



ماتریس طرحریزی تکنولوژی: ابزاری برای طرحریزی یکپارچه واحدهای تکنولوژی محصول در شبکه زنجیره تامین یک بنگاه مادر

(مطالعه موردی صنعت خودروسازی ایران)

احمد کریم پورکلو^{۱*}، محمدرضا آراستی^۲، محمدرضا اکبری جوکار^۳

۱ و * - نویسنده مسئول: دانشجوی دکترای مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی،
دانشگاه پیام نور تهران، Karimpour.Ahmad@gmail.com

۲- دانشیار و رئیس دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، arasti@sharif.edu

۳- استاد تمام دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، reza.akbari@sharif.edu

چکیده

طرحریزی تکنولوژی فرآیندی است که براساس آن بنگاهها در حین توسعه محصول و فرآیند جدید، تکنولوژیهای لازم جهت تحقق کارکردهای آنها را از شبکههای وسیع عرضه تکنولوژی شناسایی، انتخاب و در دل محصولات و فرآیندهای ساخت خویش بکار می-گیرند. با افزایش میزان پیچیدگی محصولات و تعدد تکنولوژیها و همچنین با تبدیل شدن شرکتها به بنگاههای بزرگ دارای زنجیره تامین وسیع، طرحریزی یکپارچه و استراتژیک تکنولوژیها همراه با ارزیابی ساخت پذیری آنها از اهمیت ویژه ای برخوردار شده است. هدف این مقاله طراحی ابزاری برای طرحریزی یکپارچه گروههای تکنولوژی به هم پیوسته، جهت تکوین واحدهای محصول و فرآیند در سطح بنگاه مادر و عقبه این تکنولوژیها در سطح زنجیره تامین می باشد. از طریق انجام مصاحبههای عمیق که بصورت هدفمند از جامعه خبرگان صنعت خودروسازی ایران نمونه گیری شده بودند، دادههای تحقیق جمع آوری و سپس با استفاده از روش های تحلیل محتوی و تحلیل مضمون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در مرحله بعد، اعتبار ابزار طراحی شده با استفاده از روش گروههای کانونی مورد تصدیق و سپس در قالب یک مطالعه موردی توصیفی صحت گذاری شده است. این مقاله مدعی است که برای اولین بار، علاوه بر منظر مدیریت تکنولوژی، از منظر مهندسی تکنولوژی نیز به موضوع نگریسته و اقدام به طراحی ابزار یکپارچه طرحریزی گروههای تکنولوژی، برای طراحی و تکوین یکپارچه سیستمهای محصول و فرآیند در سطح زنجیره تامین نموده است.

واژگان کلیدی: واحدهای تکنولوژی محصول، کارکرد محصول و فرآیند، معماری محصول، طراحی زنجیره تامین تکنولوژی، نقشه راه محصول / تکنولوژی، یکپارچه سازی.



Technology Planning Matrix: a Tool for Integrated Planning of Product Technology Unit's at Corporation's Supply Chain Networks (The Case of Iran Automotive Industry)

Abstract

Technology planning is a very critical process in the new product and process development. We identify technologies for doing Product and Process functions, during the planning and design of products and their manufacturing systems. Now, most companies changed to large corporations and they have an extensive supply chain networks. So we cannot planning of technologies with old instruments and it is important to designing a model to coverage this gap. In the new context, manufacturability assessment is very important in the technology planning. In this new condition, we need suitable and integrated instruments. The purpose of this article, is the designing a tool for integrated planning of technologies groups to product and process units in the supply chain network of a corporation. We collect research secondary data by literature review and exist document at Iran automotive firms. Primary data have collected through by in-depth interviews with experts in the automotive industries by intended sampling. As well as, collected data, analyzed by using content analysis and thematic analysis. Then, the tool is designed based on research findings. Next, the validation and verification of designed tool is approved by using of focus group and descriptive case study methods. This paper claims that for the first time in the world has a manufacturing engineering perspective to integrated technology planning, by the designing a tool for integrated technology planning, in the supply chain network.

Keywords: Product Technology Unit's; Product Architecture; Product and Process Functions; Technology Supply Chain Design; Roadmap; Integration.

۱- مقدمه

طرحریزی تکنولوژی، فرآیندی است که بر مبنای آن تکنولوژی‌های لازم براساس مشخصات و ویژگی‌های محصولات و فرآیندهای یک بنگاه و جهت تحقق کارکردهای آنها، شناسایی، انتخاب و بصورت همزمان در دل آنها تکوین می‌گردند. طرحریزی تکنولوژی براساس توانمندی‌های یک بنگاه و تامین‌کنندگان آن انجام می‌پذیرد. در حین طراحی مفهومی محصول و قبل از طرحریزی تکنولوژی لازم است که ابتدا نیازهای مشتریان و بازار در قالب مشخصات، کارکردها و ویژگی‌های محصولات ترجمه گردند. در مرحله بعد، براساس این کارکردها و ویژگی‌ها، کارکردهای فرآیندی ساخت و تولید تعریف می‌شوند. یک رابطه دو طرفه بین مشخصات محصول، توانمندی‌های بنگاه و طرحریزی تکنولوژی وجود دارد، بطوریکه همزمان با متاثر شدن انتخاب تکنولوژی برای تحقق مشخصات محصول، سطوح مختلف تکنولوژی نیز موجب تعریف مشخصات سطوح بالاتری برای محصول می‌گردد. پس از اتمام طرحریزی محصول و تکنولوژی است که معماری و طراحی محصول انجام می‌پذیرد.

برنامه‌های توسعه سبد محصولات و توسعه سبد تکنولوژی‌های یک بنگاه مادر، در قالب نقشه‌راه محصول و نقشه‌راه تکنولوژی آن مشخص می‌گردند. طرحریزی تکنولوژی در حقیقت ایجاد کانال ارتباطی بین این دو نقشه‌راه توسط یک محصول خاص می‌باشد. از آنجائیکه تکنولوژی، علی‌الخصوص تکنولوژی‌های محصول، دارای جایگاه مهمی در طرح‌های توسعه محصولات دارد، در این مقاله بدنبال طراحی ابزاری برای طرحریزی و گسترش تکنولوژی در فرآیند توسعه محصول جدید در گستره زنجیره‌تامین یک بنگاه مادر می‌باشیم.

در اکثر تحقیقات نسل جدید، محققین حوزه توسعه محصول، بر این موضوع تاکید می‌نمایند که جهت افزایش ضریب موفقیت پروژه‌های توسعه محصول، می‌باید به نحوه هماهنگی و همسوسازی تصمیمات در سه سطح طراحی محصول، طراحی فرآیند و طراحی زنجیره‌تامین بصورت همزمان توجه شود (Rungtusanatham & Forza, ۲۰۰۵). به همین جهت در طرحریزی تکنولوژی نیز با یک یا چند تکنولوژی مجزا مواجه نیستیم، بلکه با گروه‌های متعدد هم‌بسته تکنولوژی در عقبه زنجیره‌تامین مواجه هستیم. این تکنولوژی‌ها از جنس تکنولوژی‌های محصول و فرآیند بوده و در ارتباط با همدیگر کارکردهای محصولات و فرآیندها را محقق می‌نمایند. بطوریکه با طرحریزی یک تکنولوژی در دل یکی از سیستم‌های محصولات، با انبوهی از تکنولوژی‌ها مرتبط با آن تکنولوژی در گستره زنجیره‌تامین یک بنگاه مواجه می‌شویم که در ارتباط با همدیگر تکنولوژی‌هایی را پشتیبانی می‌نمایند.

ارزیابی ساخت‌پذیری^۱ تکنولوژی‌ها موضوعی است که در سال‌های اخیر وارد ادبیات ساخت و مدیریت تکنولوژی شده است، این مهم می‌باید در حین طرحریزی تکنولوژی مورد توجه مهندسين ساخت و تولید بنگاهها قرار گیرد، تا محصولات در کوتاهترین زمان، کمترین هزینه و با کیفیت بالایی،

^۱ Manufacturability



طراحی و ساخته شوند (Maropoulos et al., ۲۰۰۳). با تبدیل شدن شرکت‌ها به بنگاه‌های بزرگ دارای زیرمجموعه‌های متعدد و عبور آن‌ها به سوی شبکه‌ای از بنگاه‌ها در بستر زنجیره‌تأمین، مدیریت تکنولوژی نیز مرزهای بنگاه‌ها را در نوردیده و به شبکه‌های زنجیره‌های تأمین رسیده است. دیگر طرحریزی و ارزیابی ساخت‌پذیری تکنولوژی‌ها نیز به راحتی گذشته انجام نمی‌پذیرد. دیگر ابزارهای موجود که در چارچوب بنگاه‌ها و شرکت‌های منفرد اقدام به طرحریزی تکنولوژی می‌نمایند، پاسخگو نبوده و به ابزارهای جدید و جامعی نیاز است. چرا که در شرایط جدید ما در حین طرحریزی، نه با یک تکنولوژی، بلکه با مجموعه‌ای از گروه‌های تکنولوژی‌های مختلف محصول به همراه گروه‌های تکنولوژی‌های متعدد فرآیندی در عقبه آن تکنولوژی‌ها در زنجیره‌تأمین هستیم که نه بنگاه‌ها اشراف لازم را بر آن تکنولوژی‌ها دارند و نه امکان طرحریزی آنها براحتی مقدور می‌باشد. در چنین شرایطی باید تکنولوژی‌ها از منظر بازیگران مختلف در زنجیره‌تأمین مورد بررسی قرار گیرند. به همین ترتیب، برای تصمیم‌گیری در مورد انتخاب یک تکنولوژی نیز، فقط به معیارهای شرکت مادر بسنده نشده؛ بلکه در اکثر اوقات باید تمامی معیارهای شرکت‌های فعال در زنجیره‌تأمین نیز مورد بررسی قرار گیرند. در شرایط جدید، متدولوژی اجرای فرآیند طرحریزی تکنولوژی متفاوت بوده و الزامات خویش را می‌طلبد.

در تحقیقات اخیر، توجه محققین بیشتر بر روی طرحریزی همزمان و یکپارچه تکنولوژی‌های محصول و فرآیند متمرکز شده است (Boothroyd et al., ۲۰۰۲; Rusinko, ۱۹۹۹; Whitney, ۱۹۸۸). طرحریزی و توسعه همزمان و یکپارچه این تکنولوژی‌ها موجب افزایش کیفیت محصولات، کاهش هزینه تولید و کوتاه شدن مدت زمان عرضه محصولات به بازار^۱ خواهد شد (Haddad, ۱۹۹۶; Koufteros et al., ۲۰۰۱; Roemer et al., ۲۰۰۰; Terwiesch et al., ۲۰۰۲). در توسعه تکنولوژی‌های محصول، بنگاه‌ها از طریق یکپارچه نمودن خارجی، بدنبال طرحریزی تکنولوژی‌ها از طریق مشتریان و تأمین آنها از طریق تأمین‌کنندگان با استفاده از روش‌های تسریع در درگیر نمودن تأمین‌کنندگان^۲ در فعالیت توسعه می‌باشند، تنها داشتن این توانمندی است که بنگاه را قادر به یکپارچه نمودن تکنولوژی‌های سه حوزه محصول، فرآیند و زنجیره‌تأمین خواهد کرد. توسعه محصول و فرآیند یکپارچه^۳، بعنوان یکی از راهکارهای اصلی تولید محصولات پیچیده و مطابق نیاز مشتریان در کوتاه‌ترین زمان ممکن می‌باشد (Petersen et al., ۲۰۰۵; Primo & Amundson, ۲۰۰۲; Stump et al., ۲۰۰۲).

در این مقاله بدنبال این خواهیم بود که مراحل از فرآیند توسعه محصول، که در آن مراحل، اقدام به تصمیم‌گیری در خصوص تکنولوژی محصول و به تبع آن تکنولوژی‌های فرآیندی در بستر زنجیره‌تأمین می‌گردد را شناسایی، و در طراحی ابزار طرحریزی تکنولوژی‌ها مورد توجه قرار دهیم. در نهایت می‌خواهیم ابزاری را طراحی نماییم که یک بنگاه در حین اجرای پروژه‌های توسعه محصول جدید، بتواند برای طرحریزی یکپارچه و استراتژیک گروه‌های تکنولوژی از آن بهره‌برداری نماید.

۲- پیشینه تحقیق

براساس نظر آراستی و کرمی‌پور (۲۰۰۳)، تکنولوژی ابزاری است که به انجام‌شدن کارکردهای محصول کمک کرده و موجب تحقق نیازها و خواسته‌های مشتری می‌گردد. طرحریزی تکنولوژی فرآیندی است که براساس آن تکنولوژی‌های مختلف از منابع گوناگون شناسایی و در المانهای فیزیکی محصولات و فرآیندها تزریق شده و کارکردهای محصولات و فرآیندها را محقق می‌نمایند. موضوع طرحریزی تکنولوژی یک موضوع میان رشته‌ای بین دیسیپلین‌های علمی؛ مهندسی مکانیک، مهندسی صنایع و مدیریت تکنولوژی بوده و در یک بنگاه حوزه‌های برنامه‌ریزی و اجرایی متعددی در انجام آن مشارکت دارند. کارشناسان و مهندسان واحدهای تحقیق و توسعه، معماری محصول، طراحی صنعتی، مدیریت تکنولوژی، مهندسی محصول و توسعه استراتژی از جمله واحدهای دائمی و پای ثابت تیم‌های طرحریزی تکنولوژی محسوب می‌شوند.

علیرغم اهمیت موضوع، این حوزه از جمله حوزه‌هایی است که مغفول مانده است، بطوریکه از حیث تئوری کمتر مورد توجه قرار گرفته است. آکائو^۴ از جمله معدود افرادی است که در این حوزه فعالیت کرده است. وی روشی موسوم به گسترش تکنولوژی^۵ ارائه نموده است. وی در سال ۱۹۹۴ مکانیزمی برای طرحریزی تکنولوژی‌ها توسعه داده است. با توجه به اهمیتی که او به نقش تکنولوژی‌های محصول و فرآیند یک بنگاه در شکل‌گیری و تحقق کیفیت محصولات و فرآیندهای یک بنگاه قائل بود، سعی نمود با طراحی روشی نظام‌مند، ابتدا نیازها و خواسته‌های کیفی مشتریان که اکثراً با زبان کیفی بیان می‌شد به زبان فنی و مهندسی ترجمه نماید، تا بتواند بنگاه را به تکنولوژی‌های مورد لزوم محصولات و فرآیندهای خویش رهنمون نماید. طبق متدولوژی توسعه داده شده، ابتدا نیازهای مشتریان به زبان کیفی گسترش یافته و به کارکردهای محصولات ترجمه می‌شد، در نهایت برای اجرای کارکردهای تعیین شده مکانیزم‌های متعددی طراحی و ارائه می‌شد. آکائو (۱۹۹۴)، فرآیند تحقق بخشیدن به مشخصه‌های کیفی را به صورت شکل ۱ بیان نمود.

^۱ Time to Market

^۲ Early Supplier Involvement; ESI

^۳ Integrated Product/ Process Development

^۴ Akao

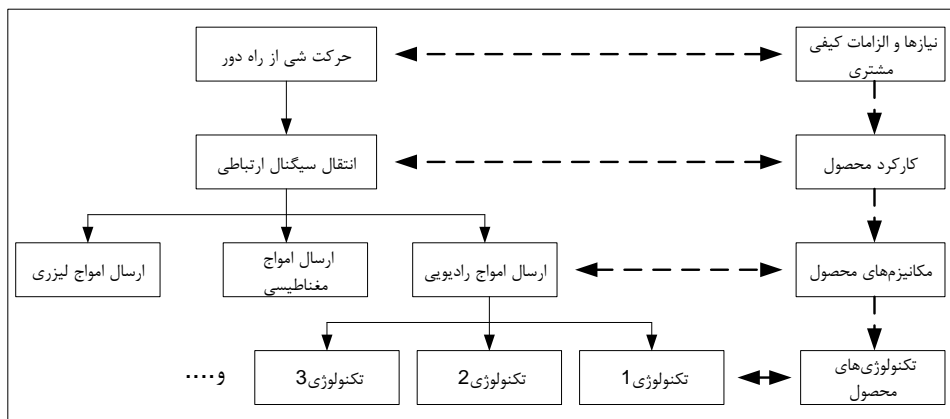
^۵ Technology Deployment



شکل (۱): فرآیند طرحریزی تکنولوژی جهت تحقق کارکردها و مکانیزمها (Aka, ۱۹۹۴)

در این فرآیند ابتدا مشخص می‌شود که کدام یک از کارکردهای محصول^۱ برای بیان مشخصه‌های کیفی در نظر گرفته شده است و سپس مشخص می‌شود که چه مکانیزمی برای تحقق آنها به کار برده خواهد شد. در این روش هر مکانیزم، شامل تعدادی از تکنولوژی‌ها است. لذا آکائو نتیجه در کنار هم قرار گرفتن گام‌های فوق را تحت عنوان گسترش تکنولوژی معرفی می‌کند. مطابق این روش جهت شناسایی و طرحریزی هر گونه تکنولوژی، ابتدا باید کارکردهای محصول کاملاً مشخص شود. اگر کارکردهای محصول شناخته نشود، گسترش تکنولوژی ممکن نبوده و توسعه و ارائه محصول به بازار ارزشی را برای مشتری و بنگاه ایجاد نخواهد کرد (Aka, ۱۹۹۴).

