناسایی خطرهای بالقوه توسعه محصول موتور یا راهبرد روبه‌رویی با تهدیدهای شناسایی شده از مواردی است که می‌توان در پژوهش‌های آینده مد نظر قرار داد.

۲- انطباق الگوی توسعه نرم‌افزار و نگاشت موتور و خودرو بر فرآیند توسعه موتور: به موازات توسعه موتور، نرم‌افزار سامانه مدیریت هوشمند و نگاشت جداول و متغیرهای آن به عنوان یک زیر مجموعه، توسعه می‌یابد. به دلیل پیچیدگی‌های موجود در این زیرمجموعه و

relations and management: a survey of Japanese, Japanese-transplant, and US auto plants. *Strategic Management Journal*, Vol. 12, No. 8, pp. 563-588, 1991

[14] Kamath, R.R. and J.K. Liker, A second look at Japanese product development. *The Journal of Product Innovation Management*, Vol. 3, No. 12, pp. 253, 1995

[15] Rejeb, H.B., L. Morel-Guimaraes, and V. Boly. A new methodology based on Kano Model for needs evaluation and innovative concepts comparison during the front-end phases. in *The Third European Conference on Management of Technology, EUROMOT. 2008*

[16] Balaji, S. and M.S. Murugaiyan, Waterfall vs. V-Model vs. Agile: A comparative study on SDLC. *International Journal of Information Technology and Business Management*, Vol. 2, No. 1, pp. 26-30, 2012

[17] Weber, J., *Automotive development processes: Processes for successful customer oriented vehicle development*, Springer Science & Business Media, 2009

[18] Adoption of PMI standard. A guide to the project management body of knowledge - description 1490, 2003 IEEE

[19] Kvistedal, D., *Product development process at Scania engine manufacturing. 2013*

[20] Cooper, R.G., *Winning at new products: Accelerating the process from idea to launch. 2001*

[21] Cooper, R.G., *Stage-gate systems: a new tool for managing new products. Business horizons*, Vol. 33, No. 3, pp. 44-54, 1990

[22] Jeon, S. H., Cho, J. H., Jung, Y., Park, S., & Han, T. M, *Automotive hardware development according to ISO 26262. In 13th international conference on advanced communication technology (ICACT2011) (pp. 588-592). IEEE. (2011, February).*

[23] www.ip-co.com

[24] Bhise, V.D., *Automotive Product Development: A Systems Engineering Implementation. 2017: CRC Press.*

[25] Stockstrom, C. and C. Herstatt, *Planning and uncertainty in new product development. R&D Management*, Vol. 38, No. 5, pp. 480-490, 2008

[26] Herrmann, J.W., *Design for production: Concepts and applications. Proceedings of the SME East Coast Region*, No. 3, pp. 1-9, 2003

محدودیت‌ها و شرایط خاص حاکم بر آن پیشنهاد می‌شود که الگویی برای توسعه این زیرسامانه و منطبق بر الگوی توسعه موتور بررسی شود.

مراجع و منابع

[1] Eppinger, S.D. and K.T. Ulrich, *Product design and development. 2015*

[2] Yang, F. and H. Zhang, *The impact of customer orientation on new product development performance: The role of top management support. International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 67, No. 3, pp. 590-607, 2018

[3] Parker, H. and Z. Brey, *Collaboration costs and new product development performance. Journal of Business Research*, Vol. 68, No. 7, pp. 1653-1656, 2015

[4] Fesghandis, Golamreza Soltani, et al. "Comparison of multilayer perceptron and radial basis function neural networks in predicting the success of new product development." *Engineering, Technology & Applied Science Research*, Vol. 7, No. 1, pp. 1425-1428, 2017

[5] Otto, K. and K. Wood, *Product Design*, Prentice Hall, New Jersey, 2001

[6] Westfechtel, B., *Models and tools for managing development processes. 1999: Springer-Verlag.*

[7] Browning, T.R. and S.D. Eppinger, *Modeling impacts of process architecture on cost and schedule risk in product development. IEEE transactions on engineering management*, Vol. 49, No. 4, pp. 428-442, 2002

[8] Crawford, C.M., *New products management. 2008: Tata McGraw-Hill Education.*

[9] Isaksson, O., T.C. Larsson, and A.Ö. Rönnbäck, *Development of product-service systems: challenges and opportunities for the manufacturing firm. Journal of Engineering Design*, Vol. 20, No. 4, pp. 329-348, 2009

[10] Theissen, M., *Innovative Produktentwicklung. Lecture hand-out, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, 2007.*

[11] Hagedoorn, J., *Organizational modes of inter-firm co-operation and technology transfer. Technovation*, Vol. 10, No. 1, pp. 17-30, 1990

[12] Takeuchi, H.N., Ikujiro: *Knowledge Creation and Dialectics, 2004b. 2004, Takeuchi-Nonaka.*

[13] Cusumano, M.A. and A. Takeishi, *Supplier*



The process of vehicle engine development at IPCO

A. Davari¹, S. M. Jafari^{2*}, M. Asadi Taheri³, A. Mahdavi⁴

¹ MSc.Student, industrial engineering, Amirkabir University of Technology, a_davari@ip-co.com

² Assistant professor Mechanical engineering, Shahid Beheshti University, m_jafari@sbu.ac.ir

³ MSc Student, vehicle Engine Design, University of Applied Science and Technology, mo_asadi@ip-co.com

⁴ Bachelor of Engineering, Shahid Beheshti University, amir76237@gmail.com

*Corresponding Author

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 14 December 2020

Accepted: 14 July 2021

Keywords:

Automotive

Engine

Product Development Process

Development Model

IPCO

ABSTRACT

This article describes the advanced design of the car engine at IPCO. Product development models including model V, gateway and network are described first. In the following, in order to introducing engine production to readers, some of the literature and subsystems of the engine are briefly presented. There are also different levels of engine development programs, either low, medium, high, or completely new products. Depending on the level of development, the development of the engine takes 4 to 48 months. Members of the development team and components influencing engine development are also introduced. By these premises, a product development model from the beginning, the conceptual development phase, to mass production with its details is described. At the end, by combining V and Gateway models, the details of the IPCO product development model are outlined. In fact, the result of this article is to systematize the engine development process in Iran and the Iran Khodro complex. As such structure has not existed in Iran so far, IPCO, as a domestic innovative engineering company in the design and production of engines, has described the model used by researchers and industry leaders in field.

