پژوهش‌های مدیریت عمومی
سال یازدهم ، شماره چهلم ، تابستان ۱۳۹۷
صفحه ۱۶۲-۱۳۷

تاریخ دریافت : ۱۳۹۷/۰۳/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۸

# Macro Policy for Product Architecture in Automotive Industry a Means for Integrated Design[1]

***Ahmad karimpour kalow[1], Mohammadreza Arasti[2], Mohammadreza Akbari Jokar[3]**

1-Ph.D. of Industrial Engineering, SAIPA Automotive Industry Group, Tehran, Iran. Email: karimpour.ahmad@gmail.com (Corresponding Author)
2-Associate Professor, Faculty of Economic and Management, Sharif University and Technology, Tehran, Iran.
3-Professor, Faculty of Industrial Engineering, Sharif University and Technology, Tehran, Iran.

**Received: 05/06/2018; Accepted:09/09/2018**

**Abstract**

Automotive industry of the Iran and two major automaker, SAIPA and IRAN-KHODRO groups, have been always the central attention of the State and the Parliament. Also technology management in the massive scale was so effective and it is one of the important subjects of product architecture. During the formation of the product architecture structure, decisions for manufacturing processes and supply chain architectures will be made simultaneously. In this paper, case study research methodology is used to develop a model for the decision integration of a car manufacturing corporate for developing product and process technologies in the range of its suppliers. Preliminary data are collected from sites that involve in Iran car manufacturing corporates and wide range of interviews with managers and experts in product development strategies and suppliers. Secondary data is collected from literature review and available documents in mentioned business unit. Results show that there is a strong relation between product architecture and product and process technology policy in supply network.

**Introduction**

Product architecture has a key role in maximizing technology absorption and transfer and it also improves the level of Manufacturability of product technology unites in supply chain network. Manufacturability of a product and

1-This article is stemmed from a doctoral thesis.

its technologies in new product developing projects are due to the way of products function allocation to physical parts and also the type of industrial design. Product architecture in the literature of product development is allocation of defined tasks and functions of a product to physical components. Product architecture is a general description of product characteristics classifications covering product systems, number and type of components, number and type of common areas between these components and also the presenter of fundamental structure of a product. In this article, product technology is defined as an engineering diagram or a made physical sample of a yytt mm wii hh rrrr ssttt vrr isss ccicccss' aaage in a rr ttttt ftttt i... Process technologies are also consist of technologies which are used in a firm's yytt mma add mccii sss ddd daalizdd tiii r fccc tions. Also technologies of supply chain network define supplier potency in design and manufacture of different product and process systems. The result of product architecture is design and manufacture of systems and parts along whit embedded technologies which are offered in a format of a single product. Product architecture is created by industrial design in the format of a product.

**Case study**

Preliminary data are collected from sites that involve in Iran car manufacturing corporates and wide range of interviews with managers and experts in product and Technology development strategies and suppliers. Secondary data is collected from literature review and available documents in mentioned business unit.

**Materials and Methods**

In this article a qualitative approach is used in research methodology. To enhance the generalizability of the results, according to triangulation principle, this research was conducted in three stages and based on data from separate sources. While studying the history of the research and measuring experimental documentations of parent automobile firms, by means of deep and exploratory interviews with correspondents, the primary data was collected and the early version of model is designed by the method of theme analysis. The second stage of research is done after developing conceptual model in order to validate the model. The method of collecting and analyzing data in this stage had been content validity survey through correspondents. The third step of the research has been done in practice in order to subscribe the verified model.

**Discussion and Results**

Research findings indicate that today product architecture is used as a platform for designing and employing technologies in product components. Indeed designing a product is designing various technologies in order to realize its functions. In this research we define collaborative technology groups as a part of technologies which are embedded and appeared in systems, sub-systems, and different components of a product and its developing

processes, which realize their various functions. In other words, product technology unites are the main focus of designers and engineers to define collaborative technology groups which are designed and manufactured in supply chain network of a firm to realize products and processes functions. Indeed, physical components of products and processes indicate a particular technology mechanism. For this reason we refer to these technologies as collaborative technology groups which act based on their functions in relation with each other and they are complementary. The product section of these technologies realize the function and the process section of the groups realize rrr frr mccce ff firm's rr ttttt tnn yytt mns ddd llll l aaai.. Tcllll ggiss such as designing, molding, casting, and manufacturing are related to these technology units.

Manufacturability of technology units in supply chain network is an important part of designing and manufacturing a product. Measurement of a product Manufacturability is done according to supply chain network potential and actual sufficiency and capabilities in manufacturing modules and also firm potential and actual sufficiency and capability in integrating different components and modules for manufacturing a product. Different analysis levels of decisions and activities exist in different stages of technology groups designing in various products and processes. While general and massive architecture and design proceeding of all product technologies is done in the firm and by final product developing group, detailed proceeding related to systems and modules technology architecture and design in different categories of supply chain network such as manufacturers, producers, and other components of supply chain is done professionally. The importance of coordination and relation between these different stages redouble the importance of purposeful architecture and design of product and process technologies in supply chain.

**Conclusion**

Data analysis according to case study indicates that in order to design constructible technology groups for product, process and supply chain systems, designing of these systems and technologies should be integrated. Data analysis and collection indicate that product architecture has a significant role in partnership rate and technology transfer in the level of supply chain. If we depend on suppliers in a number of important technologies, in the processes of modeling, designing, and manufacturing of technologies and affording their parts, we should involve the suppliers in technology developing projects and associate them in decision making. Also during choosing the type of product architecture, we should consider the important mmttttt t ff rr ttttt ttrtt ggy, firm's ttrtt ggy in ff frr ii gg iii tt igg rrr t,, new parts, and also manufacturing, producing, and assembling equipment. Through product architecture, the product and process technologies in supply chain are connected and shaped collaborative technology groups. The

designed model in this research is recommended as a general platform for designing and producing integrated and constructible product technology unites in supply chain network of a Corporation. This article claims that it presents a new insight to integrated and constructible engineering of collaborative technology groups in supply chain network.

**Key Words:** New Product Development, Product Architecture, Platform, Product Technology Units, Integration.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

# سیاستگذاری کلان برای معماری محصول در صنعت خودروسازی
## ابزاری برای طراحی یکپارچه[۱]

**احمد کریم پور کلو * – دکتر محمدرضا آراستی** – دکتر محمدرضا اکبری جوکار*****

**چکیده**

**صنعت خودروسازی و دو خودروساز بزرگ کشور یعنی سایپا و ایران‌خودرو همیشه مورد توجه خاص دولت و مجلس بوده‌اند. در این بین مدیریت تکنولوژی در سطح کلان بسیار موثر بوده و یکی از موضوعات مهم معماری محصول است. معماری محصول دارای نقش کلیدی در جذب و انتقال حداکثری تکنولوژی‌ها و نیز میزان ساخت‌پذیری واحدهای تکنولوژی محصول در شبکه زنجیره‌تامین دارد. در این مقاله به نقش معماری محصول در طراحی و ساخت واحدهای تکنولوژی محصول در شبکه زنجیره‌تامین پرداخته شده است. نوع پیکره‌بندی محصول دارای تاثیر بسزایی در ایجاد همسویی و هماهنگی انواع تکنولوژی‌های محصول در شبکه زنجیره‌تامین دارد. در این پژوهش با استفاده از یک رویکرد کیفی، مدلی جهت یکپارچه نمودن انواع تصمیمات یک بنگاه مادر در حین طراحی واحدهای تکنولوژی محصول در شبکه زنجیره‌تامین طراحی گردیده است. داده‌های اولیه تحقیق با انجام مصاحبه‌های عمیق اکتشافی با کارشناسان بنگاه‌های خودروسازی و نیز تامین‌کنندگان آنها جمع‌آوری شده است. سپس داده‌های جمع‌آوری‌شده از طریق تم‌کاوی مورد تحلیل قرار گرفته و ضمن کشف ارتباطات بین آنها، یک مدل مفهومی طراحی شده است. اعتبار مدل طراحی‌شده با استفاده از روش بررسی روایی محتوا تصدیق و در یک تجربه صنعتی صحه‌گذاری شده است. این مقاله مدعی است که بینش جدیدی بر مهندسی یکپارچه گروه‌های تکنولوژی هموسته در شبکه زنجیره‌تامین ارائه می‌نماید.**

**واژه‌های کلیدی:** **توسعه محصول جدید، معماری محصول، پلتفرم، واحدهای تکنولوژی محصول، یکپارچه‌سازی**

---

۱-این مقاله برآمده از رساله دکتری می‌باشد.