آکائو در زمینه گسترش تکنولوژی، مثالی را نیز مطرح نموده است، که به درک این رویکرد یاری می‌نماید. در این مثال شرکت فوتابا الکترونیک^۲ در پی گسترش تکنولوژی در مورد محصولات کنترل از راه دور خود می‌باشد. برای این منظور از یک جدول مشابه با جداول گسترش کیفیت چهار مرحله‌ای استفاده می‌گردد، تا شرکت طی چند مرحله از نیازهای مشتری به مکانیزم‌های محصول و نهایتاً گسترش تکنولوژی دست یابد. بر اساس این جداول ابتدا نیازها و خواسته‌های کیفی مشتری مشخص شده و سپس با توجه به آنها، کارکردهای محصول تعیین می‌گردد. سپس با توجه به این کارکردها، مکانیزم‌های مختلف شناسایی شده و نهایتاً تکنولوژی‌های هر مکانیزم مشخص خواهد شد. در مورد کنترل از راه دور، در ابتدا حرکت شی از راه دور به عنوان یک نیاز کیفی مشتری مطرح می‌شود. سپس یکی از کارکردهای محصول در مورد این نیاز، انتقال سیگنال ارتباطی می‌باشد که می‌تواند توسط مکانیزم‌های مختلف از جمله ارسال امواج رادیویی، ارسال امواج مغناطیسی، ارسال لیزری و ... محقق شود. حال در هر یک از این مکانیزم‌ها تکنولوژی‌های مختلفی قابل طرحریزی است. در شکل ۲ این روش به صورت خلاصه ارائه شده است.



شکل (۲): طرحریزی تکنولوژی برای کنترل از راه دور با استفاده از روش آکائو

۲-۱ روش گسترش کارکرد کیفیت

آکائو و همکاران (۱۹۹۴) در ادامه فعالیت‌های علمی و تجربی خویش در حوزه طرحریزی تکنولوژی ابزاری تحت عنوان گسترش کارکرد کیفیت^۳ (QFD) را معرفی نمودند. این ابزار به توسعه صفات و کیفیت‌هایی از محصول یا خدمت که مورد نظر مصرف کنندگان است، می‌پردازد (Revelle et al., ۱۹۸۸). روش گسترش کارکرد کیفیت، به عنوان یکی از روشهای نوین مهندسی کیفیت، از مطالعه بازار و شناسایی مشتریان محصول شروع شده و در فرآیند بررسی و تحلیل خود، ضمن شناسایی خواسته‌ها و نیازمندی‌های مشتریان، سعی در لحاظ نمودن آنها در تمامی مراحل طراحی و تولید دارد. به بیان دیگر، فلسفه اصلی استفاده از گسترش کارکرد کیفیت، اعمال و لحاظ نمودن خواسته‌های کیفی مشتری در مراحل مختلف طراحی و تکوین

^۱ Product Functions

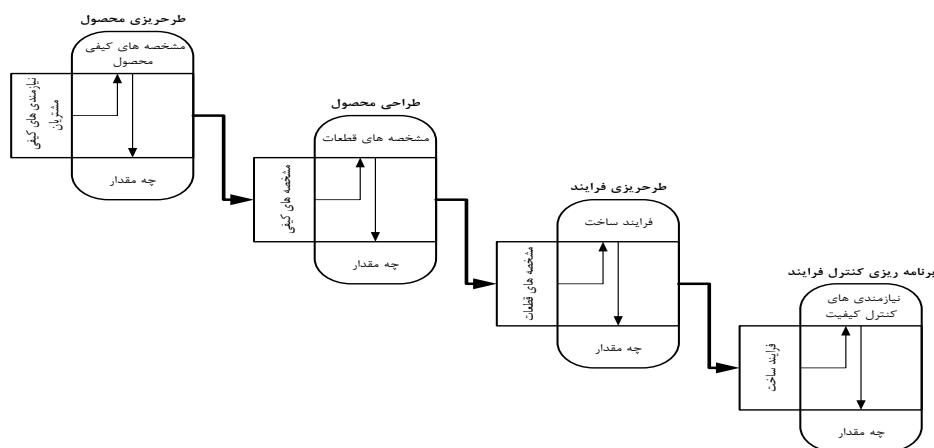
^۲ Futaba Electronics

^۳ Quality Function Deployment; QFD



محصول می‌باشد. شناسایی و فهم خواسته‌ها، انتظارات و نیازمندی‌های مشتریان، از جمله مهم‌ترین مراحل روش گسترش کارکرد کیفیت است و بدون شک نقطه قوت آن در مقایسه با سایر روش‌های مهندسی کیفیت، گستردگی و تنوع مفاهیم آن می‌باشد. روش گسترش کارکرد کیفیت به طور کلی براساس نقطه‌نظرات و دیدگاه‌های سه دانشمند حوزه مهندسی کیفیت به نام‌های؛ آکاتو، ماکابه^۱ و فوکوهارا^۲، بنیان‌گذاری گردیده و شناخته می‌شود (Revelle et al., ۱۹۹۸).

از میان رویکردهای مختلف حاکم بر روش گسترش کارکرد کیفیت، مدل چهار ماتریسی که بدون تردید رشد و تکوین آن مدیون تلاش‌های ماکابه و کلازینگ^۳ در شرکت فورد می‌باشد، به عنوان مناسب‌ترین نوع گسترش کارکرد کیفیت، ارائه گردیده است. با توجه به رواج بیشتر روش چهار ماتریسی نسبت به سایر انواع آن و همچنین سادگی یادگیری و خلاصه‌بودن، در عین در برداشتن کلیات، در ادامه هر یک از چهار ماتریس نوع موصوف، مختصراً شرح داده خواهد شد. این نوع از گسترش کارکرد کیفیت در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل (۳): رویکرد چهار مرحله‌ای گسترش کارکرد کیفیت (رضایی، ۱۳۸۰)

اولین مرحله از چهار مرحله موصوف، با طرحریزی محصول و ایجاد خانه کیفیت^۴ آغاز می‌شود. خانه کیفیت، ابزاری قوی برای ترجمه صدای مشتری^۵ (VOC) و خواسته‌های کیفی او از محصول به الزامات کمی و زبان مهندسی می‌باشد. ماتریس خانه کیفیت شامل مفاهیم ذیل می‌باشد:

- چه چیزهایی (WHAT's): شامل خواسته‌ها و نیازهای مشتریان از محصول و یا خدمت (الزامات مشتری)؛
- چگونه‌ها (HOW's): مبین چگونگی انعکاس خواسته‌های مشتریان در محصول (الزامات فنی محصول)؛
- تعیین رابطه بین چگونگی‌ها (HOW's) و چه چیزها (WHAT's)، (الزامات مهندسی)؛

در مرحله دوم، مشخصه‌های کیفی محصول (الزامات فنی) به سطریهای ماتریس دوم منتقل شده و با مشخصه‌های قطعات و مواد اولیه مورد بررسی قرار می‌گیرند، در مرحله سوم، مشخصات قطعات (ستون‌های ماتریس دوم) به سطریهای ماتریس سوم منتقل شده و با فرآیندها و عملیات کلیدی ساخت و فرآوری محصول (مندرج در ستون‌های مرحله سوم) بررسی و تحلیل می‌شوند. در مرحله چهارم (برنامه‌ریزی کنترل فرآیند) فرآیندها و عملیات حیاتی منتقل شده از مرحله سوم، در سطریهای این مرحله درج شده و نیازمندی‌های تولیدی آنها از جمله الزامات نگهداری و تعمیرات، نمودارهای کنترلی، دستورالعمل‌های کاری و ... مشخص می‌شوند (Hauser & Clausing, ۱۹۸۸).

در ادبیات توسعه محصول جدید، خانه اول گسترش کارکرد کیفیت به طرحریزی محصول، خانه دوم به طراحی و تکوین محصول، خانه سوم به طراحی و تکوین فرآیند و خانه چهارم به برنامه‌ریزی و کنترل فرآیندهای ساخت و تولید تعبیر شده است. هر چند که در نسخه اصلی این ابزار برای طرحریزی تکنولوژی طراحی نشده است، ولی از آن بعنوان یکی از ابزارهای قوی برای طرحریزی محصول و تکنولوژی یاد می‌شود.

^۱ Makabe

^۲ Fukuhara

^۳ Clausing

^۴ House of Quality

^۵ Voice of Customer



۳- روش‌شناسی تحقیق

تحقیق حاضر یک پژوهش کیفی بوده و در قالب انواع روش‌ها و ابزارهای کیفی از قبیل: مطالعه‌موردی اکتشافی، و رویش نظریه^۱ (GT) در حوزه طراحی ابزار، و همچنین؛ گروههای کانونی و مطالعه‌موردی توصیفی در حوزه بررسی کیفیت تحقیق از حیث اعتبار و پایایی^۲ (تصدیق و صحه‌گذاری^۳ ابزار طراحی‌شده) انجام شده است (بازرگان، ۱۳۸۹؛ ۲۰۰۹، Creswell)، بدلیل حاکمیت فقر تکنولوژیک شدید بر صنعت خودروسازی ایران و تولید تحت لیسانس محصولات شرکت‌های صاحب تکنولوژی اروپایی و شرق دور، جامعه آماری این تحقیق خیلی کوچک بود، نمونه‌گیری بصورت خوشه‌ای و به روش نمونه‌گیری نظری و گلوله برفی^۴ (علی‌احمدی و همکاران، ۱۳۸۲؛ هومن، ۱۳۸۸)، از حوزه‌های؛ مطالعات استراتژیک، توسعه محصول جدید، مهندسی و زنجیره‌تامین گروههای خودروسازی سایپا و ایران خودرو بعمل آمد.

روش جمع‌آوری داده‌ها، مطالعه اسناد و مصاحبه بوده و روش تحلیل داده‌ها نیز، متن‌کاوی^۵ (CT) و تم‌کاوی^۶ (TA) بود. همچنین در سه مرحله جداگانه، اقدام به جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها گردید. ابتدا ضمن انجام مطالعات نظری وسیع و مطالعه مستندات تجربی بنگاههای خودروسازی از طریق انجام مصاحبه‌های عمیق اکتشافی با کارشناسان و مهندسان، ضمن شناسایی مولفه‌ها و مقولات و برقراری ارتباط بین آنها، نسخه ابتدایی ماتریس ساخته شد، سپس با استفاده از روش تحقیق گروههای کانونی که اعضای آن نیز از بخش‌های مختلف بنگاههای خودروسازی بودند، اقدام به تصدیق آن گردید، در نهایت در قالب انجام یک مطالعه موردی توصیفی ابزار نهایی در میدان عمل و جهت طرحریزی گروههای تکنولوژی‌های سیستم کیسه‌هوای خودرو بکار گرفته شده و صحه‌گذاری گردید، همچنین بخش اعظمی از اعتبار نتایج به دست آمده از ادبیات جدید^۷ تحقیق به ارث رسیده است. با انجام این سه مرحله، به اشباع^۸ نظری دست یافتیم. بدین طریق که متوجه شدیم برخی از توصیف‌ها و توضیحات تکراری هستند. لذا این امر نشانه این مهم بود که ما به تم‌های مورد لزوم تحقیق هدایت شده‌ایم. در این مرحله به این نتیجه رسیدیم که می‌توانیم اقدام به دسته‌بندی تم‌های حاصل از متن‌کاوی در قالب موضوعات و مقوله‌های مشخص و برقراری ارتباط بین آنها در قالب ماتریس نهایی تحقیق بنمائیم، در حقیقت در این مرحله پس از رفت و برگشت‌های چندین باره قیاسی و استقرایی بین مقوله‌ها، که توأم با احساس رضایت مشترک بین محققین و ایجاد حس رضایت بین اکثر آگاهی‌دهندگان^۹ نیز بود، با استفاده از روش رویش‌نظریه (GT)، موفق به طراحی نهایی ابزار شناسایی گروههای تکنولوژی در سطح زنجیره‌تامین یک بنگاه مادر شدیم.

۴- یافته‌های تحقیق

تحلیل داده‌های تحقیق نشان داد که امروزه اجرای کارکردهای مدیریت تکنولوژی در سطح زنجیره‌تامین یک بنگاه، علی‌الخصوص طرحریزی گروههای تکنولوژی‌های محصول و فرآیند و تکنولوژی‌های زنجیره‌تامین، بدون مطالعه یکپارچه و همزمان این گروهها غیر ممکن می‌باشد. بنگاههای مادر پیشرو اقدام به شناسایی و طرحریزی یکپارچه در سطح تامین‌کنندگان خویش نموده و بصورت مشارکتی اقدام به تکوین و ساخت گروههای تکنولوژی می‌نمایند (Ragatz et al., ۲۰۰۲). به همین دلیل در شبکه‌های عمودی توسعه تکنولوژی، محصولات یک بنگاه مادر بعنوان یک یکپارچه-کننده^{۱۰} در حوزه تکنولوژی‌های محصول و فرآیند در گستره تامین‌کنندگان عمل می‌نمایند. لذا نوع پیکره‌بندی و سبک معماری و طراحی محصولات بنگاه نیز دارای نقش اساسی در شناسایی و طرحریزی گروههای تکنولوژی بوده و می‌باید مورد توجه قرار گیرد (Caputo & Zirpoli, ۲۰۰۲; Fisher et al., ۱۹۹۹; Fixson, ۲۰۰۵). در ادامه به ارائه یافته‌های تحقیق می‌پردازیم.

۴-۱ توسعه محصول جدید و طرحریزی گروههای تکنولوژی

فرآیند توسعه محصول جدید^{۱۱}، فرآیندی است که یک فرصت بازار و مجموعه‌ای از مفروضات درباره تکنولوژی محصول را به یک کالای قابل ارائه به بازار تبدیل می‌کند (Krishnan & Ulrich, ۲۰۰۱). این فرآیند بعنوان یکی از وظائف و کارکردهای اصلی مدیریت عملیات یک بنگاه، علاوه بر

^۱ Grounded Theory

^۲ Validity and Reliability

^۳ Verification and Vadtation

^۴ Snowball Sampling

^۵ Content Analysis

^۶ Thematic Analysis

^۷ State of the Art

^۸ Saturation

^۹ Informant

^{۱۰} Integrator

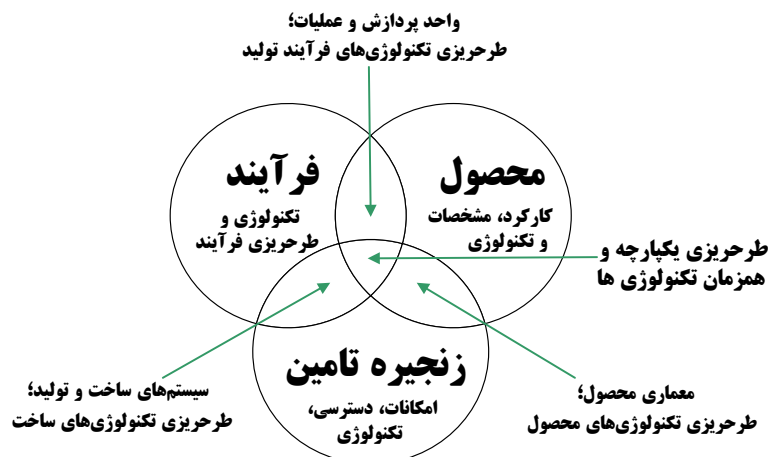
^{۱۱} New Product Development; NPD



توسعه موقعیت رقابتی بنگاه در بازار و ارتقاء عملکرد آن، موجب ایجاد صنایع جدید، طراحی زنجیره تامین، تعریف استانداردهای جدید و همچنین توسعه بازار را در پی خواهد داشت (Weelwright & Clark, ۱۹۹۲). در یک نگاه کلی در توسعه محصول جدید، شش مرحله وجود دارد؛ طرحریزی محصول^۱؛ توسعه مفهومی^۲؛ معماری محصول^۳؛ طراحی جزئیات^۴؛ تست^۵؛ راه اندازی و توسعه تولید^۶ (Ulrich & Eppinger, ۲۰۱۲).

طرحریزی محصول برای موقعیت تجاری بنگاه فوق العاده مهم است، طرحریزی محصول واکنشی برای تغییرات در محیط رقابتی و تغییرات در تکنولوژیها بوده و جهت بروز نمودن محصولات بنگاه انجام می پذیرد. طرحریزی محصول بر مبنای اهداف، توانمندیها و محدودیت های بنگاه انجام می گیرد. کسانیکه طرحریزی محصول می کنند در ارتباط تنگاتنگ با مطالعات و تحقیقات بازار بوده و بطور مداوم در حال الگوبرداری^۷ از محصولات و همچنین بنگاههای رقیب هستند. تدوین استراتژیهای مختلف محصول از قبیل؛ استراتژیهای طراحی، استراتژی کیفیت، استراتژی تامین، استراتژی بازار، استراتژی عملیات و استراتژی تکنولوژی، تعامل بین بنگاه و مشتریان، ارزیابی توانمندیهای بنگاه و تامین کنندگان و ارزیابی تکنولوژیهای محصول و فرآیند از جمله اهم فعالیت های فاز طرحریزی محصول می باشند.

بنگاهها در حین توجه به گام های فوق بصورت همزمان به موضوع فرآیندهای ساخت نیز فکر کرده و آنها را نیز طرحریزی می کنند. سیستم های ساخت و تولید شامل؛ سیستم های ساخت و تولید محصولات در بنگاه و تامین کنندگانش بوده و شامل تامین تکنولوژی های فرآیندی نیز می باشد. انتخاب نوع فرآیندهای ساخت چون دارای تاثیر مستقیم بر عملکرد یک بنگاه دارد، در ادبیات مدیریت عملیات^۸ از آن بعنوان یک تصمیم استراتژیک نام برده شده است (Narasimhan & Das, ۲۰۰۱). محققین انجام مراحل فوق را "طراحی محصول و فرآیند"^۹ می نامند. همچنین در سالهای اخیر به جهت توسعه نقش زنجیره های تامین در موفقیت بنگاهها، موضوع انتخاب و طراحی تامین کنندگان در توسعه محصول و توسعه فرآیندهای ساخت و تولید آن از اهمیت حیاتی برخوردار شده است، لذا محققین سخن از طراحی زنجیره تامین^{۱۰} به میان آورده اند، آنان "طراحی زنجیره تامین" را تمامی تصمیماتی که در ارتباط با شناسایی، انتخاب و اکتساب هرگونه تکنولوژی محصول و تکنولوژی فرآیندی که در زنجیره تامین یک بنگاه وجود دارد، تعریف نموده اند (Pero & Sianesi, ۲۰۰۹). زمانیکه بنگاه اقدام به طراحی محصول و طراحی فرآیندهای تولیدی آن محصول می نماید، هدفش ساخت محصولی است که با نیازهای باز منطبق بوده و نیازهای مشتریان را برطرف نماید (Ulrich & Eppinger, ۲۰۱۲; Griffin & Hauser, ۱۹۹۳; Du et al., ۲۰۰۱). در تعامل عملیاتی این سه حوزه است که تکنولوژیها طرحریزی می گردند. این مفهوم در شکل ۴ ارائه شده است.



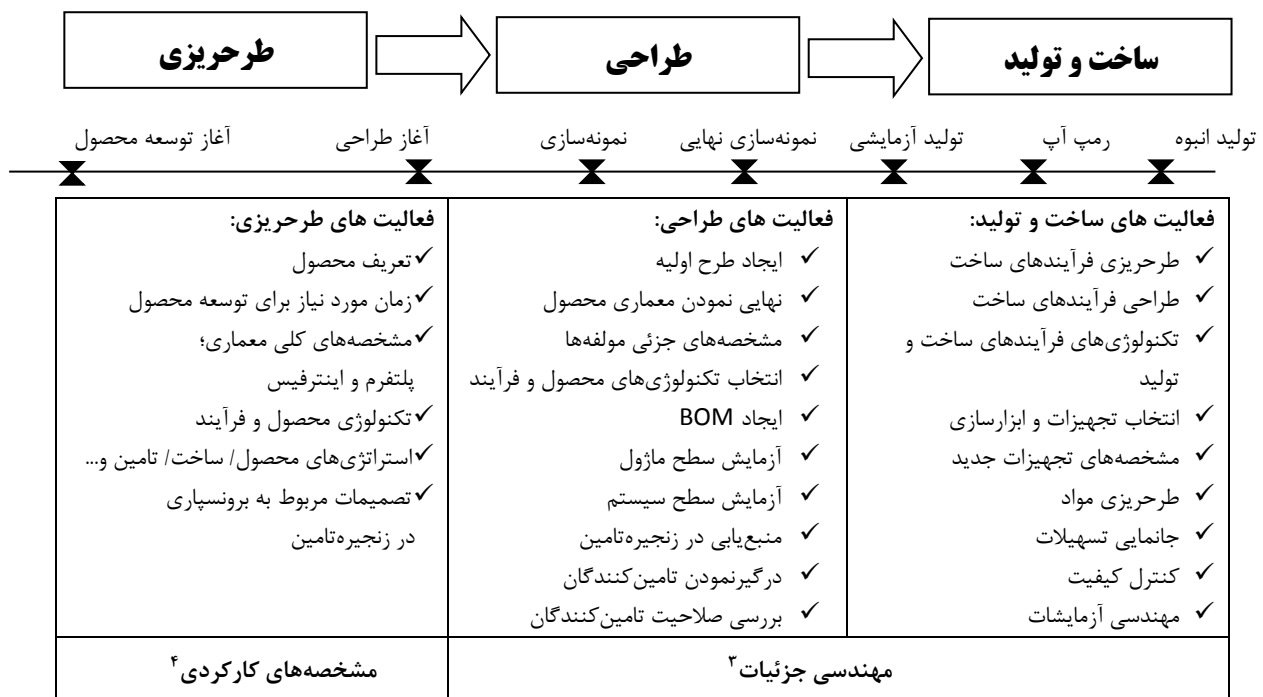
شکل (۴): طرحریزی یکپارچه تکنولوژی های محصول، فرآیند و زنجیره تامین

- ^۱ Product Planning
- ^۲ Concept Development
- ^۳ Product Architecture
- ^۴ Detail Design
- ^۵ Test
- ^۶ Ramp Up and Launch
- ^۷ Benchmarking
- ^۸ Operation Management
- ^۹ Product/ Process Design
- ^{۱۰} Supply Chain Design



۲-۴ تصمیمات و فعالیت‌های مربوط به فرآیند توسعه محصول

کریشنان^۱ و الریچ^۲ تصمیمات مربوط به توسعه محصول را در چهار دسته؛ تصمیمات مربوط به طرح‌ریزی محصول، تصمیمات مربوط به طراحی محصول، تصمیمات مربوط به طراحی عملیات و زنجیره‌تأمین و تصمیمات مربوط به صحت‌گذاری و تصدیق طبقه‌بندی نموده‌اند. در شکل ۵ تصمیمات و فعالیت‌های مختلف مربوط به توسعه محصول جدید طبقه‌بندی شده است.



شکل (۵): تصمیمات و مراحل مختلف در فرآیند توسعه محصول

همانگونه که در شکل ۵ مشهود است، برخی از تصمیمات و فعالیت‌ها در مراحل مختلف توسعه تکرار گردیده‌اند، دو دلیل عمده برای این کار وجود دارد؛ حاکمیت رویکرد مهندسی همزمان، و وجود واحدها و سطوح مختلف تحلیل در موضوع توسعه محصول، دلایل این امر می‌باشند که در ذیل توضیح داده شده‌اند:

- حاکمیت رویکرد مهندسی همزمان به موضوع توسعه؛

براساس منطق مهندسی همزمان^۵، تصمیمات و فعالیت‌های کلیدی توسعه در مراحل و فرآیندهای مختلف توسعه، توسط تیم‌های میان‌واحدی بصورت همزمان و در ارتباط با همدیگر اتخاذ و پیاده‌سازی می‌گردند.

^۱ Krishnan

^۲ Ulrich

^۳ Detail Engineering

^۴ Functional Specification

^۵ Concurrent Engineering



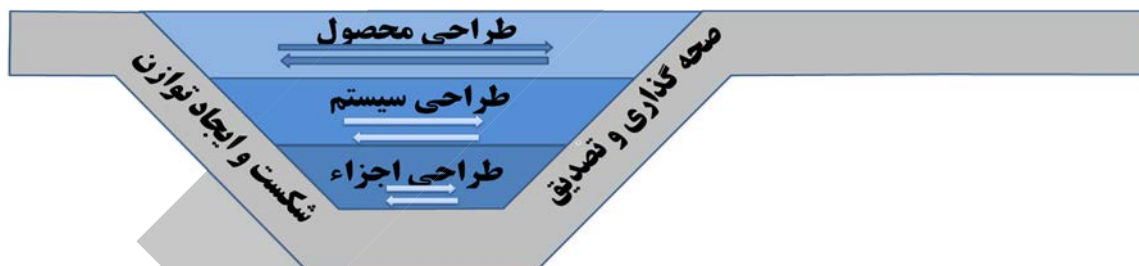
- واحدها و سطوح تحلیل متفاوت در توسعه محصول (محصول/سیستم/زیرسیستم/قطعه)؛

واحدهای تحلیل مربوط به هر کدام از تصمیمات و فعالیت‌ها در مراحل مختلف توسعه، با همدیگر متفاوت و متعدد می‌باشند، بعنوان مثال زمانی که در خصوص تکنولوژی‌ها در مرحله طرحریزی تصمیم‌گیری می‌گردد، اعضای تیم توسعه به ارزیابی کلی و طرحریزی تکنولوژی در سطح بنگاه و زنجیره‌تأمین بسنده می‌کنند، در حالیکه تکنولوژی‌های موصوف در مراحل طراحی و تکوین محصول، و همچنین طراحی و تکوین فرآیندها بصورت جزئی و دقیق طراحی و تکوین می‌گردند. همچنین توانمندی زنجیره‌تأمین نیز بدین نحو در مراحل مختلف توسعه با سطوح تحلیل متفاوت مورد بررسی و تدقیق قرار می‌گیرد.

همچنین سطوح تحلیل متفاوت و متعددی برای تصمیمات و فعالیت‌ها، در تمامی مراحل توسعه محصول وجود دارد؛ طرحریزی، طراحی و تکوین محصول، سیستم‌ها، مجموعه‌ها و زیرمجموعه‌ها و حتی قطعات، در مراحل مختلف و توسط عاملین مختلف انجام می‌پذیرد. بطوریکه طرحریزی، معماری و طراحی محصول توسط تیم توسعه محصول در خود بنگاه انجام می‌پذیرد، درحالی که عملیات تفصیلی مربوط به طرحریزی، معماری و طراحی سیستم‌ها و ماژول‌های مختلف آن محصول در سطوح مختلف زنجیره‌تأمین از قبیل سازندگان، تولیدکنندگان و سایر اجزاء زنجیره‌تأمین بصورت تخصصی و البته زیر نظر طراح اصلی محصول انجام می‌پذیرد.

۳-۴ مهندسی سیستم و طرحریزی محصول و تکنولوژی

با توجه به اینکه یک محصول و یا فرآیند بعنوان یک سیستم، از اجزاء متعددی تشکیل شده است که در ارتباط با همدیگر کارکرد کلی یک محصول و یا فرآیند را محقق می‌نمایند، این مولفه‌ها از تکنولوژی‌های پیچیده و متفاوتی برخوردار می‌باشند که در سطوح مختلف تخصصی از زنجیره-تأمین یک بنگاه طرحریزی، طراحی، تکوین و ساخته می‌شوند. در طراحی محصول، مدول‌ها و قطعات، شکست محصول به مدول‌ها و قطعات، از محصول شروع می‌شود، بالعکس صحنه‌گذاری و تصدیق طراحی از قطعات شروع و به محصول ختم می‌گردد. برای انجام این امر در دنیای مهندسی از مفهومی تحت عنوان مدل **V** توسعه و تکوین محصول، استفاده می‌گردد، این مفهوم در اکثر منابع، بعنوان یکی از ابزارهای اصلی مهندسی سیستم تعریف شده است. مهندسی سیستم^۱، فرآیندی مهندسی و مدیریتی است که صدای مشتری، خواسته‌های بنگاه و همچنین الزامات قانونی و محرک‌های بازار را با استفاده از توانمندی‌های موردنظر، به محصول و یا فرآیندی امکان‌پذیر، قابل قبول و تاییدشده، با مشخصات و ویژگی‌های معین و هزینه تولید و یا قیمت مناسب، تبدیل می‌کند. نمونه‌ای از مدل **V** در شکل ۶ نشان داده شده است. مدل **V**، ابزاری است که به کمک آن طراحان اقدام به طراحی و توسعه همزمان محصول در سطوح سیستم، زیرسیستم و قطعات می‌نمایند.



شکل (۶): مدل **V** ابزاری برای شکست فعالیت‌های طراحی در سطوح؛ محصول، سیستم و اجزاء

در حین طرحریزی تکنولوژی بنگاهها براساس منطق مدل **V** عمل می‌نمایند، بدین ترتیب که طرحریزی تکنولوژی‌های مربوط به محصول را در داخل خودشان و با همکاری و همیاری تأمین‌کنندگان انجام داده و طرحریزی تکنولوژی‌های مرتبط با سیستم‌ها را به تأمین‌کنندگان رده اول و طرحریزی تکنولوژی‌های مربوط به اجزا و حتی قطعات را به سایر تأمین‌کنندگان رده‌های بعدی واگذار می‌نمایند. در نهایت تصدیق و صحنه‌گذاری کارکرد کلی این مولفه‌ها در قالب محصول نهایی و در خود بنگاه صورت می‌پذیرد.

^۱ Systems Engineering



مهندسی همزمان روشی برای مدیریت توسعه سیستم‌های پیچیده می‌باشد. این فرآیند با استفاده از یک سری ابزارهای تحلیلی، رویه‌ها و عملیات اجرایی اقدام به مدیریت توسعه همزمان سیستم‌ها می‌نماید. مهندسی همزمان اشاره به یک رویکرد سیستماتیک به موضوع یکپارچگی و همزمانی در طراحی محصولات و فرآیندهای مربوطه در سطح زنجیره‌تأمین دارد. توسعه و طراحی یکپارچه محصول، فرآیند و زنجیره‌تأمین، از طریق مهندسی همزمان انجام می‌پذیرد. (Yassine & Braha, ۲۰۰۳).

۴-۴ گروه‌های تکنولوژی‌های محصول، فرآیند و زنجیره‌تأمین

تکنولوژی‌های مدنظر در این تحقیق، شامل سه دسته؛ تکنولوژی‌های محصول؛ تکنولوژی‌های فرآیندی و تکنولوژی‌های زنجیره‌تأمین می‌باشند. تکنولوژی‌های محصول؛ تکنولوژی‌های استفاده شده در محصول جهت تحقق کارکردهای آن هستند که حاصل فعالیت طراحی مهندسی^۱ می‌باشند، و تکنولوژی‌های فرآیندی؛ تکنولوژی‌های استفاده شده در ساخت و تولید محصولات جهت تحقق کارکردهای آنها می‌باشند که حاصل فعالیت مهندسی ساخت و تولید^۲ می‌باشند، و در نهایت تکنولوژی‌های زنجیره‌تأمین؛ تکنولوژی‌های محصول و فرآیندی مربوط به محصولات یک بنگاه که در زنجیره‌تأمین آن قرار گرفته است، تعریف شده است. ما در این مقاله سه گروه تکنولوژی فوق‌الذکر را تحت عنوان گروه‌های تکنولوژی هم‌سو تعریف کرده‌ایم. از آنجائیکه محصول، فرآیندهای ساخت و زنجیره‌تأمین مملو از گروه‌های تکنولوژی‌های متعدد بوده و تکنولوژی در سراسر این فرآیند دمیده^۳ و مجسم^۴ شده و در حقیقت عامل اصلی شکل‌گیری آنها می‌باشد، تصمیمات مربوط به طرح‌ریزی گروه‌های تکنولوژی‌های موصوف نیز می‌باید همانند خود موضوع توسعه آنها بصورت همزمان و در ارتباط با همدیگر و بصورت یکپارچه اتخاذ گردد. (Tatikonda & Montoya-Wieiss, ۲۰۰۱).

۴-۵ سطح‌اشتراک تکنولوژیک در محصول، فرآیند و زنجیره‌تأمین

در حین طرح‌ریزی محصول، فرآیند و تکنولوژی‌های آنها، در کنار تمامی اینترفیس‌های فیزیکی محصولات و فرآیندهای ساخت آنها، می‌توان اینترفیس‌های تکنولوژیک را هم مشاهده کرد. اینترفیس‌های تکنولوژیک، شامل به هم‌وستگی تکنولوژی‌های محصول، فرآیند و زنجیره‌تأمین در حین طرح‌ریزی محصول تعریف می‌گردد. سطوح اشتراک تکنولوژیک، توسعه تکنولوژی‌های محصول پیشرفته‌تر، توسعه فرآیندهای ساخت موثرتر (Bitner et al., ۲۰۰۰)، اداره بهتر فرآیندهای طراحی و توسعه محصول در زنجیره‌تأمین (Stock & Tatikonda, ۲۰۰۴; Drejer, ۲۰۰۲) و ارائه خدمات بهتر را موجب می‌گردند. همچنین تکنولوژی می‌تواند تعاملات بهتر و توانمندتری را بین فرآیند کلی توسعه محصول و سایر فرآیندهای آن حاکم گرداند (Bitner et al., ۲۰۰۰; Froehle & Roth, ۲۰۰۴).

در مراحل مختلف توسعه محصول و همچنین توسعه فرآیندهای آن، تکنولوژی می‌تواند سطوح‌اشتراک متعددی در محصول، فرآیند و ارتباط متقابل آنها در زنجیره‌تأمین ایجاد نماید. در حین توسعه محصول، می‌توان به کمک تکنولوژی، علاوه بر ارائه روش‌های نوین طراحی محصول و طراحی فرآیند، در ارتباط با مشتری و خواسته‌های آن، از تکنولوژی‌های محصول و فرآیند موجود در گستره زنجیره‌تأمین یک بنگاه بهره برد. همچنین در حین تعریف و انتخاب فرآیندهای ساخت و تولید، می‌تواند تکنولوژی‌های مختلفی را برای آن فرآیندها تزریق نماید. در نهایت تکنولوژی می‌تواند تعامل بین محصول و فرآیند را در حین توسعه تسهیل نماید. در حقیقت طرح‌ریزی تکنولوژی چه برای محصول باشد و چه برای فرآیند باشد، از طریق مفهوم اینترفیس تکنولوژیک انجام می‌پذیرد.

موضوع یکپارچگی بین سطوح‌مشترک تکنولوژی‌های بنگاه و تکنولوژی‌های زنجیره‌تأمین، بحث جدیدی است که در تحقیقات اخیر و با عناوین مختلف وارد ادبیات مدیریت استراتژیک تکنولوژی شده است، همسو نمودن تکنولوژی‌های تأمین‌کنندگان با توسعه محصول در بنگاه، هماهنگ نمودن فرآیندهای توسعه محصول/ فرآیند بنگاه با تکنولوژی‌های زنجیره‌تأمین، در تحقیقات مختلفی ارائه شده است. در برخی از تحقیقات با عنوان، ایجاد هماهنگی بین نقشه‌راه تکنولوژی بنگاه و نقشه‌راه تکنولوژی‌های زنجیره‌تأمین نیز تأکید شده است.

^۱ Design of Engineering

برای بیان این مفهوم، در برخی از منابع از عبارت مهندسی طراحی (Design Engineering) نیز استفاده شده است.

^۲ Manufacturing Engineering

^۳ Embedded

^۴ Embodied



۴-۶ دینامیسم تکنولوژی محصول در گروه‌های هموسته تکنولوژی

تغییرات سریع متغیرهای کلان محیطی و اقتصادی و به تبع آن سرعت بالای تغییرات تکنولوژیک، موجب گردیده است که بنگاه‌ها بیش از پیش بدنبال ایجاد نوآوری در تکنولوژی‌های محصولات تولیدی خویش باشند (Bettis & Hitt, ۱۹۹۵). دانشمندان مدیریت تکنولوژی از این پدیده^۱ بعنوان دینامیسم تکنولوژی محصول^۲ یاد می‌کنند. یک تکنولوژی محصول^۳ در حقیقت یک کارکرد محصول را، در قالب نمودار مهندسی^۴ و یا نمونه اولیه^۵ ساخته شده نمایش می‌دهد.