* نویسنده مسئول- دانش آموخته دکتری مهندسی صنایع، گروه خودروسازی سایپا، تهران، ایران

** دانشیار دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

*** استاد گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

**۱-مقدمه**

معماری محصول[1] دارای نقش کلیدی در موفقیت طراحی و ساخت انواع گروه‌های تکنولوژی محصول، فرآیند و شبکه زنجیره‌تامین در حین اجرای پروژه‌های توسعه محصول جدید یک بنگاه است. معماری محصول توصیف جامعی از دسته‌بندی مشخصه‌های محصول، شامل سیستم‌های محصول، تعداد و نوع مولفه‌ها، تعداد و نوع سطوح مشترک موجود در بین این مولفه‌ها و همچنین ارائه‌کننده ساختار بنیادی یک محصول می‌باشد. در این مقاله تکنولوژی محصول، بعنوان نمودار مهندسی و یا نمونه فیزیکی ساخته شده‌ای از یک سیستم تعریف می‌گردد که کاربرد علوم متعدد را در انجام کارکردهای یک محصول به نمایش می‌گذارد. تکنولوژی‌های فرآیندی نیز شامل آن دسته از تکنولوژی‌هایی می‌باشند که در سیستم‌ها و ماشین‌آلات یک بنگاه بکار برده شده و کارکردهای آنها را محقق می‌نمایند. همچنین تکنولوژی‌های شبکه زنجیره‌تامین، توانمندی‌های تامین‌کنندگان در طراحی و ساخت سیستم‌های محصول و فرآیند تعریف می‌گردد. حاصل کار معماری محصول، طراحی و ساخت سیستم‌ها و قطعات به همراه تکنولوژی‌های جاسازی‌شده در آنها می‌باشد که در قالب یک محصول عرضه می‌گردد *(Lamothe et al., 2006; Whitney, 2004)*.

همزمان با طرح‌ریزی محصول و قبل از طراحی و ساخت، نیاز به تعداد متنوعی از تکنولوژی‌های محصولی و فرآیندی می‌باشد که در شبکه زنجیره‌تامین یک بنگاه قرار گرفته است. براساس کارکردهای محصول و فرآیندها، این تکنولوژی‌ها در قالب سیستم‌های محصول و همچنین سیستم‌های تولید طراحی و ساخته شوند. در ادبیات توسعه محصول به این امر طرح‌ریزی تکنولوژی[2] می‌گویند *(Ulrich & Eppinger, 2012)*. در شرایط جدید که تکنولوژی‌ها در رده‌های مختلف یک شبکه زنجیره‌تامین مستقر می‌باشند، در حین طرح‌ریزی، نه با یک تکنولوژی که با مجموعه‌ای از گروه‌های متنوع تکنولوژی‌های محصول به همراه گروه‌های متنوع تکنولوژی‌های فرآیندی در عقبه آنها مواجه هستیم. در این مقاله واحدهایی از محصول و فرآیندهای تولید که دربرگیرنده این تکنولوژی‌ها هستند، واحدهای تکنولوژی محصول و فرآیند[3] و نیز تکنولوژی‌های

1- Product Architecture
2-Technology Planning
3-Product & Process Technology Units: PPTUs

مرتبط با یکدیگر، گروه‌های تکنولوژی هموسته[1] تعریف شده‌اند. این تکنولوژی‌ها در حین طراحی محصول بصورت گروهی و در ارتباط با همدیگر طرح‌ریزی می‌شوند. ارزیابی ساخت‌پذیری[2] محصولات و تکنولوژی‌های بکار گرفته شده در آنها نیز موضوعی است که در سال‌های اخیر وارد ادبیات مهندسی ساخت و تولید شده است. این مهم می‌باید در حین معماری محصولات مورد توجه مهندسین تولید بنگاه‌ها قرار گیرد، تا محصولات در کوتاهترین زمان، کمترین هزینه و با کیفیت بالایی طراحی و ساخته شوند (*Maropoulos et al., 2003*).

پس از اینکه یک محصول طراحی می‌شود نوبت به ساخت آن می‌رسد. در شرایط کنونی به دلیل اینکه در حین طراحی محصول به طرح‌ریزی یکپارچه تکنولوژی پرداخته نمی‌شود، به جهت عدم جذب تکنولوژی‌های لازم و نیز عدم بهره‌برداری از تمامی قابلیت‌ها و توانمندی‌های بنگاه‌های حاضر در شبکه زنجیره‌تامین، ساخت‌پذیری محصول ضعیف بوده و با صرف هزینه‌های زیاد تولید می‌شوند. در شرایطی که امروزه طراحی و ساخت محصولات در گستره شبکه‌های زنجیره‌تامین انجام می‌شود این امر با دشواری صورت می‌پذیرد. فقر تکنولوژی حاکم بر شبکه‌های زنجیره‌تامین بنگاه‌های خودروسازی و نیز عدم تامین بموقع تکنولوژی‌های محصولی و فرآیندی لازم، موجب شده است محصولات آنها با تاخیر زیاد به بازارهای مصرف عرضه شوند. زیرا شرکت‌های حاضر در شبکه زنجیره‌تامین بنگاه‌ها بدون توجه به توانمندی‌های تکنولوژیک یکدیگر اقدام به مشارکت در توسعه محصول می‌نمایند. این امر علاوه بر کاهش کیفیت محصول و افزایش هزینه‌های طرح‌های توسعه، موجب افزایش مدت زمان ارائه محصول به بازار[3] می‌گردد. از این رو در مدیریت توسعه محصول در شبکه زنجیره‌تامین باید به این مهم توجه ویژه گردد.

مسئله این پژوهش نبود یک بستر و الگوی جامع برای یکپارچه نمودن فرآیندهای طراحی و ساخت انواع واحدهای تکنولوژی محصول در شبکه زنجیره‌تامین می‌باشد. در صورتیکه اگر ابزار تصمیم‌گیری یکپارچه‌ای برای تامین تکنولوژی‌های مرتبط با همدیگر در ارتباط با یک محصول جدید در گستره شبکه زنجیره‌تامین مهیا گردد، محصولات در

1- Homogamic Technology Groups; HTG
2- Manufacturability
3- Time to market

کمترین زمان و با بالاترین کیفیت تولید و به بازار عرضه خواهند شد. حال سئوال این است که چگونه می‌توان فرآیند طرح‌ریزی و طراحی تکنولوژی در شبکه زنجیره‌تامین را یکپارچه کرده و از انسجام مکانیکی و همسویی استراتژیک بایسته برخوردار نمود تا با برونسپاری حداکثری مولفه‌های محصول، فرآیند جذب و بکارگیری تکنولوژی در محصولات جدید تسهیل شده و آنها ساخت‌پذیرتر طراحی شوند (*Swink & Morgan, 1999*).

این تحقیق بدنبال آن است که با سیاستگذاری کلان برای معماری محصول، بستری برای طراحی یکپارچه پلتفرم محصولات و نیز تکنولوژی‌های محصولی در شبکه زنجیره‌تامین فراهم نماید. بطوریکه ضمن شناسایی و تبیین دقیق عوامل موثر بر طراحی و ساخت گروه‌های تکنولوژی، به کشف الگوهای ارتباطی بین مولفه‌های شناسایی شده پرداخته و با برقراری روابط فعال بین این المانها، مدلی یکپارچه و استراتژیک ارائه نماید، تا از طریق آن بنگاه‌های مادر بتوانند اقدام به طراحی یکپارچه واحدهای تکنولوژی محصول و فرآیند در شبکه زنجیره‌تامین نمایند.