همانگونه که مطالعات نشان می‌دهند، پس از مطالعه بازار و رسیدن به خواسته‌های مشتریان و با توجه به مفهوم پویایی تکنولوژی‌های محصول، طرحریزی و کسب تکنولوژی‌های محصول و فرآیندی برای یک بنگاه مادر از منابع خارجی تاکید شده است. به همین دلیل طرحریزی گروه‌های تکنولوژی بر طرحریزی یک تکنولوژی واحد ارجحیت داشته و از طرف محققین مختلف توصیه می‌گردد.

۴-۷ زنجیره تامین گروه‌های تکنولوژی

در دل زنجیره تامین به معنای عام آن، زنجیره تامین دیگری نیز نهفته شده است که فوق‌العاده مهم و تعیین کننده می‌باشد. این زنجیره در ادبیات جدید مدیریت تکنولوژی به زنجیره تامین تکنولوژی^۶ شهرت یافته است (Tatikonda & Stock, ۲۰۰۳). یک بنگاهی که تامین کننده تکنولوژی می‌باشد، به همراه بنگاه دیگری که قصد استفاده از آن تکنولوژی در توسعه محصولات خود را دارد، تشکیل یک ارتباط دوجانبه داده^۷ و در تعامل با یکدیگر فعالیت می‌کنند، مجموعه‌ای از این بنگاه‌ها به همراه تعاملات بین آنها، تشکیل زنجیره تامین تکنولوژی را می‌دهند. برخی از محققین به جای زنجیره-تامین تکنولوژی، از زنجیره تامین دانش^۸ نیز نام برده‌اند؛ بنظر آنان، تکنولوژی یک دانایی بالقوه را به توانایی و قابلیت^۹ که در ارتباط با دیگر عناصر تکنولوژی در ارتباط است، تبدیل می‌نماید. از این رو تکنولوژی محصول که بین دو بنگاه مورد تبادل قرار می‌گیرد، از یکسری بسته‌های تکنولوژی/ دانش تشکیل شده است (Tornatzky & Fleischer, ۱۹۹۰). فرآیند انتقال تکنولوژی محصول یک ارتباط اساسی و پایه‌ای^۹ در زنجیره تکنولوژی می‌باشد. یک زنجیره تامین تکنولوژی پیچیده، شامل تعداد زیادی از لینک برقرار شده در پیکره‌بندی‌های متنوعی می‌باشد که در گستره سلسله مراتب^{۱۰} زنجیره-تامین گسترده شده‌اند. همچنین زنجیره تامین تکنولوژی‌های یک بنگاه می‌تواند خارج از زنجیره تامین آن و در شبکه‌های وسیع تکنولوژی قرار گرفته باشد؛ پارک‌های علم و فناوری، اینکوباترها^{۱۱} و Spin-offها از جمله این مراکز توسعه تکنولوژی می‌باشند. بازارهای متنوع تکنولوژی و یا وجود تکنولوژی در زنجیره تامین یک بنگاه، و همچنین دسترسی آسان بنگاه به تکنولوژی‌های موصوف، موجب تسهیل برونسپاری تکنولوژی‌های محصول گشته، و منجر به استفاده از استراتژی تنوع در توسعه محصولات خواهد شد.

در این تحقیق ما زنجیره تامین تکنولوژی را تقریباً معادل گروه‌های هموسته تکنولوژی معرفی نموده‌ایم، البته نباید فراموش کرد که در این تحقیق ما بدنبال گروه‌های تکنولوژی در حیطه تامین کنندگان یک بنگاه مادر می‌باشیم. با طرحریزی یکپارچه و استراتژیک این گروه‌ها، بنگاه قادر خواهند بود که با شناسایی و ارزیابی توانمندی‌های تکنولوژیک تامین کنندگان خویش، درصدد طراحی و تکوین محصولات و فرآیندهای ساخت پذیر باشند.

۴-۸ طراحی زنجیره تامین گروه‌های تکنولوژی

از آنجائیکه در زنجیره تامین گروه‌های تکنولوژی، روال و مشخصه‌های منحصر بفردی حاکم است، لذا چالش‌های مدیریتی منحصر بفرد خویش را نیز داراست. با نگاه عمیق به انتقال یک تکنولوژی محصول در بین دو بنگاه می‌توان یک درک عمیق و جامعی از پیکره‌بندی شبکه‌های زنجیره‌های پیچیده تامین گروه‌های تکنولوژی به دست آورده و یک استراتژی موثر و رقابتی برای تکنولوژی‌های محصول با استفاده از این شبکه‌ها و زنجیره‌های غنی در سطح دنیا تدوین نمود. در زنجیره موصوف ما می‌توانیم شاهد توالی‌های متعددی در انتقال تکنولوژی بین بنگاه‌های تامین کننده و گیرنده یک

^۱ Phenomenon

^۲ Product Technology Dynamism

^۳ Product Technology

^۴ Engineering Diagram

^۵ Prototype

^۶ Technology Supply Chain

^۷ Dyadic

^۸ Knowledge Supply Chain

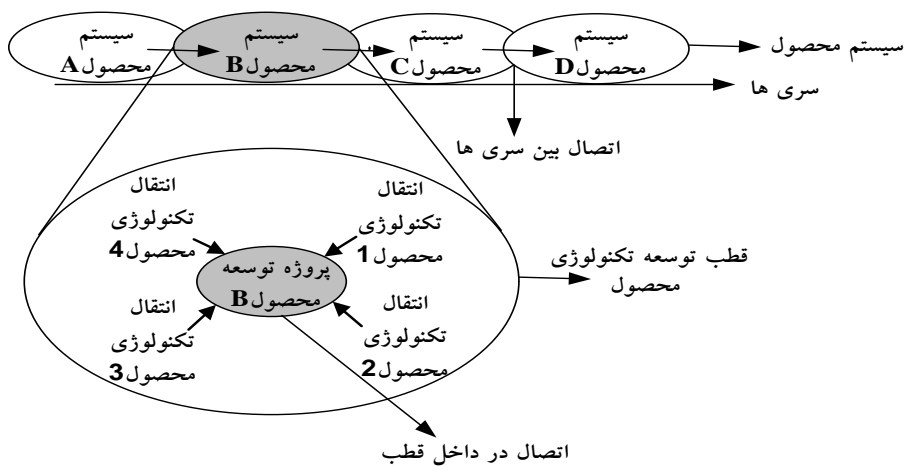
^۹ Fundamental

^{۱۰} Echelon

^{۱۱} Incubator



تکنولوژی محصول باشیم. این توالی بعنوان اتصال بین سری‌ها^۱ تعریف می‌گردد. در نظر بگیرید که یک تکنولوژی محصول که در یک سیستم محصول^۲ جدید بکار گرفته می‌شود، آن سیستم محصول خودش بعنوان یک تکنولوژی محصول برای محصول دیگری در یک بنگاه دیگری می‌باشد. در این تبادل محصول و تکنولوژی، ما شاهد تبادل یک محصول نهایی برای یک بنگاه و در عین حال تبادل آن محصول بعنوان یک تکنولوژی محصول برای بنگاه دیگری هستیم. در پروژه‌های توسعه تکنولوژی محصول یک بنگاه، می‌توان شاهد مشارکت سیستم‌های متعدد محصول از بنگاه‌های مختلف زنجیره‌تأمین گروه‌های تکنولوژی بود که با مرکزیت توسعه یک تکنولوژی محصول بعنوان یک قطب^۳ که خود حاوی سری‌ها و اتصالات متعددی می‌باشد، شد. این نقطه اتصال سیستم‌های محصول در یک تکنولوژی محصول، اتصالات قطبی^۴ تعریف شده‌اند. در زنجیره‌تأمین تکنولوژی یک بنگاه مادر می‌توان تعداد زیادی از این اتصالات متوالی^۵ و اتصالات قطبی مشاهده نمود که در واژه‌شناسی^۶ مدیریت زنجیره‌تأمین سنتی این اتصالات متوالی به سلسله مراتب چندگانه^۷ و یا لایه‌های بازیگران سازمانی^۸ شهرت یافته‌اند (Tatikonda & Stock, ۲۰۰۳). شکل ۷ یک زنجیره تکنولوژی در یک سیستم محصول، که شامل سری‌ها، قطب‌ها و فرآیند توسعه تکنولوژی محصول در زنجیره‌تأمین گروه‌های تکنولوژی می‌باشد را نشان می‌دهد.



شکل (۷): طراحی زنجیره گروه‌های تکنولوژی در یک سیستم محصول

۴-۹ لزوم درگیر نمودن تأمین‌کنندگان در طرح‌ریزی گروه‌های تکنولوژی

در ادبیات جدید، نقش تأمین‌کنندگان از صرف تولید و تأمین قطعات و ملزومات فراتر رفته و آنها وارد فرآیندهای طرح‌ریزی و طراحی سیستم‌های مختلف محصول، فرآیند و همچنین تکنولوژی شده‌اند. دخالت‌دادن تأمین‌کنندگان در طرح‌ریزی و طراحی گروه‌های تکنولوژی محصول و فرآیند موجب تعهد بیشتر آنها به بنگاه مادر در حل مسائل مرتبط با موضوع طراحی و تولید محصول شده و ارتقاء سطح توانمندی آنها را در فرآیندهای تولید باعث می‌شود. نتیجه این تعهد و همکاری، ارائه بموقع محصول به بازار، ارتقاء کیفیت محصول، کاهش هزینه‌ها و رضایتمندی مشتریان خواهد بود (Burt, ۲۰۰۳; Petersen et al., ۲۰۰۵). یکپارچه نمودن تأمین‌کنندگان شامل به اشتراک‌گذاری برنامه‌ها و دانش فنی بنگاه با تأمین‌کنندگان می‌باشد. یکپارچه‌سازی تکنولوژی‌های محصول و تکنولوژی‌های فرآیندهای ساخت، باید همزمان با یکپارچه‌سازی و بکارگیری دانش و توانمندی‌های آنان در موضوعات طراحی محصول و فرآیندهای ساخت گردد (Narasimhan et al., ۲۰۱۰). در حقیقت بنگاه‌ها با بهره‌برداری از توانمندی‌های تکنولوژیک

^۱ Links in a Series

^۲ Product System

یک محصول بعنوان یک سیستم، خودش یک سیستم فنی (Technical System) است که در قالب تکنولوژی‌های (Product Technology) مختلف بوده و از مولفه‌های (Components) متعدد با سطوح اشتراک (Interface) تعریف شده، تشکیل شده است.

^۳ Hub

^۴ Links in a Hub

^۵ Sequential Links

^۶ Terminology

^۷ Multiple Echelons

^۸ Tiers of Organizational Players



تامین‌کنندگان کلیدی، بصورت استراتژیک عمل نموده و اثربخشی اقدامات خویش را تضمین می‌کنند، بدیهی است که از دید عملیاتی آنان با این کار، کارایی قابل توجهی کسب می‌نمایند (Wynstra & Echtelt, ۲۰۰۱).

زود درگیر نمودن تامین‌کنندگان در مراحل مختلف طرحریزی محصول، توجه به قابلیت‌های طراحی، فرآیندهای ساخت و مهم‌تر از همه تکنولوژی‌های موجود در زنجیره‌تامین یک بنگاه در حین توسعه محصول می‌باشد (Sianesi & Pero, ۲۰۰۹; Burt & Dobler, ۲۰۰۳). درگیر نمودن تامین‌کنندگان^۱ در مرحله طرحریزی گروههای تکنولوژی، به بنگاه اجازه می‌دهد که به نوآوری‌ها و تکنولوژی‌های بازار تامین^۲ دسترسی داشته باشد (Caridi et al., ۲۰۱۱). تشخیص اینکه تامین‌کنندگان در چه مرحله‌ای از توسعه محصول و فرآیند می‌باید مشارکت داده شوند، موضوع مدیریت اینترفیس تامین‌کنندگان^۳ را مطرح نموده است (Echtelt & Wynstra, ۲۰۰۸). مشارکت دادن زنجیره‌تامین در اتخاذ تصمیمات مربوط به توسعه محصول، طیفی از یک مشاوره اندک تا درگیر نمودن کامل آنها در تیم‌های توسعه محصول را در بر می‌گیرد (Ragatz et al., ۲۰۰۲). مشارکت زنجیره‌تامین در اتخاذ تصمیمات مهم و استراتژیک در خصوص پروژه‌های توسعه محصول، مستلزم ایجاد سیستم‌های یکپارچه، به اشتراک‌گذاری اطلاعات و دانش به همراه همکاری^۴ ممکن خواهد بود (Petersen & Monczka, ۲۰۰۵).

۴-۱۰ نحوه درگیر نمودن تامین‌کنندگان در طرحریزی گروههای تکنولوژی

همکاری مشترک بنگاه و تامین‌کنندگان در طرحریزی گروههای تکنولوژی محصول و فرآیند، از طریق دو رویکرد همسوسازی و هماهنگ‌سازی مقذور خواهد بود؛ این یکپارچگی از دو مسیر ذیل اتفاق می‌افتد:

۱. همسوئی تکنولوژی‌های زنجیره‌تامین با نوآوری‌های گروههای تکنولوژی محصول؛

در این حالت زنجیره‌تامین توانمندی‌های خود را متناسب با تغییر در طراحی محصول تغییر یا ارتقاء می‌دهد. هندفیلد^۵ (۲۰۰۳) به اهمیت توسعه توانمندی‌های تامین‌کنندگان به عنوان مشخصه و نتایج موفقیت‌آمیز همکاری در فرآیندهای توسعه محصول پرداخته است. زمانی که یک بنگاه برای آغاز تولید محصول با تکنولوژی‌های جدید برنامه‌ریزی می‌کند، زنجیره‌تامین باید قادر باشد علاوه بر استفاده از توانمندی‌های موجود، در اسرع وقت تکنولوژی‌های فرآیندی زنجیره را تغییر داده و قابلیت‌های خود را برای تولید محصول جدید ارتقاء بخشیده و بالفعل نماید (Caridi et al., ۲۰۰۹). موضوع دیگری که در همین راستا مورد توجه محققین قرار گرفته است، بحث ایجاد توانمندی‌های تکنولوژیک پایدار در گستره زنجیره‌تامین به منظور نهادینه کردن نوآوری است (Kumar, ۲۰۰۱). به اشتراک‌گذاری تکنولوژی در زنجیره‌تامین موضوع دیگری است که در این رابطه مطرح شده است (Cousins et al., ۲۰۱۱). تحقق این مهم مستلزم وجود اعتماد، تعریف روابط مبتنی بر همکاری و همیاری در بین بازیگران زنجیره‌تامین است.

۲. هماهنگی طرحریزی گروههای تکنولوژی محصول بنگاه با توانمندی‌های زنجیره‌تامین؛

در این حالت موضوع مشارکت‌دادن زنجیره‌تامین در طرح‌ها و پروژه‌های توسعه محصول مطرح می‌شود. در حالت اول، محققین فرض می‌کنند که انتخاب محصول و تکنولوژی‌های آن بدون توجه به تکنولوژی‌های فرآیندی انجام می‌شود. در حالی که ممکن است یکپارچه‌سازی تکنولوژی‌های محصول و فرآیند در هیچ شرایطی امکان‌پذیر نباشد. به همین دلیل فرآیند یکپارچه‌سازی می‌باید زودتر و در مرحله انتخاب تکنولوژی‌های محصول آغاز شود. این یکپارچه‌سازی شامل یکپارچه نمودن تکنولوژی‌های محصول - فرآیند^۶، یکپارچه نمودن مشتری^۷ و یکپارچه نمودن تامین‌کنندگان^۸ می‌باشد. در صورت تحقق یکپارچگی در این سه حوزه بصورت هم‌زمان، ما شاهد ایجاد هم‌افزایی در عملکرد نهایی یک بنگاه خواهیم بود (Narasimhan et al., ۲۰۱۰)؛ بطوریکه براساس توانمندی‌های تکنولوژیک موجود در زنجیره‌تامین بنگاه، اقدام به توسعه در تکنولوژی‌های محصول که خود از بازار و مشتریان نشأت می‌گیرد، خواهد شد. اسکات^۹ و همکاران (۲۰۰۴) با مطالعه بر روی تکنولوژی‌های محصول و فرآیند در حین طراحی و توسعه محصول به بررسی راهکارهای کسب این تکنولوژی‌ها از خارج سازمان پرداخته و مدلی تحت عنوان مدل منبع‌یابی تکنولوژی^{۱۰} (TSM) ارائه نموده‌اند.

^۱ Supplier Involvement

^۲ Supply Market

^۳ Supplier Interface Management

^۴ Collaboration

^۵ Handfield

^۶ Product-Process Technology Integration; PPTI

^۷ Customer Integration; CI

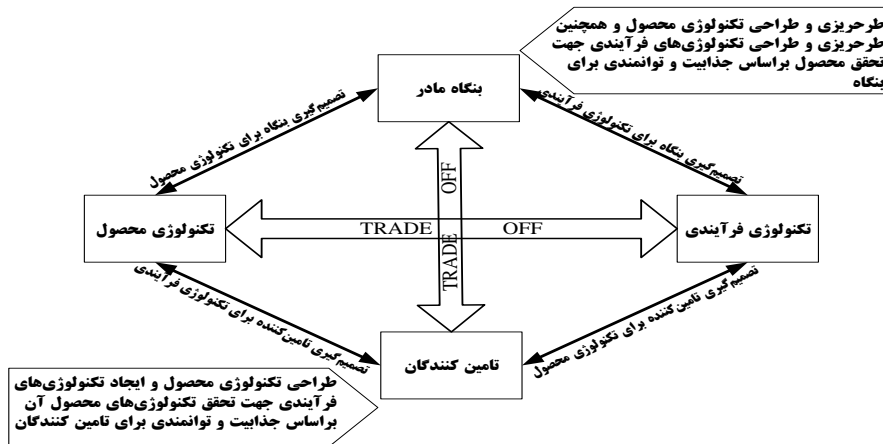
^۸ Supplier Integration; SI

^۹ Scott Swan

^{۱۰} Technology Sourcing models

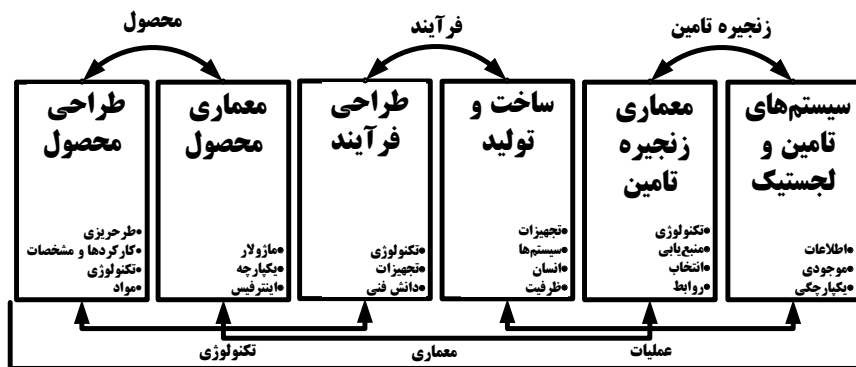


گریگوری^۱ و تاتی‌کوندا (۲۰۰۸) تمرکز خود را بر یکپارچه نمودن تکنولوژی‌های محصول کسب شده از خارج^۲ بنگاه با تکنولوژی‌های فرآیندی در بخش عملیات معطوف نموده‌اند. این محققین در تحقیقات خویش بر این نکته تأکید نموده‌اند که بنگاه‌ها می‌باید نسبت به یکپارچه نمودن تکنولوژی‌های کسب شده از خارج بنگاه - که از طریق انتخاب محصولات جدید حادث می‌شود- با تکنولوژی‌های موجود خویش در سیستم محصولات از یکطرف و تکنولوژی‌های فرآیندی موجود در خویش و در تامین‌کنندگان از طرف دیگر، اقدام نمایند. نحوه تعامل مشترک بنگاه و تامین‌کننده در خصوص تکنولوژی‌های محصول و فرآیند در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل (۸): تعامل مشترک بنگاه و زنجیره‌تامین برای طرحریزی یکپارچه گروه‌های تکنولوژی

۴-۱۱ مهندسی همزمان گروه‌های تکنولوژی محصول، فرآیند و زنجیره‌تامین جهت زود درگیر نمودن تامین‌کنندگان در توسعه محصول و گروه‌های تکنولوژی، از تکنیک مهندسی همزمان استفاده می‌گردد، براساس این تکنیک، بنگاه در حین طرحریزی محصول و تکنولوژی، اقدام به طراحی همزمان، محصول، فرآیند و زنجیره‌تامین می‌نماید، در شکل ۹ مهندسی همزمان محصول، فرآیند و زنجیره‌تامین که آن را معماری زنجیره ارزش نامیده‌ایم، ارائه شده است.



شکل (۹): مهندسی همزمان گروه‌های تکنولوژی (معماری زنجیره ارزش)

^۱ Gregory

^۲ External Technology integration



در معماری زنجیره ارزش^۱، از طریق معماری محصول، تکنولوژی‌های محصول، فرآیند و زنجیره‌تأمین به هم وصل می‌گردند، از طریق معماری زنجیره‌تأمین^۲ نیز، سیستم‌های ساخت و تولید و تأمین و همچنین سیستم‌های تأمین و لجستیک به هم وصل می‌گردند. در نهایت از ترکیب معماری محصول و معماری زنجیره‌تأمین، معماری زنجیره ارزش پدیدار می‌گردد.

۴-۱۲ واحدهای تکنولوژی محصول استراتژیک

با اقتباس از هکس و مجلوف (۱۹۹۶) و تعریفی که آنها از واحدهای تکنولوژی استراتژیک (STU's) ارائه داده‌اند، ما نیز در این تحقیق برای اولین بار واحدهای تکنولوژی محصول استراتژیک^۳ (SPTU's) را تعریف نموده و آن را شامل؛ آن دسته از گروه‌های تکنولوژی یکپارچه تعریف می‌کنیم که در بنگاه و عقبه زنجیره‌تأمین قرار گرفته و در سیستم‌ها، زیرسیستم‌ها و اجزاء مختلف یک محصول و فرآیندهای ساخت و تولید آن جاسازی^۴ و متجلی شده و کارکردهای مختلف آنها را محقق می‌کنند. این تکنولوژی‌ها در حین توسعه محصولات، در تمامی ارکان یک محصول، از قبیل؛ مجموعه‌ها، زیرمجموعه‌ها و قطعات آن طراحی شده و کارکرد کلی آن محصول را محقق می‌کنند. در حقیقت این واحدها نشانگر تکنولوژی‌های بکارگرفته‌شده در محصولات و فرآیندها می‌باشند. نکته مهمی که می‌باید مورد توجه قرار گیرد این است که این واحدهای تکنولوژی بواسطه یک موجودیت فیزیکی که در ادبیات معماری محصول به چانک^۵ معروف هستند، در محصولات مجسم^۶ می‌گردند. ما مفهوم چانک را تکه‌ای از محصول تعریف می‌نمائیم که یک کارکرد مشخص از یک محصول توسط آن انجام می‌پذیرد. در واقع واحدهای تکنولوژی‌های محصول استراتژیک، گروهی از تکنولوژی‌های مختلف محصول و فرآیند هستند که جهت ایفای مکانیزم کارکرد محصولات و فرآیندها و براساس مشخصات و ویژگی‌های آنها طرحریزی و طراحی می‌گردند. همچنین عبارت استراتژیک هم از سیستم و یا زیرسیستم‌های بکارگرفته شده در محصولات نشأت می‌گیرد. البته نباید فراموش کرد که هرکدام از واحدهای تکنولوژی محصول استراتژیک، بنگاه دارای تکنولوژی‌های متعددی در ارتباط با تکنولوژی‌های فرآیندی در دل فرآیندهای خویش و عقبه تأمین‌کنندگانش می‌باشد که می‌باید در ارتباط با آنها تصمیم‌گیری نماید، تکنولوژی‌های طراحی، ساخت و تولید و مونتاژ از جمله تکنولوژی‌های مرتبط با واحدهای تکنولوژی‌های محصولات استراتژیک محسوب می‌گردند.

۴-۱۳ طرحریزی گروه‌های تکنولوژی در پروژه‌های توسعه محصول

طرحریزی تکنولوژی^۷ فرآیندی است که براساس آن تکنولوژی‌های لازم جهت تحقق کارکردهای محصول و فرآیندها در حین انجام پروژه‌های توسعه محصول جدید، انتخاب و در دل محصولات و فرآیندها بکار گرفته می‌شوند. جهت طرحریزی و گسترش تکنولوژی از ویژگی‌ها و کارکردهای محصولات استفاده می‌کنند. لازم است که قبل از تعیین ویژگی‌ها و کارکردهای محصولات و فرآیندها، مشخصات آنها نهایی گردند. مشخصات محصولات و فرآیندها نیز براساس نیازهای مشتریان و گروه‌های ساخت و تولید معین می‌گردند. در صورتیکه بنگاه بدنبال طراحی، ساخت و تولید محصولات جدید باشد، همزمان با فاز طراحی و توسعه تکنولوژی‌های محصول، اقدام به طرحریزی و توسعه تکنولوژی‌های فرآیندی نیز می‌نماید. قبل از انجام هرگونه اقدامی جهت طرحریزی تکنولوژی، مدیران سطوح عالی بنگاه بعنوان بخشی از استراتژی کلان سازمان و همچنین طرحریزان محصول و فرآیندهای عملیاتی، باید مشخص نمایند که چه نقشی را به تکنولوژی در پیشبرد قابلیت‌های رقابتی بنگاه قائل هستند، همچنین مقدار منابعی که به تکنولوژی اختصاص داده می‌شود، رقابت‌پذیری بنگاه در فرآیند نوآوری و استفاده از تکنولوژی‌های جدید در محصولات و فرآیندها به چه میزانی می‌باشد. به همین خاطر است که پس از پاسخگویی به سئوالات مذکور، اقدام به شناسایی واحدهای تکنولوژی استراتژیک می‌گردد.

نکته مهمی که محققین این تحقیق به آن اصرار می‌ورزند، این است که برخلاف نظر برخی از تحقیقات که بعضاً طرحریزی را معادل شناسایی و یا گسترش تکنولوژی می‌دانند، تفاوت بسیار زیاد و مهمی بین این دو وجود داشته و این دو فعالیت‌های متفاوتی هستند. شناسایی تکنولوژی بعنوان یکی از ورودی‌های طرحریزی تکنولوژی محسوب می‌گردد. طرحریزی تکنولوژی کاملاً مرتبط با طرحریزی محصول و فرآیند بوده و در ارتباط با مشخصات، ویژگی‌ها و کارکردهای آنها انجام می‌پذیرد. ممکن است که این ویژگی‌ها تکنولوژی‌هایی را مطالبه نمایند که تاکنون توسعه داده نشده و نیاز به کار تحقیق و توسعه و نوآوری دارند، همچنین ممکن است که علیرغم وجود تکنولوژی‌های متنوع، بلحاظ مشخصات و نوع پیگیره‌بندی محصولات و فرآیندها، بکارگیری یک تکنولوژی در یک محصول و یا فرآیند از طرف طراحان و تکنولوژیست‌های یک بنگاه غیرممکن گردد. اینجاست که طرحریزی تکنولوژی

^۱ Value Chain Architecture

^۲ Supply Chain Architecture

^۳ Strategic Product technology Unit's: SPTU's

^۴ Embedded

^۵ Chank

^۶ Imbody

^۷ Technology Planning



با معماری و مهندسی تکنولوژی ارتباط پیدا می‌کند. لذا شناسایی تکنولوژی می‌تواند بعنوان ورودی طرحریزی تکنولوژی در دل محصولات و یا فرآیندها قرار گیرد.

نکته دیگر اینکه، در این تحقیق ما زمانیکه از طرحریزی تکنولوژی سخن می‌گوییم، منظورمان تکنولوژی‌های مجزا نبوده، بلکه مطابق تعریف جدید محققین که برای اولین بار در دنیا انجام می‌پذیرد، منظور گروه‌های هموسته تکنولوژی محصول و فرآیند می‌باشد که در عقبه تکنولوژی‌های بنگاه و در گستره زنجیره‌تامین آن طرحریزی، طراحی و مستقر می‌گردند، می‌باشد.

۴-۱۴ طراحی ابزار جدید برای طرحریزی گروه‌های تکنولوژی

با توجه به نیازمندی بنگاه‌های مادر دارای زنجیره‌تامین وسیع، همچنین با توجه به شکاف نظری حاکم بر موضوع طرحریزی گروه‌های تکنولوژی در زنجیره‌تامین، در ادامه براساس تحلیل داده‌های تجربی جمع‌آوری شده و همچنین براساس تجزیه و تحلیل آخرین دستاوردهای علمی موجود، به طراحی ابزاری جامع، یکپارچه و استراتژیک برای طرحریزی گروه‌های تکنولوژی در سطح بنگاه و زنجیره‌تامین می‌پردازیم.

۴-۱۴-۱ گسترش کارکرد تکنولوژی

بررسی روش چهار مرحله‌ای گسترش کارکرد کیفیت (QFD) و سپس رویکرد گسترش تکنولوژی آکائو که در بخش مرور ادبیات تحقیق به تفصیل بیان گردیدند، نشان داد که می‌توان از روش گسترش کارکرد کیفیت برای شناسایی و طرحریزی تکنولوژی‌ها استفاده نمود. اما روش موصوف، تفاوتی را بین تکنولوژی‌های محصول و فرآیندی قائل نیست، می‌توان این روش را بازنگری کرده و به منظور طرحریزی و شناسایی تکنولوژی‌های محصول و فرآیند و همچنین تبیین رابطه این دو به کار برد. لازم به ذکر است که بازنگری روش گسترش کارکرد کیفیت بر اساس هدف مورد نظر، امری است که ریول و موران^۱ (۱۹۹۸) در کتاب راهنمای گسترش کارکرد کیفیت، آن را عملی دانسته‌اند. آنها گسترش کارکرد کیفیت را روشی منعطف می‌دانند که با توجه به شرایط مختلف، می‌توان از ترکیب‌های متنوعی از جداول آن بهره برد. در یک پایان‌نامه کارشناسی ارشد که اخیراً در دانشگاه BTH سوئد دفاع شد، از بیش از ۶۵۰ نوع گسترش کارکرد کیفیت، که توسط محققین و حرفه‌ای‌های صنایع مختلف مورد استفاده قرار گرفته است، بحث شده است، در این پایان‌نامه نسخه جدیدی از گسترش کارکرد کیفیت، تحت عنوان؛ گسترش کارکرد ماژولار^۲ (MFD) استفاده شده است (Blomquist & Gustafsson, ۲۰۱۳).

همچنین آراستی و کرمی‌پور (۲۰۰۳) نیز در معرفی گسترش کارکرد کیفیت برای شناسایی تکنولوژی، روشی سه مرحله‌ای که از نیازها و خواسته مشتریان به تکنولوژی‌های محصول رسیده می‌شود، ارائه نموده‌اند. این امر بیانگر این موضوع می‌باشد که می‌توان نسخ مختلفی از گسترش کارکرد کیفیت را حسب کاربرد و مقصود مدنظر، توسعه داده و بکار برد.

ما نیز با استناد به روش آکائو (۱۹۹۴) و نظر آراستی و کرمی‌پور (۲۰۰۳) و نظرات سایر محققین، در تحقیق خویش، از یک روش گسترش کارکرد کیفیت توسعه‌یافته جدیدی، تحت عنوان گسترش کارکرد تکنولوژی^۳ (TFD)، برای طرحریزی و شناسایی تکنولوژی‌های محصول و فرآیندی استفاده نموده‌ایم. بدین منظور با انجام یکسری تغییرات جزئی در نام و تعداد ماتریس‌های گسترش کارکرد کیفیت، ماتریس‌های گسترش کارکرد تکنولوژی خویش را توسعه داده‌ایم. بدین صورت که نیازمندی‌های مشتری^۴ در سطرها و مشخصات محصول^۵ در ستون‌های ماتریس اول، تحت عنوان ماتریس طرحریزی محصول قرار می‌گیرد. سپس در مرحله بعدی مشخصات محصول (ستون‌های ماتریس اول) در سطرها و ماتریس دوم قرار گرفته و در ستون‌های آن، ویژگی‌ها^۶ و کارکردهای^۷ محصول واقع خواهند شد، این ماتریس را نیز ماتریس طراحی محصول نامیده‌ایم. در مرحله سوم، تکنولوژی‌های محصول با توجه به ویژگی‌ها و کارکردهای محصول مشخص شده و در ماتریس سوم، تحت عنوان، طرحریزی تکنولوژی محصول مقابل هم قرار می‌گیرند.

تکنولوژی ابزاری است که به انجام شدن کارکردهای محصول کمک کرده و در نتیجه موجب تحقق نیازها و خواسته‌های مشتری می‌گردد (Arasti & karamipour, ۲۰۰۳). مطابق روش گسترش کارکرد تکنولوژی، در گام چهارم، تکنولوژی‌های فرآیندی با توجه به تکنولوژی‌های محصول طرحریزی شده و به ترتیب در ستون‌ها و سطرها ماتریس چهارم قرار می‌گیرند، این ماتریس را نیز ماتریس طرحریزی تکنولوژی فرآیندی

^۱ Revelle & Moran

^۲ Modular Function Deployment; MFD

^۳ Technology Function Deployment; TFD

^۴ Customer Requirements

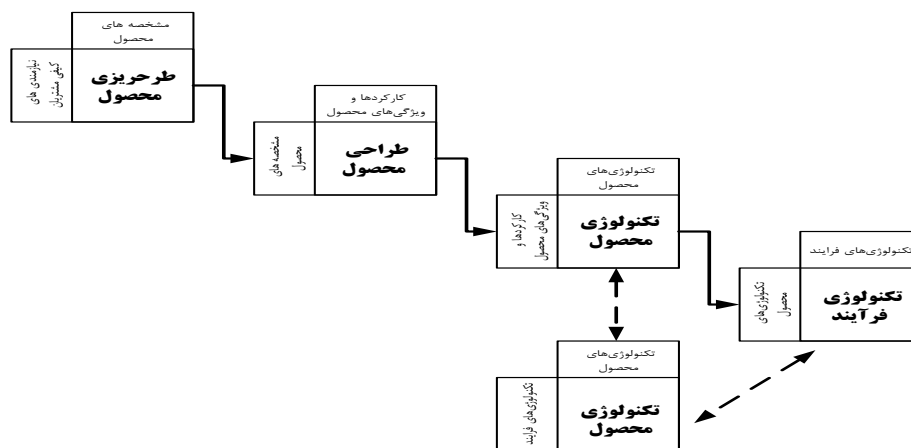
^۵ Product Specification

^۶ Features

^۷ Functions



نامیدیم. از آنجائیکه یکی از اهداف اصلی این تحقیق، توجه به توانمندی‌های تکنولوژیک (از جنس فرآیندی) تامین‌کنندگان در حین تعریف تکنولوژی-های محصول بنگاه می‌باشد، رابطه این دو (حرکت از تکنولوژی‌های فرآیندی به تکنولوژی‌های محصول) نیز بررسی می‌گردد، یعنی اینکه می‌توان با استفاده از تکنولوژی‌های فرآیندی به شناسایی تکنولوژی‌های محصول پرداخت. پس در مرحله آخر به نوعی می‌توان از دو ماتریس استفاده نمود، یک ماتریس برای طرحریزی و شناسایی تکنولوژی‌های فرآیند بر اساس تکنولوژی‌های محصول و دیگری بالعکس، یعنی در ماتریس پنجم گسترش کارکرد تکنولوژی، اقدام به طرحریزی و شناسایی تکنولوژی‌های محصول بر اساس فرآیندی موجود در زنجیره تامین‌کنندگان بنگاه خواهد شد، این ماتریس نیز، ماتریس **طرحریزی تکنولوژی محصول** نامگذاری شده است. با استفاده از مکانیزم ماتریس پیشنهادی، می‌توان بر اساس قابلیت‌های تکنولوژیک فرآیندی تامین‌کنندگان، به تکنولوژی‌های محصول دست یافت، در حقیقت در این تحقیق علاوه بر کارکردها و ویژگی‌های محصولات که برای طرحریزی تکنولوژی‌های محصول مدنظر می‌باشند، مبنای دیگر این طرحریزی، تکنولوژی‌های فرآیندی تامین‌کنندگان می‌باشد. روش گسترش کارکرد تکنولوژی در شکل ۱۰ ارائه شده است.