## ۲-پیشینه پژوهش

جریان تکنولوژی‌های مورد نیاز بنگاه‌ها در بستر معماری محصول از طریق شبکه زنجیره‌تامین تکنولوژی[1] به داخل بنگاه منتقل می‌گردند (*Tatikonda & Gregory, 2003*). معماری محصول از جمله ابزاری به شمار می‌رود که با استفاده از آن، بنگاه‌ها نسبت به یکپارچه‌سازی تصمیمات و نیز استراتژی‌های خود در سه حوزه محصول، فرآیند و زنجیره‌تامین اقدام می‌کنند (*Pahl & Beits, 1988*). فیکسون یکی از اولین محققینی است که بطور جدی در حوزه معماری محصول به تحقیق پرداخته است. براساس مدل وی، تصمیمات مرتبط با هرکدام از این سه حوزه باید بطور همزمان و در ارتباط با همدیگر اتخاذ گردند (*Fixson, 2015*). فیکسون و پارک رابطه بین معماری محصول با ساختار شبکه زنجیره‌تامین را نیز بررسی نموده‌اند (*Pero et al., 2010*).

برخی از مطالعات بر ارتباط بین طراحی شبکه زنجیره‌تامین و سفارشی‌سازی انبوه محصولات تمرکز نموده‌اند. سالوادور و همکاران بر روی تاثیرات مربوط به انتخاب مشخصه‌های محصول و سفارشی‌سازی انبوه آن بر معماری محصول و پیکره‌بندی شبکه

1-Technology Supply Chain Network

زنجیره‌تامین مطالعه نموده‌اند (*Salvador & Forza, 2002*). دسته‌ای از محققین به مطالعه بر روی تأثیر معماری محصول و زنجیره‌تامین بر سفارشی‌سازی انبوه محصولات پرداخته‌اند (*Fine, 1998*). محققینی نیز بر تاثیر تصمیمات مربوط به معماری محصول بر نوع معماری سیستم‌های تولیدی اشاره نموده و سیستم‌های ساخت برای سفارش و مونتاژ برای سفارش را تاکید کرده‌اند (*Huang & Kusiak, 1998*). فاین به مطالعه نقش معماری مدولار محصول در تسهیل یکپارچگی عملیات بنگاه و کسب مزیت رقابتی پرداخته و نقش معماری را در این یکپارچگی مهم دانسته است. این تحقیقات به اجماع بر تاثیر معماری مدولار بر کاهش تاثیرات منفی عوامل فوق‌الذکر صحه‌گذاری نموده و آن را بر معماری یکپارچه ترجیح داده‌اند (*Salvador & Forza, 2002*).

به دلیل اهمیت معماری در هزینه‌های عملیاتی تامین، برخی از محققین از مفهوم طراحی برای لجستیک نام می‌برند (*Cunha & Heckman, 2007*). لی و سزار در سال ۱۹۹۵ با ارائه روش طراحی برای زنجیره‌تامین، روشی برای انتخاب بهترین طراحی محصول با حداقل هزینه زنجیره‌تامین ارائه نموده‌اند (*Elhadj et al., 2009; Parente et al., 2013*). علیرغم توجه محققین متعدد به نقش معماری محصول بعنوان یکپارچه-کننده[1] در تنظیم ارتباط بین بنگاه‌ها در شبکه زنجیره‌تامین در حین توسعه محصول و فرآیند، تاکنون تحقیقات جدی و موثر که به بررسی جایگاه تکنولوژی‌های آنها در حین فرآیند معماری محصول بپردازد، انجام نگرفته است. لذا خلاء نظری در این حوزه محسوس است.

## ۳-روش‌شناسی پژوهش

در این مقاله از یک رویکرد کیفی در روش تحقیق استفاده شده است. برای تقویت تعمیم‌پذیری نتایج، براساس اصل مثلث‌بندی[2] این تحقیق در سه مرحله و براساس داده‌های حاصل از منابع جداگانه انجام شده است. ابتدا ضمن مطالعه پیشینه پژوهش و بررسی مستندات تجربی بنگاه‌های مادر خودروسازی، از طریق مصاحبه‌های عمیق و اکتشافی با خبرگان، داده‌های اولیه جمع‌آوری گردیده و با استفاده از روش تحلیل تم نسخه اولیه مدل طراحی شده است. مرحله دوم تحقیق پس از توسعه مدل مفهومی و

1-Integrator
2-Triangulation

برای اعتباریابی مدل انجام پذیرفته است. روش جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها در این مرحله نیز بررسی روایی محتوایی از طریق خبرگان بوده است. مرحله سوم تحقیق جهت صحه-گذاری مدل تصدیق‌شده در میدان عمل انجام پذیرفته است. در این مرحله روش جمع-آوری و تحلیل داده‌ها نیز مطالعه‌موردی بوده است.

در فاز اول برای انجام مصاحبه‌های اکتشافی، تعدادی از خبرگان در قالب یک نمونه ۱۱ نفره از جامعه آماری تحقیق که تقریباً ۲۵ نفر بودند، انتخاب گردیده‌اند. به جهت ارتقاء میزان موثق و قابل اعتماد بودن داده‌ها، در انتخاب مصاحبه‌شوندگان باید دقت زیادی شود تا افرادی دارای اطلاعات مرتبط با موضوع انتخاب شوند. همچنین روش نمونه‌گیری نظری در تحقیقات کیفی و در تحقیقاتی که از جامعه آماری اندکی برخوردارند توصیه می‌گردد *(Creswell, 2009)*. لذا در این تحقیق مصاحبه‌شوندگان با رویکرد نمونه‌گیری نظری و هدفمند، از طریق روش‌های خوشه‌ای و گلوله‌برفی از بین خبرگان شاغل در مراکز مطالعات استراتژیک تکنولوژی، مراکز تحقیق و توسعه، مراکز طراحی و معماری محصول، مراکز مهندسی و نیز ابرتامین‌کنندگان سازه‌گستر و ساپکو در گروه‌های سایپا و ایران‌خودرو انتخاب شده‌اند. بطوریکه شناسایی و انتخاب اعضای نمونه بصورت تدریجی بوده است.

روش تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده در فاز اول تحقیق که منجر به طراحی نسخه اولیه مدل گردید، بدین ترتیب بود که ابتدا مصاحبه‌ها از فایل‌های صوتی بر روی کاغذ پیاده‌سازی شده و به متن تبدیل می‌شدند. سپس بر روی متون بصورت دستی تم‌کاوی صورت پذیرفت (بخاطر تعداد کم اعضای نمونه). با پیشرفت کار و پس از انجام بخش عمده‌ای از مصاحبه‌ها با افراد شاخص، به مرور تم‌های اصلی از حالت مکنون بصورت واضح پدیدار گشته و قابل شناسایی شدند. پس از اینکه محققین به این نتیجه رسیدند که به اشباع نظری دست یافته‌اند -بطوریکه با انجام مصاحبه‌های بیشتر دیگر داده‌های جدیدی اضافه نمی‌شد- اقدام به دسته‌بندی تم‌های شناسایی شده و کدبندی آنها در قالب مقوله‌های اصلی نمودند. در نهایت ارتباطات منطقی و الگوریتمی مقولات اصلی معماری واحدهای تکنولوژی محصول در شبکه زنجیره‌تامین نگاشته شده و نسخه اولیه مدل طراحی گردید. در همین فاز از تحقیق، مدل طراحی‌شده مجدداً به مصاحبه شوندگان ارائه گردیده و مورد تایید آنان واقع شده است.