شکل (۱۰): روش TFD برای طرحریزی و گسترش تکنولوژی‌ها

تا اینجا رویکرد گسترش کارکرد تکنولوژی برای طرحریزی، گسترش و شناسایی گروه‌های تکنولوژی برای واحدهای تکنولوژی محصول استراتژیک (SPTU's) ارائه گردید. اما باید توجه داشت که یکی از نکات مهم در طرحریزی این واحدها، طرحریزی یکپارچه و استراتژیک آنها است. به بیان دیگر طرحریزی واحدهای تکنولوژی باید به صورت استراتژیک صورت گیرد، و یکی از مهمترین پارامترهای این طرحریزی استراتژیک، توجه به پارامترهای روند پیشرفت تکنولوژی‌ها در قالب‌های زمانی و مراکز توسعه و در نهایت زنجیره‌های تامین تکنولوژی می‌باشد. همانطور که آکائو (۱۹۹۴) نیز در کتاب خود بیان نموده است، منطق گسترش تکنولوژی با استفاده از جداول گسترش کارکرد کیفیت، به پارامتر زمان بی‌توجه است و یکی از نقض‌های این رویکرد، عدم توجه به آینده می‌باشد. لذا در پی رفع این نقض باید به دنبال ابزار دیگری بود که قابلیت منظور کردن زمان را در طرحریزی واحدهای تکنولوژی محصول استراتژیک داشته باشد. لذا می‌باید دنبال یک ابزار تکمیلی باشیم تا با ترکیب آن با گسترش کارکرد تکنولوژی، بتوانیم ابزاری جامع جهت طرحریزی یکپارچه و استراتژیک گروه‌های تکنولوژی‌ها در حوزه‌های سه‌گانه محصول، فرآیند و زنجیره‌تأمین، در گستره بنگاه و تامین‌کنندگان توسعه دهیم.

۴-۱۴-۲ نقشه‌راه محصول بنگاه و طرحریزی گروه‌های تکنولوژی

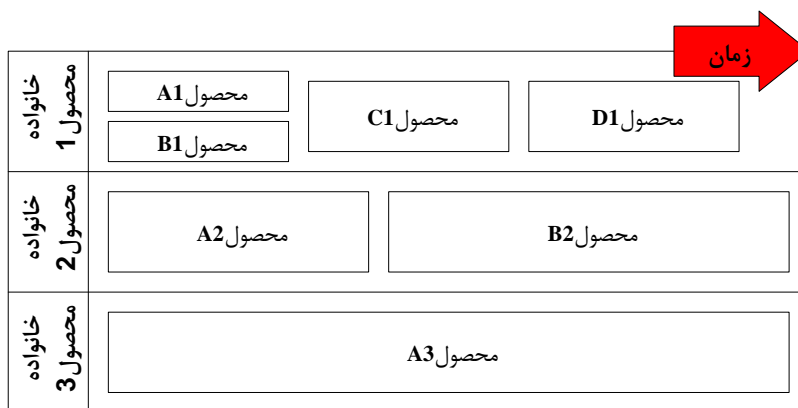
در این تحقیق دنبال طراحی مدلی برای طرحریزی گروه‌های تکنولوژی محصول و فرآیند یک بنگاه مادر در بستر توانمندی‌های تکنولوژیک تامین‌کنندگان آن هستیم، لازمه این موضوع در ابتدا، شناسایی سبد محصولات، همچنین شناسایی تکنولوژی‌های محصول و تکنولوژی‌های فرآیندهای مرتبط با این محصولات در هر دو بافت؛ بنگاه و زنجیره‌تأمین هستیم. برای شناسایی سبد محصولات که داده‌های مربوط به ویژگی‌ها و کارکردهای محصولات از آنها تولید خواهد شد از ابزار نقشه‌راه محصول بنگاه و برای شناسایی سبد تکنولوژی‌های محصول و فرآیند از ابزار نقشه‌راه تکنولوژی بنگاه بهره خواهیم برد. با ترکیب این دو ابزار است که مدل طرحریزی گروه‌های تکنولوژی طراحی خواهد شد. بر اساس استراتژی محصول، که از استراتژی کلان بنگاه نشأت می‌گیرد، نقشه‌راه محصولات^۱ آن بنگاه تدوین می‌گردد. در این نقشه‌راه؛ خانواده‌های محصولات^۱ در افق زمانی مشخص، و برنامه‌های

^۱ Product Roadmap



توسعه این محصولات تعیین می‌گردد. بدین شکل که در لایه مربوطه در نقشه‌راه، خانواده‌های محصولات قرار می‌گیرند و برای هر خانواده در طول محور زمان، برنامه توسعه محصولات مشخص می‌شود (Phaal et al., ۲۰۰۱). هر خانواده محصول، مجموعه‌ای از محصولات هستند که یا تکنولوژی مشترکی بکار می‌برند و یا از لحاظ پلتفرمی با هم شباهت دارند و یا اینکه برای بخش خاصی از بازار توسعه داده می‌شوند (Whitney, ۲۰۰۴). در حین اجرای پروژه‌های توسعه محصول و فرآیند جدید، آنچه از استراتژی بنگاه اقتباس می‌گردد، برنامه محصول در قالب نقشه‌راه محصول می‌باشد. حسب هدف این تحقیق، مرحله بعد، شناسایی و طرح‌ریزی گروههای تکنولوژی محصولات و فرآیندهای ساخت و تولید آن محصولات براساس نقشه‌راه مصوب محصول می‌باشد. به عبارت دیگر بعد از اقتباس نقشه‌راه محصول از استراتژی بنگاه، از داده‌های آن به عنوان ورودی مرحله طرح‌ریزی گروههای تکنولوژی استفاده می‌شود. لازم بذکر است که همزمان با مورد لحاظ قراردادن نقشه‌راه محصول، قبل از طرح‌ریزی تکنولوژی می‌باید به استراتژی عملیات و همچنین به استراتژی تامین و زنجیره تامین‌کنندگان بنگاه نیز توجه نمود. چرا که بخش اعظم استراتژی‌های ساخت و تولید و طراحی زنجیره‌تامین یک بنگاه در حین توسعه محصول و فرآیند جدید، از استراتژی عملیات آن بنگاه نشأت می‌گیرد.

شکل ۱۱ نمونه‌ای از یک نقشه‌راه محصول را نشان می‌دهد.



شکل (۱۱): نقشه‌راه محصول (Phaal et al., ۲۰۰۱)

جهت طرح‌ریزی گروههای تکنولوژی محصول و فرآیند در یک بنگاه، نقشه‌راه محصول یکسری ورودی‌هایی را برای مدل مدنظر خواهد داشت. در هنگام طرح‌ریزی تکنولوژی‌های محصول، ابتدا باید مشخص گردد که قصد طرح‌ریزی تکنولوژی برای چه محصول و فرآیندی هستیم. یعنی در انجام پروژه‌های توسعه محصول و فرآیند، به طرح‌ریزی تکنولوژی‌های محصولات و فرآیندهایی پرداخته می‌شود، که توسعه آنها در دستور کار بنگاه قرار دارد. به عبارت دیگر طرح‌ریزی گروههای تکنولوژی در مورد یکی از محصولات یا خانواده‌ای از محصولات، که در نقشه‌راه محصول تعریف شده است، انجام می‌پذیرد. در واقع داده‌های نقشه‌راه محصول، زمینه طرح‌ریزی گروههای تکنولوژی را مهیا می‌سازد.

نقشه‌راه محصول، ورودی‌های ذیل را برای مرحله طرح‌ریزی و گسترش گروههای تکنولوژی مهیا می‌نماید:

- نشانگر بخش^۲ هدف‌گیری شده از بازار می‌باشد، تا در مرحله بعد براساس نیازمندی‌ها و خواسته‌های آن بخش، گروههای تکنولوژی طرح‌ریزی، شناسایی و گسترش یابند.
- محصولی که قرار است تکنولوژی‌های آن شناخته شده و منجر به شناسایی تکنولوژی‌های فرآیندی لازم شوند، را مشخص می‌کند.

۴-۱۴-۳ نقشه‌راه تکنولوژی بنگاه و طرح‌ریزی گروههای تکنولوژی

در بخش قبل بیان گردید که چگونه پروژه‌های توسعه محصول یک بنگاه براساس نقشه‌راه محصول آن بنگاه شناسایی و انتخاب می‌گردند. در این بخش بدنیاال شناسایی تکنولوژی‌های کاندیدا برای طرح‌ریزی در قالب انواع مفاهیم محصولات و فرآیندها می‌باشیم. لازمه این امر شناسایی سبد تکنولوژی‌های محصول و تکنولوژی‌های فرآیندهای مرتبط با این محصولات نیز در هر دو بافت؛ بنگاه و زنجیره‌تامین می‌باشد. سبد تکنولوژی‌های یک بنگاه در سندی تحت عنوان نقشه‌راه تکنولوژی^۳ نگاشته شده و درج می‌گردد.

^۱ Product Families

^۲ Segment

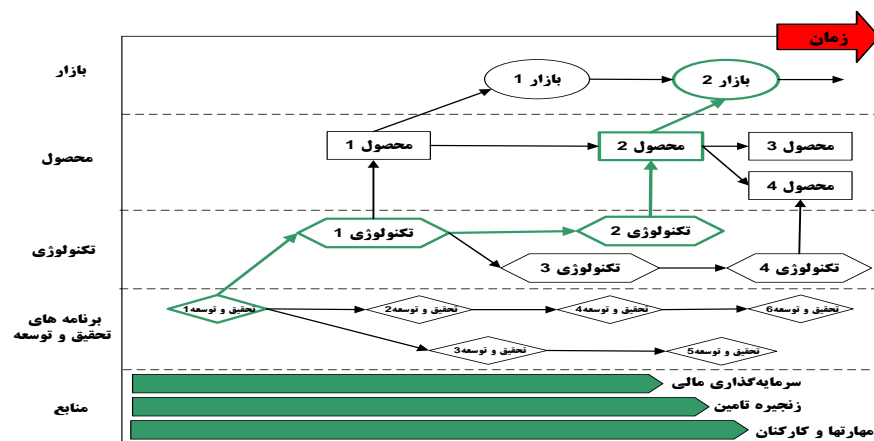
^۳ Technology Roadmap



همانگونه که داده‌های مربوط به محصولات کاندیدا برای توسعه، از طریق نقشه‌راه محصول یک بنگاه تامین می‌گردد، داده‌های مربوط به تکنولوژی‌های مربوط به این محصولات و فرآیندهای ساخت و تولید آنها نیز از طریق نقشه‌راه تکنولوژی آن بنگاه تامین می‌گردد. پیچیده‌ترین نقشه‌راه تکنولوژی هنگامی است که توسعه محصول و فرآیند در سطوح و لایه‌های مختلف یک بنگاه و در ارتباط با تامین‌کنندگانش اتفاق بیفتد، اینجاست که جهت هماهنگی و لینک نمودن این نقشه در لایه‌های مختلف بنگاه در ارتباط با شرکای تجاری و مشتریان، می‌باید از "نقشه‌راه نقشه‌راهها" استفاده گردد. در ترسیم نقشه‌راه نقشه‌راه‌های بنگاه، یکی از نقشه‌های مورد توجه نقشه‌راه تکنولوژی‌های تامین‌کنندگان می‌باشد (Albright & Kappel, ۲۰۰۳). نقشه‌راه موصوف جزو دسته نقشه‌راه‌های میان‌نقشه‌ای می‌باشد که بدنبال ایجاد بانکهای اطلاعاتی تکنولوژی^۱ می‌باشد. از طریق آن بنگاه و تامین‌کنندگان از نقاط ضعف و قوت هم‌دیگر مطلع خواهند شد.

نگاه استراتژیک به یکپارچه‌نمودن تامین‌کنندگان در طرح‌های مشترک جهت توسعه گروههای تکنولوژی‌های محصول و تکنولوژی‌های فرآیندی مستلزم همسو و هماهنگ شدن اهداف بنگاه و تامین‌کنندگان در افق زمانی بلندمدت می‌باشد. جهت کسب بیشترین منافع استراتژیک از یکپارچه‌نمودن تامین‌کنندگان، لازم است که هر دو طرف نسبت به اشتراک‌گذاری اهداف و طرح‌های آتی خویش اقدام نمایند. لذا لازم است که بنگاهها دارای اطلاعات کافی از نقشه‌راه محصول/تکنولوژی تامین‌کنندگان کلیدی خویش بوده و در راستای همسویی آن با نقشه‌راه تکنولوژی خویش کوشا باشند (Echtelt et al., ۲۰۰۷)، همچنین جهت هدایت و همسوسازی آنها با اهداف بلندمدت خویش، اطلاعات لازم را در اختیار تامین‌کنندگان قرار دهند (Handfield et al., ۲۰۰۷; Ragatz et al., ۲۰۰۲). مدیران هر دو سازمان (بنگاه و تامین‌کننده) می‌باید بطور شفاف و صادقانه در مورد برنامه‌های توسعه تکنولوژی خویش که قصد دارند در آینده به انجام برسانند، بحث نموده و به توافق برسند. بدیهی است که لازمه این کار ایجاد روابط بلندمدت قوی و استراتژیک بین دو سازمان می‌باشد. با توجه به نقشه‌راه، بنگاهها جهت ایجاد هماهنگی در تامین‌کنندگان، باید اطلاعات تکنولوژی‌هایی را که قصد دارند، از طریق تامین‌کنندگان توسعه دهند را به اطلاع آنان برسانند، همچنین تامین‌کنندگان نیز می‌باید بدنبال نیات آینده مشتریان عمده خویش بوده و تکنولوژی‌ها و محصولات خویش را با آنها همسو نمایند (Handfield et al., ۲۰۰۷). در تحقیقات اخیر نشانه‌هایی از لزوم یکپارچه‌نمودن نقشه‌راه محصول/تکنولوژی دو سازمان (بنگاهها و تامین‌کنندگان) بوضوح دیده شده و برخی از محققین حتی بر این امر تاکید نموده‌اند (McIvor et al., ۲۰۰۶).

یک نوع خاص از نقشه‌راه تکنولوژی، تلفیق آن با نقشه‌راه محصول بوده و به نقشه‌راه محصول/تکنولوژی مشهور است. در شکل ۱۲ شکل عمومی یک نقشه‌راه محصول/تکنولوژی براساس استاندارد انجمن مدیریت تحقیقات صنعتی اروپا^۲ (EIRMA) ارائه شده است.



شکل (۱۲): شکل عمومی یک نقشه‌راه محصول / تکنولوژی (EIRMA, ۱۹۹۷)

با شناسایی محصولات و فرآیندهای کاندیدا برای توسعه که از طریق نقشه‌راه محصول اتفاق می‌افتد و همچنین با شناسایی تکنولوژی‌های در دسترس بنگاه، نوبت به طرح‌ریزی تکنولوژی‌های شناسایی شده در دل محصولات و فرآیندهای می‌رسد. طرح‌ریزی گروههای تکنولوژی در دل محصولات و فرآیندها از طریق معماری محصول انجام می‌پذیرد. نحوه پیکربندی و طراحی محصول، فرآیند و سایر مولفه‌های آنها ریشه در نوع معماری

^۱ Roadmap of Roadmaps

در برخی منابع از عبارت Meta Roadmap نیز استفاده شده است.

^۲ Technology Data Base

^۳ European Industrial Research Management Association; EIRMA



یک محصول داشته و بستری برای جاسازی گروههای تکنولوژی در تکه‌ها و قطعات فیزیکی محصول و فرآیند می‌باشد که جهت انجام وظائف کارکردی آنها طراحی شده‌اند، می‌باشد. در ادامه به بررسی رابطه بین معماری محصول و تکنولوژی در حین طرحریزی تکنولوژی می‌پردازیم.

۴-۱۴-۴ نقش معماری محصول در طرحریزی گروههای تکنولوژی

یکی دیگر از عوامل و معیارهای اصلی طرحریزی گروههای تکنولوژی، که دارای تاثیر بسزایی در جاسازی، طراحی و ساخت پذیر بودن گروههای تکنولوژی به هم پیوسته در تکه‌های محصولات دارد، نوع معماری محصول اصلی و به تبع آن معماری سیستم‌های و اجزاء محصول در سطح زنجیره-تأمین می‌باشد. نوع سبک معماری محصول دارای نقش حیاتی در ایجاد همسویی و هماهنگی زنجیره‌تأمین و همچنین تعامل بین گروههای تکنولوژی محصولی و فرآیندی دارد (Salvador & Forza, ۲۰۰۲; Muffatto & Roveda, ۲۰۰۰). الریچ و اپینگر معماری محصول را تخصیص المان‌های کارکردی یک محصول به اجزای فیزیکی آن تعریف می‌کنند. این محققین هدف معماری محصول را تعیین اجزای فیزیکی محصول بر اساس کارکردهای آن‌ها و نحوه ارتباط این اجزا با یکدیگر می‌دانند. المان‌های کارکردی محصول، وظایف منفردی هستند که در همکاری با هم، عملکرد نهایی محصول را شکل می‌دهند. در توسعه محصول جدید، المان‌های کارکردی قبل از اینکه به تکنولوژی‌های خاص و اجزاء فیزیکی محصول تخصیص یابند، ابتدا به صورت نموداری تعریف می‌شوند. در مقابل، المان‌های فیزیکی محصول اجزاء و قسمت‌هایی هستند که کارکردهای محصول را اجرا می‌کنند (Ulrich & Eppinger, ۲۰۱۲).