در مرحله دوم تحقیق جهت کسب اطمینان از کیفیت و اعتبار مدل طراحی‌شده، مدل با استفاده از روش بررسی روایی محتوایی در معرض قضاوت خبرگان و متخصصین قرار گرفته است. به کمک روش بررسی روایی محتوایی پژوهشگر می‌تواند نظر افراد خبره را نسبت به نتیجه به دست آمده بررسی نماید. در این تحقیق برای بررسی روایی محتوایی از روش گروه کانونی استفاده شده است. ویژگی اصلی این روش وجود دینامیک، تعامل و هم‌افزایی گروهی در فرآیند نظرسنجی است. برای اجرای گروه کانونی، ابتدا باید نسبت به انتخاب افراد مناسب و مطلع که معمولاً بین ۶ الی ۱۲ نفر هستند، اقدام نمود. اجرای روش گروه کانونی در این تحقیق بدین ترتیب بود که ابتدا جلسه‌ای با حضور ۸ نفر از خبرگان حوزه‌های مرتبط با معماری تکنولوژی در مراکز توسعه استراتژی، مراکز توسعه محصول، مراکز مهندسی و نیز ابرتامین‌کنندگان بنگاه‌های بزرگ خودروسازی تشکیل گردید. سپس مدل طراحی‌شده به اعضای جلسه ارائه گردید. در ادامه اعضای جلسه گروه کانون نظرات خویش را در خصوص مدل بیان کردند. با راهبری محققین تمامی اعضاء نظرات خویش را در مورد هر تم و نیز ارتباط آن تم با سایر تم‌ها ارائه نمودند. نقطه‌نظرات بیشتر در مورد نحوه ارتباطات بین تم‌ها بود. همچنین تمامی اعضاء در مورد کلیت مدل نیز اظهار نظر کردند. پاسخ‌ها به دقت ثبت و مورد تحلیل واقع شدند. روش تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده در این مرحله نیز بدین ترتیب بود که پس از آنکه اعضای جلسه همگی در مورد تمامی سئوالات اظهارنظر می‌نمودند، نظرات جمع‌بندی و مجدداً مطرح می‌شد. پس از اینکه نظرات اعضاء همگرا می‌شد نتیجه در مدل منعکس می‌گردید. در ادامه نظرات اصلاحی که مورد پذیرش اکثریت اعضاء بود در نسخه نهایی مدل اعمال گردیده و کفایت نظری مدل و در نتیجه روایی محتوایی آن به اجماع مورد تصدیق حاضرین واقع شد.

در مرحله سوم، کاربست‌پذیری[1] مدل از طریق بکارگیری آن در یک تجربه معماری واحدهای تکنولوژی محصول در سایپا مورد آزمون قرار گرفت. از آنجائیکه در تحقیقات کیفی شروط دقیق بودن و مرتبط بودن نتایج به منزله اعتبار بالا و نیز تعمیم‌پذیری بالای آن تفسیر می‌شود *(Gordon, 2008)*، در این تحقیق نیز سعی شده است که با انجام تحقیق در سه مرحله که یافته‌های هر سه مرحله نتایج همدیگر را تایید می‌کنند، میزان قابلیت اعتماد و تعمیم‌پذیری آن افزایش یابد.

1- Applicability

## ۴-یافته‌های پژوهش

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که امروزه اجرای کارکردهای مدیریت و مهندسی تکنولوژی در سطح شبکه‌های زنجیره‌تامین یک بنگاه، بدون طرح‌ریزی، شناسایی و ارزیابی یکپارچه و همزمان این تکنولوژی‌ها غیرممکن می‌باشد. از آنجائیکه موضوعات طرح‌ریزی، شناسایی و ارزیابی تکنولوژی‌ها در تحقیقات جداگانه‌ای از طرف محققین این مقاله در حال انجام می‌باشند، لذا در این تحقیق بر حسب گستره تعریف شده، فقط به موضوع طراحی و ساخت تکنولوژی‌ها پرداخته شده است. در موضوع طراحی و ساخت، محصول بنگاه مادر بعنوان یکپارچه‌کننده در حوزه انواع تکنولوژی‌ها در شبکه زنجیره-تامین عمل می‌نماید (*Ragatez, 2002; Caputo & Zirpoli, 2002; Fisher & Ulrich, 1999*). در ادامه به ارائه یافته‌های تحقیق می‌پردازیم.

### ۴-۱-نقش معماری محصول در طراحی و ساخت واحدهای تکنولوژی محصول

معماری محصول بعنوان پلتفرمی برای طرح‌ریزی و بکارگیری تکنولوژی‌ها در مولفه‌های محصول بکار می‌رود. در واقع طراحی یک محصول طراحی تکنولوژی‌های مختلف برای انجام کارکردهای آن محصول می‌باشد. فیلسوفان تکنولوژی، تکنولوژی را دانش دارای جرم تعریف می‌نمایند. لذا باید دقت نمود که این جرم متعادل بوده و ساختار آن تاثیر منفی بر دانش نداشته باشد. پس یک محصول را می‌توان طراحی یک دانش برای کاربردی کردن آن در یک حوزه صنعتی در قالب قطعات فیزیکی تعریف کرد. به نظر اکثر کارشناسان سازه‌گستر، از آنجائیکه معماری محصول تعیین‌کننده نوع پیکره‌بندی محصولات نیز می‌باشد، در حین اجرای پروژه‌های توسعه محصول، دارای نقش کلیدی و مهم در برونسپاری عملیات طراحی و ساخت مولفه‌ها در سطح شبکه زنجیره‌تامین می‌باشد. از طرف دیگر، به نظر این کارشناسان، معماری محصول تعامل مکانیکی و سخت‌افزاری سیستم‌های محصول و فرآیندها را نیز در شبکه زنجیره‌تامین مهیا می‌نماید. به همین دلیل است که این تکنیک در این مقاله بعنوان بستری برای یکپارچه‌سازی طراحی و ساخت واحدهای تکنولوژی‌های محصول و فرآیند در گستره شبکه زنجیره‌تامین بکار برده شده است.

### ۴-۲-طراحی واحدهای محصول و فرآیند و گروه‌های تکنولوژی هموسته

در این تحقیق گروه‌های تکنولوژی هموسته را شامل آن دسته از تکنولوژی‌هایی تعریف می‌کنیم که در سیستم‌ها، زیرسیستم‌ها و اجزاء مختلف یک محصول و فرآیندهای

توسعه آن محصول جاسازی و متجلی شده و کارکردهای مختلف آنها را محقق می‌کنند. این تکنولوژی‌ها در قالب قطعات و سیستم‌های محصول و فرآیند متجلی می‌گردند که در این تحقیق ما از آنها بعنوان واحدهای تکنولوژی محصول و فرآیند یاد می‌کنیم. این واحدها نشانگر گروه‌های تکنولوژی بکارگرفته‌شده در محصولات و فرآیندها بمنظور محقق ساختن کارکردهای آنها می‌باشند. بعبارت دیگر، واحدهای تکنولوژی محصول و فرآیند کانون توجه طراحان و مهندسین برای تعریف گروه‌های تکنولوژی هموسته هستند که در گستره شبکه زنجیره‌تامین یک بنگاه برای تحقق کارکردهای محصولات و فرآیندها طراحی و ساخته می‌شوند. در واقع مولفه‌های فیزیکی محصولات و فرآیندها ایفاگر مکانیزم یک تکنولوژی مشخص می‌باشند.

به این خاطر ما از این دسته تکنولوژی‌ها بعنوان گروه‌های تکنولوژی هموسته یاد می‌کنیم که آنها براساس کارکردهای خویش در ارتباط با همدیگر عمل نموده و مکمل یکدیگر هستند. بخش محصولی این تکنولوژی‌ها محقق‌کننده کارکردهای محصولات و بخش فرآیندی محقق‌کننده عملکرد سیستم‌های تولیدی در شبکه زنجیره‌تامین می‌باشند. تکنولوژی‌های طراحی، قالب‌سازی، ریخته‌گری و ساخت از جمله تکنولوژی‌های مرتبط با این واحدهای تکنولوژی می‌باشند. گروه‌های تکنولوژی مختلف برای واحدهای تکنولوژی محصول و فرآیند متعدد در حین انجام پروژه‌های توسعه محصول و فرآیند جدید طرح‌ریزی، شناسایی، طراحی و ساخته می‌شوند.

**۴-۳-ارزیابی ساخت‌پذیری محصول و تکنولوژی در شبکه زنجیره‌تامین**

ارزیابی ساخت‌پذیری واحدهای تکنولوژی در شبکه زنجیره‌تامین از موارد خیلی مهم در فازهای طراحی و ساخت یک محصول می‌باشد. کارشناسان مرکز تحقیقات و نوآوری سایپا معتقدند که "ارزیابی ساخت‌پذیری یک محصول، براساس قابلیت‌ها و توانمندی‌های بالقوه و بالفعل شبکه زنجیره‌تامین در ساخت مدول‌ها و نیز براساس قابلیت‌ها و توانمندی‌های بالقوه و بالفعل بنگاه در یکپارچه‌سازی مولفه‌ها و مدول‌های مختلف برای ساخت یک محصول انجام می‌پذیرد. بطوریکه براساس توانمندی‌های ساخت بنگاه‌های زنجیره‌تامین، ابتدا معماری ساخت‌پذیر محصول در سطح بنگاه مادر انجام پذیرفته و سپس براساس معماری نهایی محصول اقدام به طراحی سیستم‌ها در سطوح مختلف شبکه زنجیره‌تامین می‌گردد". کارشناسان شرکت ساپکو بیان نمودند که "نوع معماری محصول دارای نقش مهم در ساخت‌پذیری می‌باشد. بطوریکه محصولاتی که دارای

معماری مدولار هستند به جهت قابلیت برونسپاری بالا نسبت به محصولات دارای معماری یکپارچه ساخت‌پذیرترند". یافته‌ها نشان می‌دهند که تکنیک معماری محصول دارای نقش کلیدی در یکپارچه‌سازی تامین‌کنندگان مختلف یک شبکه زنجیره‌تامین در طرح‌ریزی، طراحی و ساخت واحدهای تکنولوژی محصول دارد. تلاش بر این است که معماری محصولات طوری طراحی شود که بنگاه بتواند هم ضریب به اشتراک‌گذاری واحدهای تکنولوژی خویش در شبکه زنجیره‌تامین را بیشینه نماید و هم بتواند هرکدام از واحدهای تکنولوژی را در محصولات بیشتری بکار بگیرد. این موضوع در حین طراحی پلتفرم و تعیین مولفه‌های مشترک فوق‌العاده مهم می‌باشد. از طرف دیگر، یک معماری شبکه زنجیره‌تامین مهندسی‌شده، ضمن تقویت ضریب ساخت‌پذیری محصول، هزینه‌های هماهنگی و لجستیک را در سطح شبکه کمینه خواهد نمود. در شبکه زنجیره‌تامین یک بنگاه مادر، معماری محصول و معماری زنجیره‌تامین مکمل هم می‌باشند.

**۴-۴-اهمیت فنی و اقتصادی معماری محصول در شبکه زنجیره‌تامین**

معماری یک محصول از ابعاد فنی و اقتصادی از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. در نظر بگیرید که المان‌های مختلف واحدهای تکنولوژی یک محصول مانند خودرو، از قبیل؛ تعداد قطعات، جنس و مقدار مواد اولیه و وزن قطعات استفاده‌شده در سیستم‌های آن در تیراژ بالای تولید، چقدر بر قیمت تمام شده آن خودرو تاثیر می‌گذارند. همچنین سادگی و یا پیچیدگی معماری آن تکنولوژی‌ها، چقدر از نظر فنی برای طراحی، ساخت و مونتاژ آسان تکنولوژی‌های محصول آن خودرو در طول زمان دارای اهمیت می‌باشند. در نهایت اینکه، این پیچیدگی و یا سادگی چگونه در پیچیدگی و یا سادگی طراحی و ساخت تکنولوژی‌های فرآیندی عقبه یک تکنولوژی محصول در شبکه زنجیره‌تامین منعکس می‌گردد.

نقش معماری محصول در یک بنگاه بدین جهت استراتژیک می‌باشد که توسط آن کارکردهای یک محصول در قالب مواد و قطعات فیزیکی نمود پیدا کرده و منابع بنگاه را متاثر می‌نماید. نیز نوع و مقدار مواد استفاده شده جهت تولید محصول که بوجود آورنده وزن آن است در حین معماری آن انتخاب می‌گردد. قائم مقام مدیرعامل گروه سایپا بیان نمود که "توجه به وزن نهایی یک محصول و نیز تعداد قطعات تشکیل‌دهنده آن یکی از مهمترین مولفه‌های یک معماری محصول می‌باشد". ایشان از دو خودروی مختلف در یک کلاس مشابهه نام بردند که دارای وزن برابر ولی تعداد قطعات مختلف هستند. در بدنه

یکی از آنها ۴۶۰ قطعه و در بدنه دیگری فقط ۱۵۷ قطعه استفاده شده است. دلیل این کار نوع معماری آنها می‌باشد. باید توجه نمود که در تولید خودرویی که دارای قطعات بیشتری می‌باشد چقدر منابع و زمان بیشتری باید مصرف گردد. از این رو، می‌توان پی برد که اگر از یک چنین محصولی به تعداد بالا تولید گردد، چقدر هزینه اضافی تحمیل می‌نماید.

**۴-۵-تاثیر معماری محصول بر مونتاژ و انتقال تکنولوژی در زنجیره‌تامین**

به نظر کارشناسان بنگاه‌های سایپا و ایران‌خودرو "توجه به عملیات مونتاژ در حین معماری محصول، از اهمیت بسزایی برخوردار است. مونتاژ فرآیندی است که دارای تاثیرات خیلی وسیع در روش‌های توسعه محصول و تعریف استراتژی‌های ساخت دارد". به نظر آنان هر محصول از یک سری مجموعه‌ها[1] تشکیل شده است. مجموعه‌ها بلوک‌های برونسپاری یک محصول برای تولید در شبکه زنجیره‌تامین محسوب می‌شوند. ساخت و تولید مجموعه‌ها ذاتاً یکپارچه هستند. لذا در حین طراحی آنها معمار و طراح می‌باید شناخت نسبی از استراتژی‌های ساخت و تولید داشته باشد، تا بتواند استراتژی‌های موصوف را در معماری محصولات منعکس نماید. به نظر کارشناسان سایپا، این جنبه از معماری کمتر شناخته شده است.

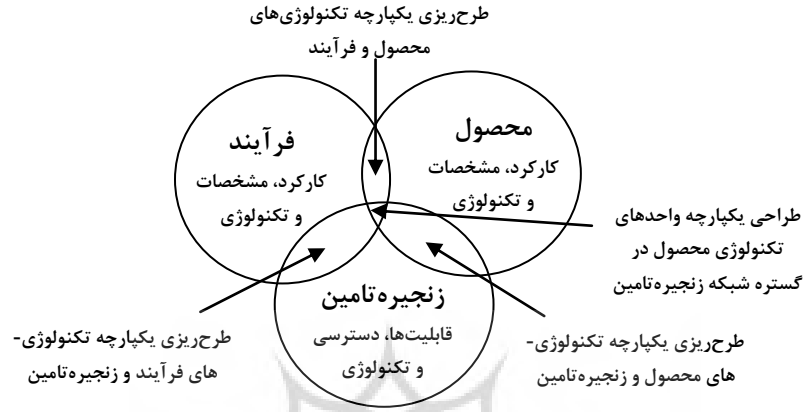
همچنین معماری محصول دارای نقش اساسی در انتقال تکنولوژی در شبکه زنجیره‌تامین می‌باشد. کارشناسان ساپکو معتقدند که "اگر در یکسری از تکنولوژی‌ها به تامین‌کنندگان زیاد متکی هستیم، می‌باید در حین معماری و طراحی سیستم‌ها و مولفه‌ها بمنظور انتقال آسان تکنولوژی‌ها در قالب مدول‌های پیش مونتاژ شده از شبکه زنجیره‌تامین دارای استراتژی مشخصی باشیم". به نظر این کارشناسان "در استراتژی معماری محصول می‌باید به موضوع انتقال تکنولوژی‌های محصول در شبکه زنجیره‌تامین توجه ویژه معطوف گردد".