یکی از تصمیمات مهم در زمینه معماری محصول، تصمیم‌گیری در مورد ماژولار^۱ و یا یکپارچه‌بودن^۲ محصول است. قبل از پرداختن به دو مفهوم ماژولاریتی و یکپارچگی، لازم است تا قسمت‌های فیزیکی اصلی^۳ یا به اختصار قسمت‌های اصلی تعریف شود. المان‌های کارکردی محصول معمولاً در چند قسمت اصلی قرار می‌گیرند. این قسمت‌ها را که شامل چندین المان فیزیکی کوچکتر هستند، قسمت فیزیکی اصلی می‌گویند. هر قسمت اصلی از مجموعه‌ای از اجزای ساخته شده که کارکردهای محصول را اجرا می‌کنند. در حالت ماژولار هر قسمت اصلی تنها یک کارکرد را محقق می‌کند، در چنین حالتی می‌توان طراحی یک قسمت را بدون تغییر در طراحی سایر قسمت‌ها تغییر داد. علاوه بر این قسمت‌های اصلی ممکن است به صورت کاملاً مستقل طراحی شوند. یکپارچگی کاملاً بالعکس حالت ماژولار است. در معماری محصول یکپارچه یک قسمت اصلی، تعداد زیادی المان کارکردی را اجرا می‌کند. در این حالت کوچکترین اصلاح در محصول نیازمند انجام طراحی‌های اساسی می‌باشد. توجه به این نکته مهم است که ماژولار بودن و یکپارچگی، ویژگی‌های نسبی هستند و محصولی صددرصد ماژولار و یا صددرصد یکپارچه به سختی یافت می‌شود. نهایتاً تصمیم‌گیری در مورد ماژولاریتی و یکپارچگی با مسائلی از جمله تغییر در محصولات، تنوع محصولات، عملکرد محصول، ساخت‌پذیری و مدیریت توسعه محصول مرتبط است (Ulrich & Eppinger, ۲۰۱۲; Whitney, ۲۰۰۴).

از طرف دیگر معماری تعریف شده برای محصول می‌تواند بر توانایی شرکت برای مقابله با برخی ریسک‌ها تاثیر بگذارد. پائین بودن میزان ساخت-پذیری گروههای تکنولوژی به هم پیوسته از جمله مهم‌ترین ریسک‌های شکست پروژه‌های توسعه محصول جدید می‌باشد. ساخت‌ناپذیر بودن محصولات و تکنولوژی‌های طراحی شده، با افزایش مدت زمان تکوین قطعات، از جمله اصلی‌ترین علل طولانی بودن پروژه‌های توسعه محصول در بنگاههای خودروسازی ایران می‌باشد. نوع معماری ساخت‌پذیر و منعطف، توانایی بنگاه را در طراحی محصول متنوع، و ایجاد سریع ورژن‌های جدید برای بازارهای جدید بالا می‌برد. حال برای رسیدن به هدف فوق نیاز به یک برنامه کلی است. یک نمونه معمول این برنامه، استراتژی پلت‌فرم^۴ است. در استراتژی پلت-فرم، یک طراحی پایه از محصول و روش‌های تولید آن با یک معماری محصول ترکیب شده و این امکان را می‌دهد تا ورژن‌های جدید بر روی پلت‌فرم موجود، خیلی آسان‌تر از آن که محصول از ابتدا طراحی گردد، توسعه داده شوند. حال این استراتژی، بنگاه را در حین طرحریزی و توسعه گروههای تکنولوژی به انتخاب برخی از تکنولوژی‌های محصول و فرآیند مجبور می‌نماید. بهره‌برداری از این تکنولوژی‌ها نیاز به یک نگاه بلندمدت به چگونگی دستیابی به آن‌ها را دارد. بر اساس پلت‌فرم، می‌توان محصولات بنگاه را به چند خانواده تقسیم کرد، به صورتی که محصولات یک خانواده دارای پلت‌فرم یکسان باشند. اجزای فیزیکی محصولات یک خانواده بر اساس پلت‌فرم آن‌ها قابل تقسیم به دو دسته کلی؛ اجزاء ثابت (پلت‌فرم) و اجزای متغیر می‌باشند (Whitney, ۲۰۰۴).

الریچ و اپینگر، قدم‌هایی را برای تدوین معماری محصول ذکر کرده‌اند. براساس روش ارائه شده این محققین، ابتدا باید کارکردهای محصول و یا المان‌های کارکردی مشخص شوند. سپس این المان‌ها دسته‌بندی گردند. هر دسته از المان‌های کارکردی در یک قسمت فیزیکی اصلی قرار می‌گیرند. تصمیم‌گیری در مورد دسته‌بندی المان‌های کارکردی، اولین تصمیمی است که در رابطه با ماژولاریتی و یکپارچگی محصول اتخاذ می‌شود و بستگی به سیاست‌های برونسپاری بنگاه، تنوع محصولات و ... دارد. اگر همه المان‌های کارکردی به یک قسمت فیزیکی اصلی اختصاص یابد، معماری کاملاً

^۱ Modular

^۲ Integral

^۳ Chunks

^۴ Platform Strategy



یکپارچه و اگر برای هر المان کارکردی یک قسمت فیزیکی اصلی در نظر گرفته شود، یک معماری صددرصد ماژولار به وجود می‌آید. پس از اینکه المان‌های مذکور دسته‌بندی شده و تعداد قسمت‌های فیزیکی اصلی مشخص گردیدند، یک لی‌اوت تقریبی از نحوه قرار گرفتن این قسمت‌ها رسم خواهد شد. در این مرحله هنوز اجزای داخل هر قسمت فیزیکی اصلی مشخص نیست و می‌توان نتیجه گرفت تکنولوژی‌های محصول نیز کاملاً تعریف نشده‌اند. علاوه بر این، نحوه ارتباطات قسمت‌های اصلی نیز تعیین نشده است. پس از این مرحله باید معماری درون هر قسمت فیزیکی اصلی مشخص شود و ارتباطات نیز روشن گردند. لذا تکنولوژی‌های محصول، ورودی این گام خواهند بود. به عبارت دیگر بر اساس تکنولوژی‌های محصول به همراه سایر اجزاء و قطعات و نحوه ارتباط قسمت‌های فیزیکی اصلی، معماری هر قسمت اصلی مشخص شده و نهایتاً معماری کل محصول شکل می‌گیرد.

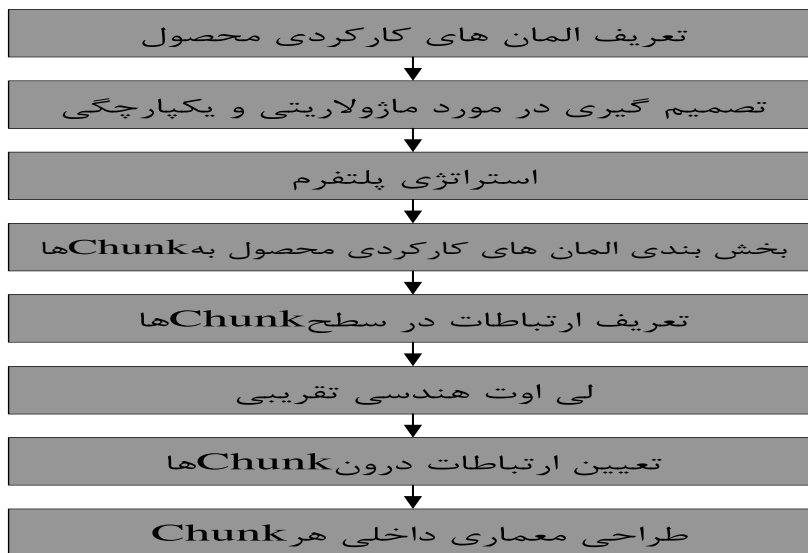
در حین طرح‌ریزی گروه‌های تکنولوژی، بحث ماژولاریتی و یکپارچگی مطرح است (Salvador & Forza, ۲۰۰۲). قبلاً بیان شد دسته‌بندی المان‌های کارکردی و تخصیص آن‌ها به قسمت‌های فیزیکی اصلی، اولین تصمیم‌گیری در مورد انتخاب سبک معماری محصول است. حال تکنولوژی‌های لازم به عنوان اجزاء فیزیکی، باید با سطح ماژولاریتی در سبک معماری تعریف شده برای محصول هماهنگ باشند.

با توجه به توضیحات فوق در مورد تاثیر معماری محصول بر شناسایی گروه تکنولوژی‌های محصول، باید در حین شناسایی و تعریف این تکنولوژی‌ها موارد زیر را در نظر گرفت:

- گروه‌های تکنولوژی شناسایی شده با سطح ماژولاریتی محصول، چه در سطح چانک‌ها و چه در داخل هر چانک، هماهنگ باشند.
- گروه‌های تکنولوژی، قابل بکارگیری در محصول با توجه به لی‌اوت تقریبی چانک‌ها باشند.
- با توجه به روابط عمده تعریف شده بین اجزاء، تکنولوژی محصول مورد نظر قابل بکارگیری در محصول باشد.
- به روابط غیرعمده گروه‌های تکنولوژی محصول توجه شود و تکنولوژی‌هایی شناسایی شوند که روابط غیرعمده قابل قبولی را ایجاد می‌کنند.

- گروه‌های تکنولوژی محصول قابل تعبیه در محصول با توجه به پلت‌فرم در نظر گرفته شده باشد. اینکه تکنولوژی جزء اجزا ثابت پلت‌فرم است یا اجزای متغیر آن، اهمیت دارد.

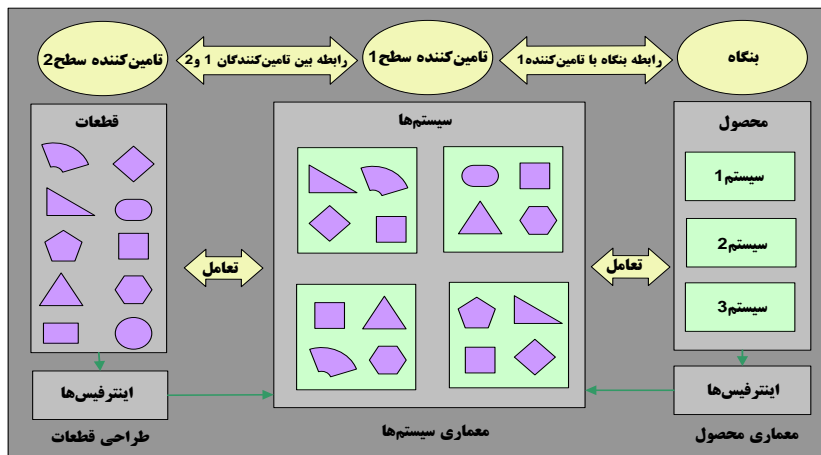
در شکل ۱۳ فرآیند معماری محصول ارائه شده است.



شکل (۱۳): فرآیند معماری محصول

۴-۱۴-۵ طراحی زنجیره‌تأمین برای گروه‌های تکنولوژی

با محوریت محصول نهایی بنگاه مادر یکپارچه‌کننده تمامی تکنولوژی‌های شبکه زنجیره‌تأمین، و براساس سلسله مراتب پیکره‌بندی محصولات و فرآیندها، با گروه‌های مختلف و متعدد تکنولوژی در سطح زنجیره‌تأمین بنگاه مواجه هستیم. در واقع تکنولوژی‌های بنگاه و زنجیره‌تأمین، با توجه به سلسله مراتب موصوف اقدام به طرح‌ریزی گروه‌های تکنولوژی در حوزه محصول، سیستم‌ها و اجزاء در سطح زنجیره‌تأمین پرداخته و براساس گروه‌های تکنولوژی موجود اقدام به طراحی زنجیره‌تأمین می‌نمایند (Graves & Willems, ۲۰۰۳). شکل ۱۴ نحوه طراحی زنجیره‌تأمین محصولات یک بنگاه مادر را بر اساس سلسله مراتب موصوف نشان می‌دهد.



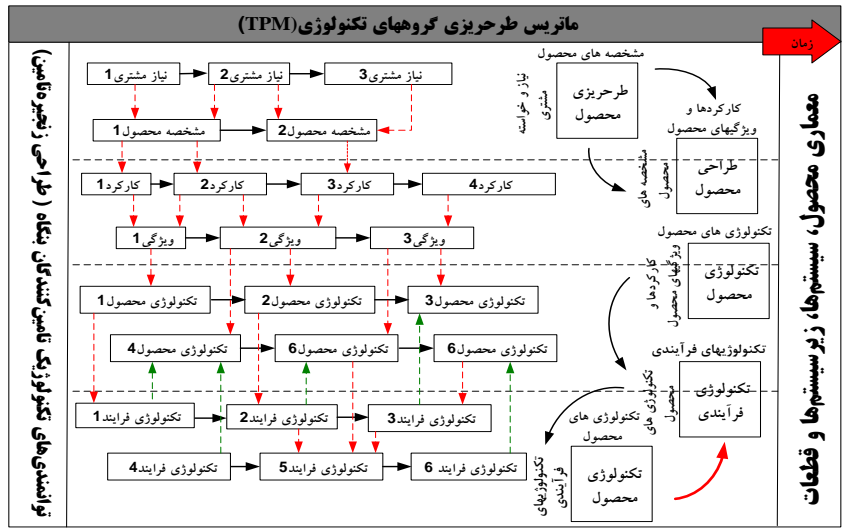
شکل (۱۴): سلسله مراتب گروههای تکنولوژی در زنجیره تامین

شکل ۱۴ نشان می‌دهد که در حین شناسایی گروههای تکنولوژی برای طرحریزی تکنولوژیهای محصول و فرآیند در سطح زنجیره تامین براساس محصول، سیستمها و اجزاء آن، با سلسله مراتبی از تکنولوژیهای مختلف محصول و فرآیند مواجه هستیم که می‌باید مورد توجه طرحریزان و طراحان تکنولوژی در بنگاه قرار گیرند. همچنین توجه به توانمندیهای تکنولوژیک این زنجیره از موارد مهمی است که می‌باید در حین طرحریزی گروههای تکنولوژی مورد توجه قرار گیرد. در ادامه ضمن ترکیب سه ابزار فوق الذکر، به توسعه ابزاری یکپارچه و استراتژیک جهت طرحریزی گروههای تکنولوژی می‌پردازیم.

۴-۱۵ ماتریس طرحریزی گروههای تکنولوژی

در این قسمت با ترکیب و یکپارچه نمودن ابزارهای؛ گسترش کارکرد تکنولوژی (TFD)، نقشه راه محصول و نقشه راه تکنولوژی در بستر روش توسعه محصول جدید (NPD)، و همچنین توجه به دو استراتژی معماری محصول و طراحی زنجیره تامین بنگاه، ابزار جدیدی را برای طرحریزی یکپارچه و استراتژیک گروههای تکنولوژی ساخت پذیر توسعه داده ایم. این ابزار جدید را ماتریس طرحریزی تکنولوژی^۱ (TPM) نامگذاری نموده ایم. این ابزار در شکل ۱۵ ارائه گردیده است. از این ابزار برای طرحریزی و گسترش گروههای تکنولوژی برای طراحی واحدهای تکنولوژی محصول استراتژیک (SPTU's) و سایر واحدهای فرآیندی مربوطه در عقبه زنجیره تامین استفاده خواهد شد.

^۱ Technology Planning Matrix; TPM



شکل (۱۵): ماتریس طرحریزی گروههای تکنولوژی (TPM)

۴-۱۶ مکانیزم ماتریس طرحریزی تکنولوژی

پس از آنکه محصول منتخب برای توسعه از نقشه راه محصول که براساس استراتژی محصول بنگاه تدوین شده است، استخراج گردید، اقدام به طرحریزی محصول و طرحریزی فرآیندهای ساخت و تولید آن جهت انجام مراحل؛ معماری محصول، طراحی فرآیندهای ساخت و طراحی زنجیره تامین می گردد. معماری محصول و طراحی فرآیندهای ساخت براساس استراتژی عملیات ساخت و تولید، نحوه معماری و طراحی زنجیره تامین براساس استراتژی تامین تدوین می گردد، همچنین منبع و مرجع انتخاب تکنولوژی جهت طرحریزی در قالب محصول و فرآیند نیز نقشه راه تکنولوژی بنگاه که براساس استراتژی تکنولوژی بنگاه ترسیم شده است، می باشد. شناسایی، طرحریزی و بکارگیری گروههای متعدد تکنولوژی در سیستمهای محصول و فرآیندهای ساخت، از مراحل اصلی فرآیند طرحریزی محصول و فرآیند می باشد. پس از اتمام مرحله طرحریزی محصول و تکنولوژی است که معماری محصول آغاز می شود. در این مرحله براساس استراتژی پلنفرم و خانواده محصولات و استراتژی برونسپاری، سبک معماری محصول شکل می گیرد، بطوریکه اگر بنگاه بدنبال ایجاد تنوع در محصولات خویش با تکیه بر توانمندیهای تامین کنندگان باشد، سبک معماری ماژولار را بر سبک معماری یکپارچه ترجیح خواهد داد. براساس نوع معماری محصول است که اقدام به طراحی واحدهای تکنولوژی محصول و فرآیند استراتژیک و طراحی زنجیره-تأمین خواهد شد، تا با تکیه بر آن تکنولوژیهای طراحی شده قابلیت ساخت پذیری در سطح شبکه را داشته باشند. بدیهی است که یکی از دلایل اصلی طرحریزی یکپارچه و همچنین طراحی ماژولار واحدهای تکنولوژی، بالا بردن میزان ساخت پذیری آنها می باشد.

براساس مکانیزم ماتریس طرحریزی تکنولوژی (TPM)، گروههای تکنولوژی محصول، فرآیند و زنجیره تامین بصورت یکپارچه و استراتژیک در بستر معماری محصول در حال توسعه، جهت شکل دهی و طراحی واحدهای تکنولوژی محصول استراتژیک (SPTU's) و سایر واحدهای فرآیندی طرحریزی و در طی فرآیندهای طراحی و تکوین، در قالب محصولات و فرآیندهای ساخت مجسم می گردند.

۵- بحث و نتیجه گیری

در حین توسعه محصول جدید، بنگاهها اقدام به طرحریزی تکنولوژی می نمایند. در طی این فرآیند می باشد که تکنولوژیهای مدرن در قالب سیستمهای متعدد محصول و فرآیند طراحی و تکوین می گردند. به جهت تنوع تکنولوژیها و به جهت گستره زنجیره تامین بنگاهها که این تکنولوژیها در آنها توسعه می یابند، امروزه شناسایی و طرحریزی تکنولوژیهای مختلف برای بنگاهها دشوار شده است. پیچیدگی موضوع زمانی بیشتر آشکار می گردد که بدانیم در حین توسعه یک تکنولوژی برای محصولات و یا فرآیندهای یک بنگاه، برخی از این تکنولوژیها که در نقاط مختلف این شبکه وسیع توسعه می یابند، در ارتباط با هم بوده و می باید بصورت گروهی طرحریزی گردند. ما در این تحقیق از آنها تحت عنوان گروههای تکنولوژی نام بردیم. ابزارهای موجود اکثراً به طرحریزی تکنولوژیهای واحد و از منظر یک سازمان می پردازند. در رویکرد جدید، علاوه بر اینکه برای توسعه یک محصول با مجموعه ای از گروههای متنوعی از تکنولوژیهای محصول و فرآیندی مواجه هستیم، علاوه بر بنگاه بازیگران دیگری نیز در امر توسعه ایفای نقش می نمایند. کسب و کارهای مختلف داخلی بنگاه، تامین کنندگان، توسعه دهندگان تکنولوژی و سرمایه گذاران از جمله بازیگران عمده این عرصه می باشند. جهت یکپارچه سازی بین تصمیمات مختلف این بازیگران در پروژه های توسعه و ساخت محصولات جدید، نیاز به ابزار جدید وجود داشت که تاکنون ارائه نشده بود. برخی از ابزارهای موجود، فارغ از توجه تصمیمات مهندسی در طراحی سیستمهای محصول و فرآیند، فقط از منظر مدیریت تکنولوژی به



موضوع نگریسته‌اند. در صورتیکه موضوع طرحریزی تکنولوژی، یک موضوع کاملاً مهندسی بوده و با مدیریت طراحی و ساخت سیستم‌های پیچیده سر و کار دارد که مدیریت تکنولوژی هم جزئی از آن می‌باشد.

در این تحقیق با لحاظ نمودن تصمیمات حوزه‌های مختلف درگیر در توسعه تکنولوژی اقدام به توسعه ابزاری نموده‌ایم که براساس آن بنگاه‌های مادر دارای زنجیره‌های تامین وسیع، بصورت یکپارچه و استراتژیک بتوانند اقدام به شناسایی، انتخاب و طرحریزی گروه‌های متعدد تکنولوژی برای طرحریزی و طراحی محصولات و فرآیندهای ساخت و تولید خویش نمایند. بررسی اعتبار ابزار موصوف پس از طراحی به دو صورت انجام پذیرفت. ابتدا ماتریس طراحی‌شده در یک جلسه گروه کانونی متشکل از خبرگان صنعت خودروسازی ایران ارائه شده و مورد تصدیق قرار گرفت. سپس ابزار طراحی و تصدیق‌شده در گروه خودروسازی سایپا پیاده‌سازی گردیده و برای طرحریزی گروه‌های تکنولوژی‌های سیستم کیسه‌هوای خودروهای ایکس صد (X100) آن بنگاه بکار گرفته شده و صحت‌گذاری گردید.

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می‌دانیم که از همکاری صمیمانه و بی‌شائبه مدیران، مهندسين و کارشناسان محترم مرکز مطالعات استراتژیک، مرکز تحقیقات و نوآوری خودرو، معاونت مهندسی، شرکت ساپکو، شرکت سازه‌گستر و شرکت مگاموتور، عضو گروه‌های صنعتی خودروسازی سایپا و ایران‌خودرو، نهایت تشکر و قدردانی را بعمل آوریم. آنان نقش بسیار ارزنده‌ای را در به ثمر رسیدن این تحقیق ایفاء نموده‌اند.

منابع و مراجع

- [۱] بازرگان، عباس. (۱۳۸۹). مقدمه‌ای بر روش‌های تحقیق کیفی و آمیخته، چاپ دوم، تهران: نشر دیدار.
- [۲] علی‌احمدی، علیرضا، غفاریان، وفا. (۱۳۸۲). اصول شناخت و روش تحقیق، فصلنامه علمی- پژوهشی علوم انسانی دانشگاه الزهرا (س)، سال سیزدهم، شماره ۴۶ و ۴۷.
- [۳] رضایی و همکاران. (۱۳۸۰). QFD رویکردی مشتری‌مدار به طرحریزی و بهبود کیفیت محصول، تهران: نشر آنتا.
- [۴] هومن، حیدرعلی. (۱۳۸۸). راهنمای عملی تدوین پایان‌نامه‌های تحصیلی، تهران: انتشارات پیک فرهنگ.
- [۵] Akao, Y. (۱۹۹۴). Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirement into Product Design, Productivity Press.
- [۶] Albright, R., Kappel, T. (۲۰۰۳). Roadmapping in the corporation, Research Technology Management, Vol. ۴۲,
- [۷] Arasti, M.R., Karamipour, A. (۲۰۰۳). Identification of a firm's strategic technologies: A process-based approach, Iramot.
- [۸] Bettis, R.A., Hitt, M.A., (۱۹۹۵), The new competitive landscape, Strategic Management Journal, Vol. ۱۶, PP. ۷-۱۹.
- [۹] Blomquist, A., Gustafsson, R., (۲۰۱۳). Product service systems and modular development, Thesis for the degree of Master of Science in industrial management and mechanical engineering, Karlskrona, Sweden.
- [۱۰] Bitner, M.J., Brown, S.W., Meuter, M.L., (۲۰۰۰). Technology infusion in service encounters, Journal of the Academy of Marketing Science, Vol. ۲۸, PP. ۱۳۸-۱۴۹.
- [۱۱] Boothroyd, G., Dewhurst, P., Knight, W., (۲۰۰۲). Product design for manufacturing and assembly, Marcel Dekker, New York.
- [۱۲] Burt, D.N., Dobler, D., Starling, S.L., (۲۰۰۳). World class supply management, McGraw Hill, Neww York.
- [۱۳] Caputo, M., Zirpoli, F. (۲۰۰۲). Supplier involvement in automotive component design: outsourcing strategies and supply chain management, International Journal of Technology Management, ۲۳ (۱-۳), ۱۲۹-۱۵۴.
- [۱۴] Caridi, M., Pero, M., Sianesi, A., (۲۰۰۹). The impact of NPD projects on supply chain complexity, Supply Chain Management Review, Vol ۲, PP. ۳۸۰-۳۹۷.
- [۱۵] Cousins, Paul D., Benn Lawson, Kenneth J., Petersen, Robert B., Handfield, (۲۰۱۱). "Breackthrough Scanning, Supplier Knowlwdge Exchange, and New Product Development Performance", Journal of Product Innovation Management.
- [۱۶] Creswell, J.W. (۲۰۰۹). Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approach, ۳rd, Thousand Oak, CA: Sage.



- [۱۷] Drejer, A., (۲۰۰۲). Frameworks for the management of technology: towards a contingent approach, *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. ۸, PP. ۹-۲۰.
- [۱۸] Du, X., Xiao, J., Tseng, M.M., (۲۰۰۱). Architecture of product family: fundamentals a methodology, *Concurrent Engineering: Research and Application*, Vol. ۹, PP. ۱۰۳-۱۱۹.
- [۱۹] Echtelt, E.A., Wynstra, F., Weele, J., Duysters, G., (۲۰۰۸). Managing supplier involvement in new product development: A multiple-case study, *Journal of Product Innovation Management*, Vol. ۲۵, PP. ۱۸۰-۲۰۱.
- [۲۰] EIRMA. (۱۹۹۷). *Technology roadmapping: delivering business vision*, European Industrial Research Association, Paris.
- [۲۱] Fixson, S., (۲۰۰۵). Product architecture assessment: a tool to link product, process and supply chain decision," *Journal of Operation Management*, Vol. ۲۳, PP. ۳۴۵-۳۶۹.
- [۲۲] Fisher, R., Ulrich, (۱۹۹۹). Component sharing in the management of product variety: a study of automotive braking system, *Management Science*, Vol. ۴۵, PP. ۲۹۷-۳۱۵.
- [۲۳] Froehle, C.M., Roth, A.V., (۲۰۰۴). New measurement scale for evaluating perceptions of the technology-mediated customer service experience, *Journal of Operation Management*, Vol. ۲۲, PP. ۱-۲۱.
- [۲۴] Graves, S.C., Willems, S.P., (۲۰۰۳). *Supply Chain Design*, Handbook in OR & MS, Elsevier.
- [۲۵] Haddad, C.J., (۱۹۹۶). Operationalizing the concept of cocurrent engineering: a case study from the US auto industry, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. ۴۳, PP. ۱۲۴-۱۳۲.
- [۲۶] Handfield, Robert B., Lawson, Benn. (۲۰۰۷). *Integrating suppliers into new product development*, Research Technology Management.
- [۲۷] Hax, A.C., Majluf, N.C. (۱۹۹۶). *Strategy Concept and Process: A Pragmatic Approach*, ۳rd, Prentice Hall.
- [۲۸] Hauser, J., Clausing, D., (۱۹۸۸). The house of Quality, *Harvard Business Review*.
- [۲۹] Koufteros, X., Vonderembse, M.A., Doll, W., (۲۰۰۱). Concurrent engineering and consequences, *Journal of Operations Management*, Vol. ۱۹, PP. ۹۷-۱۱۵.
- [۳۰] Krishnan, V., Ulrich, K. (۲۰۰۱). Product development decisions: a review of the literature, *Management Science*, Issue Vol. ۴۷, PP. ۵۲-۶۸.
- [۳۱] Kumar, K. (۲۰۰۱). Technologies for supporting supply chain management, *Communications of the ACM*, Vol. ۴۴, No. ۶, PP. ۵۸-۶۱.
- [۳۲] Maropoulos, P.G., Bramal, D.G. Mckay, K.R. (۲۰۰۳). Assessing the manufacturability of early product designs using aggregate process models, *engineering manufacture*, Vol ۲۱۷.
- [۳۳] Pero, M., Nizar, A., Andrea, S., Blecker and Thorsten, (۲۰۱۰). A framework for the alignment of new product development and supply chains, *Supply Chain Management*, Vol. ۱۵.
- [۳۴] McIvor, R., Humphreys, P., Cadden, T. (۲۰۰۶). Supplier involvement in product development, *Journal of Engineering and Management*, Vol. ۲۳, PP. ۳۷۴-۳۹۷.
- [۳۵] Muffatto, M., Roveda, M., (۲۰۰۰). Developing product platform: analysis of the developing process, *Journal of Technovation*, Vol. ۲۰, PP. ۶۱۷-۶۳۰.
- [۳۶] Narasimhan, R., Das, A., (۲۰۰۱). The impact of purchasing integration and practices on manufacturing performance, *Journal of Operations Management*, Vol. ۱۹, PP. ۵۹۳-۶۰۹.
- [۳۷] Narasimhan, Ram, Soo, Wook Kim, Keah Choon. (۲۰۰۶). an empirical investigation of supply chain strategy typologies and relationships to performance, *International Journal of Production Research*, PP. ۱-۲۹.
- [۳۸] Petersen, Kenneth J., Handfield, Robert B. Ragatz, Gary L. (۲۰۰۳). A model of supplier integration into new product development, *Journal of Product Innovation Management*, Vol ۲۰, Issue ۴, PP. ۲۸۴-۲۹۹.



- [۳۹] Petersen, Kenneth J., Ragatz, Gary L. & Robert M., Monczka, (۲۰۰۵). An examination of collaborative planning effectiveness and supply chain performance”, *Journal of Supply Chain Management*, Vol ۴۱, Issue ۲, PP. ۱۴-۲۵.
- [۴۰] Phaal, R., Farrukh, C., Probert, D. (۲۰۰۱). Characterization of technology roadmaps: purpose and format, *Management of Engineering and Technology*, Vol. ۲, PP. ۳۶۷-۳۷۴.
- [۴۱] Prime, M., Amundson, S., (۲۰۰۲). An exploratory study of the effects of supplier relationships on new product development outcomes, *Journal of Operations Management*, Vol. ۲۰, P. ۳۹.
- [۴۲] Ragatz, G.L., Handfield, R.B., Petersen, K.J., (۲۰۰۲). Benefits associated with supplier integration into new product development under conditions of technology uncertainty, *Journal of Business Research*, Vol. ۵۵, PP. ۳۸۹-۴۰۰.
- [۴۳] Revelle, J., Moran, J., Cox, C., (۱۹۸۸). *The QFD Handbook*, John Wiley and Sons.
- [۴۴] Roemer, T.A., Ahmadi, R., Wang, R.H., (۲۰۰۰). Time-cost trade-offs in overlapped product development, *Operation Research*, Vol. ۴۸, PP. ۸۵۸-۸۶۵.
- [۴۵] Rungtusanatham, M. & C. Forza, (۲۰۰۵), Coordinating product design, process design, and supply chain design decisions, *Journal of Operations Management*, Vol. ۲۳, PP. ۲۵۷-۲۶۵.
- [۴۶] Rusinko, C.A., (۱۹۹۹). Exploring the use of design-manufacturing integration (DMI) to facilitate product development: a test of some practices. *IEEE Transaction on Engineering Management*, Vol. ۴۶, PP. ۵۶-۷۱.
- [۴۷] Salvador, F. and Forza, C., (۲۰۰۲). Modularity, product variety, production volume, and component sourcing, *Journal of Operation Management*, Vol. ۲۰, PP. ۵۴۹-۵۷۵.
- [۴۸] Scott, Swan K. Allred, Brent B. (۲۰۰۳). A product and process model of the technology sourcing decision, *J., Prod., Innov., Manage.*, Vol ۲۰, PP. ۴۸۵-۴۹۶.
- [۴۹] Sianesi, Andrea, Pero, Margherita, (۲۰۰۹). Aligning supply chain management and new product development, *Sixth International Congress of Logistics Research*.
- [۵۰] Stock, Gregory N. & Mohan V. Tatikonda, (۲۰۰۴). External technology integration in product and process development, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol ۲۴, PP. ۶۴۲-۶۶۵.
- [۵۱] Stump, R., Athaide, G., Joshi, A., (۲۰۰۲). Managing buyer-seller new product development relationships for customized products: a contingency model based on transaction cost analysis and empirical test, *The Journal of Product Innovation Management*, Vol. ۱۹, P. ۴۳۹.
- [۵۲] Tatikonda, Mohan V., Gregory, Stock N. (۲۰۰۳). Product technology transfer in the upstream supply chain, *The Journal of Product Innovation Management*, Vol. ۲۰, PP. ۴۴۴-۴۶۷.
- [۵۳] Tatikonda, Mohan V. & Mitzi M., Montoya-Weiss, (۲۰۰۱). Integrating operations and marketing perspectives of product innovation, *Management Science*, Vol. ۴۷, PP. ۱۵۱- ۱۷۲.
- [۵۴] Terwiesch, C., Lochm C.H., De Meyer, A., (۲۰۰۲). Exchanging preliminary information in concurrent engineering: alternative coordination strategies, *Organization Science*, Vol. ۱۳, PP. ۴-۱۹.
- [۵۵] Tornatzky, L.G., Fleischer, M. (۱۹۹۰). *The process of echnological innovation*, Lexington, MA: Lexington books.
- [۵۶] Ulrich, K.T., Eppinger, S.D., (۲۰۱۲). *Product Design and Development*, ۵^{ed.}, Mc Graw-Hill.
- [۵۷] van Echtelt, F.F., van Vynstra, F., van Weele, A.J. (۲۰۰۷). Strategic and operational management of supplier involvement in new product development: a contingency perspective, *IEEE Transaction on Engineering Management*, Vol. ۵۴, PP. ۴۴۴-۴۶۱.
- [۵۸] Wheelwright, S.C., Clark, K.B., (۱۹۹۲). *Creating plans to focus product development*, *Harvard Business Review*, PP. ۷۰-۸۲.
- [۵۹] Whitney, D.E., (۲۰۰۴). *Mechanical Assemblies: Their Design, Manufacture, and Role in Product Development*, Oxford University Press.



[۶۰] Wynstra, J.Y.F. and E. Ten Pierick (۲۰۰۰). Managing supplier involvement in product development: a portfolio approach, *European Journal of Purchasing and Supply Management*, Vol. ۶, PP. ۴۹-۵۷.

[۶۱] Yassine, Ali & Dan Braha, (۲۰۰۳). Concurrent engineering: research and application, Center for Technology, Policy and Industrial Development, Vol. ۱۱, PP. ۱۶۵-۱۷۶.