**۴-۶-طراحی تکنولوژی در محصول و فرآیند جدید**

توسعه محصول حاصل یکپارچه‌شدن دو نوع همکاری در بین ذینفعان در یک بنگاه مادر می‌باشد. همکاری با تامین‌کنندگان که یکپارچه‌شدن خارجی، و همکاری با سایر ارکان سازمان که یکپارچگی داخلی تعریف شده است (Wheelwright & Clark, 1992). طراحی گروه‌های تکنولوژی در یک شبکه زنجیره‌تامین، مستلزم رویکردی یکپارچه به

1 Assemblies

موضوع می‌باشد. مولفه‌های مدنظر در طراحی گروه‌های تکنولوژی محصول، فرآیند و زنجیره‌تامین در شکل ۱ ارائه شده است.




**شکل ۱: طراحی همزمان و یکپارچه واحدهای تکنولوژی محصول در شبکه زنجیره‌تامین**

سطوح تحلیل متفاوت از تصمیمات و فعالیت‌ها در مراحل مختلف طراحی گروه‌های تکنولوژی در محصول و فرآیندها مختلف وجود دارد. در حالیکه عملیات کلی و کلان معماری و طراحی تمامی تکنولوژی‌های محصول توسط تیم توسعه محصول نهایی در خود بنگاه انجام می‌پذیرد، عملیات تفصیلی مربوط به معماری و طراحی تکنولوژی سیستم‌ها و مدول‌ها در رده‌های مختلف شبکه زنجیره‌تامین از قبیل؛ سازندگان، تولیدکنندگان و سایر اجزاء زنجیره‌تامین بصورت تخصصی انجام می‌پذیرد. لزوم ایجاد هماهنگی و ارتباط بین این سطوح متفاوت اهمیت پرداختن به معماری و طراحی هدفمند تکنولوژی‌های محصول و فرآیند در شبکه زنجیره‌تامین را دو چندان می‌نماید. واحدها و سطوح تحلیل مذکور در جدول ۱ ارائه شده است.

**جدول ۱: واحدها و سطوح مختلف تحلیل در معماری و طراحی محصول و تکنولوژی جدید**

| ردیف | واحد تحلیل | سطح تحلیل | سبک معماری |
|---|---|---|---|
| ۱ | ابرمحصول[1] (CoPS)؛ خودرو | بنگاه مادر | مدولار / یکپارچه |
| ۲ | سیستم؛ قوای محرکه خودرو | تامین‌کننده سطح یک | اینترفیس بین سامانه‌ها |
| ۳ | قطعات و اجزاء؛ گیربکس | تامین‌کننده سطح دو | اینترفیس بین قطعات |

1- Complex Products & Systems; CoPS

**۴-۷-معماری یکپارچه محصول، فرآیند و زنجیره‌تامین**

الریچ و اپینگر معماری محصول را طرحی برای تخصیص‌دادن وظائف کارکردی محصول به مولفه‌های فیزیکی آن می‌دانند که در ادبیات معماری محصول به چانک[1] مشهورند. بطوری‌که در طی معماری عناصر وظیفه‌ای محصول در قالب عناصر فیزیکی ترسیم می‌گردد. این مولفه‌ها از طریق سطوح مشترک[2] استاندارد با همدیگر و در تعامل دوجانبه عمل می‌نمایند *(Ulrich & Eppinger, 2012)*. بطور کلی انواع سبک‌های معماری به دو دسته اصلی معماری مدولار و معماری یکپارچه تقسیم می‌شوند. معماری مدولار یک استراتژی برای سازماندهی کارآی ارتباط بین محصولات و فرآیندهای پیچیده می‌باشد. سطوح مشترک فیزیکی، پروتکل‌های تعاملات بین مولفه‌ها، سازگاری‌های هندسی و نیز سایر ارتباطات فیزیکی اجزاء یک محصول را تعریف می‌کنند. *( Baldwin & Kim, 2000)*. معماری مدولار محصول، منجر به ایجاد فرآیند و زنجیره‌تامین مدولار نیز خواهد شد. بدین ترتیب که در یک محصول مدولار مولفه‌ها و عناصر محصولات با وظائف و کارکردهای معین، در مدول‌های مشخص به صورت سیستماتیک و سلسله مراتبی دسته‌بندی می‌شوند. بطوریکه این مدول‌ها دارای کمترین وابستگی با همدیگر بوده و از طریق سطوح مشترک استاندارد با همدیگر در تعامل می‌باشند. معماری مدولار محصول، استانداردسازی عناصر قابل تعویض در طراحی می‌باشد که قابلیت ترکیب‌بندی مجدد را داشته و موجب ایجاد طیف وسیعی از تنوع در محصولات نهایی می‌گردد *( Ulrich & Tung, 1991; Sanchez & Mahoney, 1996; Worren et al., 2002)*. همانند محصول مدولار، فرآیند مدولار نیز شامل گروه‌ها و فرآیندهای کاری استانداردی هستند که علیرغم وجود ارتباط منسجم و سیستماتیک، دارای کمترین ارتباط و وابستگی سازمانی می‌باشند. به ترکیب قابل انطباق و پیکره‌بندی مجدد ابزار و مسیرها و روش‌های کاری در عملیات تولید که قابلیت انجام موثر تقاضاهای ناهمگن را دارند، فرآیند مدولار گفته می‌شود. نهایتاً طراحی مدولار محصول و فرآیندهای ساخت، موجب دسته‌بندی بهتر منابع و توانمندی‌ها و در نتیجه تخصیص کاراتر و موثرتر آنها گردیده و پیکره‌بندی بهینه‌ای از تامین‌کنندگان تحت عنوان تامین‌کنندگان مدولار را بوجود می‌آورند *(Ulrich, 1995)*. یکی دیگر از مفاهیمی که در بحث معماری محصول

1- Chunk
2- Interface

مطرح می‌شود، پلتفرم است. یک پلتفرم محصول جهت ایجاد یک ساختار مشترک محصول طراحی شده است. جریانی از محصولات متنوع و هم‌خانواده می‌توانند از این ساختار مشترک مشتق و تولید گردند (*Nepal et al., 2011*).

**۴-۸-تکنیک معماری‌کردن**

پس از اتمام مراحل طرح‌ریزی محصول و تکنولوژی، معماری محصول آغاز می‌گردد. معماری محصول می‌تواند در یک فرآیند خلاق صورت پذیرد و یا اینکه می‌تواند بصورت عامدانه و با توجه به عوامل متعددی شکل بگیرد که در فرآیندهای ساخت و تولید محصول دارای تاثیرات بسزایی هستند. هرچند که معماری خلاقانه می‌تواند دارای مزیت‌هایی از قبیل زیبایی و یا به‌روز بودن تکنولوژی‌های محصول گردد، ولی باید توجه داشت که زیبایی و به‌روز بودن زمانی دارای ارزش خواهد بود که المانهای یک معماری، ساخت‌پذیر بوده و بنگاه توانایی تکوین، ساخت و تولید آن محصول را در شبکه زنجیره‌تامین خویش داشته باشد. جهت تصمیم‌گیری در مورد نحوه و نوع معماری محصول می‌باید به سئوالات ذیل جواب داد:

۱. کارکردهای اصلی محصول کدامند؟
۲. چه کارکردهای فرعی برای انجام کارکرد اصلی محصول نیاز است؛
۳. از چه تکنولوژی‌هایی برای انجام کارکردهای محصول استفاده خواهد شد؛
۴. تجسسم فیزیکی کارکردها چگونه به چانک‌ها و مدول‌های کوچکتر تقسیم می‌گردند، تا توسط گزینه‌های مختلف تکنولوژی پشتیبانی شوند؛
۵. مدول‌ها و چانک‌ها چطور در کنار هم در یک فضا قرار می‌گیرند؛
۶. این مدول‌ها چگونه در تعامل با هم کار می‌کنند؛
۷. اینترفیس‌های بین این چانک‌ها و مدول‌ها چگونه در تعامل با هم می‌باشند.

در ادامه با استفاده از تکنیک معماری محصول، اقدام به معماری تکنولوژی در سه حوزه؛ محصول، فرآیند و شبکه زنجیره‌تامین شده و در پایان با ارائه مدل مفهومی این سه حوزه یکپارچه خواهند شد.

**۴-۹-معماری تکنولوژی‌های محصول**

رابطه بین سیستم محصول با واحدهای تکنولوژی محصول در بستر معماری محصول و در قالب چانک‌ها مشخص می‌شود. هر چانک در معماری محصول، یک قطعه فیزیکی در قالب یک سیستم از یک محصول و یا فرآیند می‌باشد که یک یا چند کارکرد

مشخصی از محصول و یا فرآیند را محقق می‌نماید. یک سری روابط بین چانک‌ها در مرحله لی‌اوت تقریبی محصول مشخص می‌شود. در مراحل بعدی این روابط شفاف‌تر شده و روابط درون هر چانک تعیین می‌گردد. تکنولوژی محصول باید قابل بکارگیری در محصول با توجه به این لی‌اوت تقریبی بین چانک‌ها و روابط تعریف شده داخل آنها باشد. هنگام معماری داخلی هر چانک نیز باید ارتباطات داخلی تکنولوژی‌ها در نظر گرفته شوند. هنگام تعریف یک گزینه تکنولوژی باید مشخص شود که این تکنولوژی جزء کدام یک از اجزای فیزیکی است؛ یعنی اینکه جزو اجزای ثابت و یا جزو اجزای متغیر پلتفرم می‌باشد. سپس باید تعیین گردد که تکنولوژی قابل بکارگیری در پلتفرم مدنظر هست یا نیاز به تعریف پلتفرم جدید وجود دارد.

نکته دیگر در معماری محصول بحث مدولاریتی و یکپارچگی است. دسته‌بندی المآنهای کارکردی و تخصیص آنها به چانک‌ها، اولین گام فرآیند تصمیم‌گیری در مورد مدولاریتی و یا یکپارچگی است. حال تکنولوژی‌های لازم به عنوان اجزاء فیزیکی، باید با سبک معماری و در ارتباط با سطح یکپارچگی و یا سطح مدولاریتی تعریف شده سازگار و هماهنگ باشند. پس از مشخص شدن الزامات بازار، ویژگی‌های استخراج‌شده در قالب سلسله مراتب؛ محصول، سیستم‌ها و زیرسیستم‌ها (مجموعه‌ها و زیرمجموعه‌ها) و قطعات بصورت آبشاری معماری می‌گردند. در مرحله بعدی و پس از طرح‌ریزی، براساس طراحی مدول‌ها، تکنولوژی‌های طرح‌ریزی‌شده بصورت بالعکس در قالب؛ قطعات، زیرسیستم‌ها و سیستم‌ها طراحی‌شده و در نهایت به محصول می‌رسند. یعنی فرآیند طرح‌ریزی و طراحی از سطح محصول به قطعات بوده و بالعکس، فرآیند تصدیق و صحه‌گذاری از سطح قطعات آغاز و به مرحله محصول می‌رسد.

**۴-۱۰-معماری تکنولوژی‌های فرآیندی**

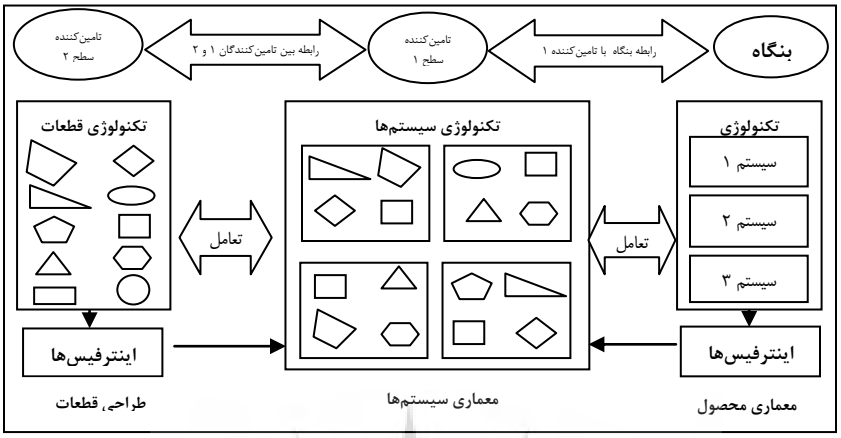
طراح باید شناخت نسبی از تکنولوژی‌های فرآیندهای ساخت آنها نیز داشته باشد، تا مرحله ساخت با مشکلات کمتری انجام پذیرد. یکی از دلایل طولانی بودن مدت زمان توسعه محصول در صنعت خودروسازی ایران، عدم توجه به این مهم می‌باشد. گاهی قطعاتی طراحی می‌گردد که بدلیل عدم توجه طراح به فرآیندهای قالب‌سازی و ریخته‌گری، اصلاً قابلیت ساخت با مواد پیشنهادی طراح را ندارند. همچنین در اکثر مواقع معماری فرآیندها و تکنولوژی‌های فرآیندی بنگاه طوری طراحی می‌گردد که با توسعه محصولات جدید، این فرآیندها و تکنولوژی‌ها قابلیت تطبیق با محصولات جدید را نداشته

و با صرف هزینه‌های گزاف می‌باید از نو طراحی گردند. معماری تکنولوژی‌های فرآیندی، الزامات مشتری، ساخت و مونتاژ، زنجیره‌تامین و مدیریت خانواده و تنوع محصولات یک بنگاه مادر را به هم وصل می‌کند. معماری محصول با همسوسازی سیستم‌های محصول و سیستم‌های ساخت و تولید، درحقیقت پلی بین دنیای عملیات طراحی و مهندسی محصول با طراحی و مهندسی فرآیند ایجاد نموده و این دو را یکپارچه می‌نماید. اگر معماری محصول یکپارچه باشد، یک فرآیند ساخت لازم دارد و بالعکس اگر معماری محصول مدولار باشد، فرآیند ساخت دیگری را می‌طلبد. معماری یکپارچه محصول، یک ترسیم پیچیده و منحصر بفردی بین کارکردها و مولفه‌های یک محصول می‌باشد. به تبع پیچیدگی محصول، فرآیندها و تکنولوژی‌های آن نیز پیچیده خواهند بود. در این سبک معماری بنگاه‌ها در حین تصمیم‌گیری در خصوص توسعه محصول، با تعداد کثیری مولفه‌های پیچیده و در ارتباط با همدیگر در تکنولوژی‌های فرآیندی مواجه می‌شوند. توسعه داخلی و یا کسب تکنولوژی از منابع خارجی از جمله زنجیره‌تامین در این نوع معماری خیلی سخت و دشوار بوده و مستلزم تشکیل تیم‌های کاری عریض و طویل خواهد بود. در معماری مدولار انعطاف‌پذیری روش‌های تولید در سطح فرآیندهای اجرایی فوق‌العاده بالا می‌باشد. بطوریکه فرآیندهای ساخت و تولید محصولات هم به تبع معماری محصول، مدولار گردیده و موجب یکپارچگی داخلی بیشتر خواهد شد. در مرحله بعدی این امر سطح مشارکت منابع خارجی تکنولوژی را نیز بالاتر برده و بدینوسیله موجب ایجاد یکپارچگی خارجی بیشتر در گستره شبکه زنجیره‌تامین نیز خواهد شد.

**۴-۱۱-معماری تکنولوژی‌های شبکه زنجیره‌تامین**

قبل از طراحی و در مرحله طرح‌ریزی محصول، بنگاه نسبت به شناسایی و طراحی تامین‌کنندگان کلیدی اقدام می‌نماید که به این امر طراحی زنجیره‌تامین[1] می‌گویند. در این مرحله تامین‌کنندگان متعددی شناسایی می‌گردند. سپس بنگاه اقدام به ارزیابی توانمندی‌های آنها جهت اخذ تصمیم برای درگیرنمودن و مشارکت‌دادن آنان می‌نماید. در این مرحله نوع معماری محصول بر نوع پیکره‌بندی تامین‌کنندگان تاثیر خواهد داشت. براساس نوع معماری محصول تکنولوژی‌های طراحی و ساخت بصورت یکپارچه و استراتژیک معماری و طراحی می‌گردد. فرآیند طراحی تکنولوژی در دل محصول، سیستم‌ها و قطعات در شبکه زنجیره‌تامین در شکل ۲ ارائه شده است.

1-Supply Chain Design




**شکل ۲: معماری تکنولوژی‌های شبکه زنجیره‌تامین**

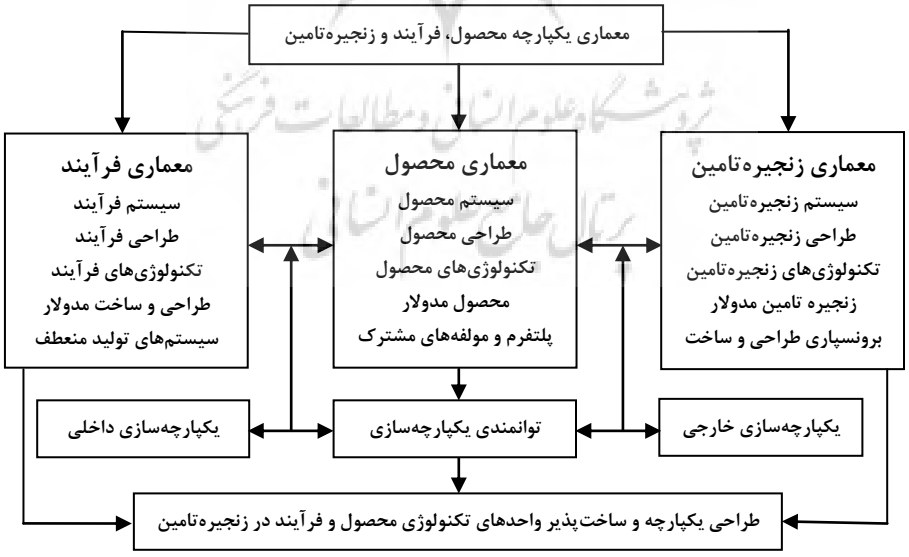
درجه پایین مدولاریتی خودروهای ایرانی موجب انتقال بیشتر عملیات به داخل بنگاه و بالطبع باعث طولانی‌شدن خطوط تولیدی آنها گردیده است. این امر علاوه بر اینکه هزینه‌های عملیاتی آنها را بالا می‌برد، موجب افزایش تعاملات آنها با تعداد زیادی از تامین‌کنندگان می‌شود. خودروسازان بزرگ با طراحی مدولار محصول، بخش عمده‌ای از عملیات ساخت را بطریقه پیش‌مونتاژ به زنجیره‌تامین منتقل نموده و بجای قطعات، مونتاژکننده مجموعه‌های کمتری هستند. این امر علاوه بر اینکه موجب کاهش قابل توجهی در هزینه‌های عملیاتی آنها می‌گردد، موجب می‌شود آنها با تعداد کمتری از تامین‌کنندگان مواجه گردند. درحین برونسپاری نیز سعی می‌گردد که هرکدام از این مدول‌ها به تامین‌کنندگان سطح اول، و قطعات و سایر اجزاء مربوط به مدول‌ها توسط تامین‌کنندگان سطح یک به تامین‌کنندگان سطح دوم و به بعد واگذار گردند. پس از ساخت قطعات و مدول‌ها و مونتاژ زیرسیستم‌ها و سیستم‌ها براساس اینترفیس‌های تعریف‌شده در سطح سیستم‌ها، محصول نهایی براساس اینترفیس‌های تعریف‌شده در سطح محصول در بنگاه مادر تولید می‌گردد.

**۴-۱۲-مدل یکپارچه معماری تکنولوژی در شبکه زنجیره‌تامین**

مرور ادبیات موضوع و همچنین تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از انجام مطالعه‌موردی اکتشافی و توصیفی در معماری و طراحی تکنولوژی‌های سیستم کیسه‌هوای خودروهای خانواده X100 در سایپا نشان داد که جهت طراحی گروه‌های

تکنولوژی ساخت‌پذیر برای سیستم‌های محصول، فرآیند و زنجیره‌تامین، طراحی این سیستم‌ها و نیز طراحی تکنولوژی‌های آنها می‌باید بصورت یکپارچه انجام پذیرد. این طراحی یکپارچه است که ساخت‌پذیری تکنولوژی‌ها را تضمین خواهد کرد. اگر نوع معماری محصولات یک بنگاه مدولار باشد، تکنولوژی‌های خارجی به سهولت در قالب سیستم‌های مدولار مولفه‌ها و قطعات در محصولات و فرآیندهای بنگاه منتقل خواهند شد. خروجی نهایی این فرآیند طراحی و ساخت یکپارچه گروه‌های تکنولوژی هموسته ساخت‌پذیر در شبکه زنجیره‌تامین می‌باشد.

زمانی‌که استراتژی بنگاه در حین توسعه محصول درگیر نمودن هر چه بیشتر تامین‌کنندگان و استفاده حداکثری از توانمندی‌های آنان و برونسپاری حداکثری قطعات و مجموعه‌ها باشد، در حین طراحی محصولات خویش و انتخاب نوع معماری این موضوع را مدنظر خویش قرار می‌دهد. در این حالت بنگاه بصورت مدولار و براساس قابلیت‌ها و توانمندی‌های شبکه زنجیره‌تامین نسبت به طراحی محصولات، مجموعه‌ها و زیرمجموعه‌های خویش اقدام خواهد کرد. در ادامه ضمن دسته‌بندی تم‌های حاصله از تحقیق و با برقراری روابط الگوریتمی بین این تم‌ها، مدل یکپارچه طراحی واحدهای تکنولوژی محصول و فرآیند ساخت‌پذیر در شبکه زنجیره‌تامین یک بنگاه مادر ارائه شده است. این مدل در شکل ۳ ارائه شده است.




**شکل ۳: مدل مفهومی طراحی یکپارچه و ساخت‌پذیر واحدهای تکنولوژی در شبکه زنجیره‌تامین**

## ۵-نتیجه‌گیری و پیشنهادها

جهت طراحی و ساخت واحدها و گروه‌های تکنولوژی هموسته و همچنین ارزیابی همزمان میزان ساخت‌پذیری این واحدها در حین توسعه محصولات جدید در شبکه زنجیره‌تامین یک بنگاه مادر نیاز به یک ابزار یکپارچه‌ساز وجود دارد. بطوریکه بنگاه‌ها بتوانند با رویکرد مهندسی همزمان[1]، در حین طراحی محصول، فرآیند و شبکه زنجیره‌تامین، به طراحی یکپارچه گروه‌های تکنولوژی نیز بپردازند. جهت توسعه محصولات ساخت‌پذیر، بنگاه‌ها می‌باید در حین طراحی محصول نسبت به طراحی و توسعه فرآیندهای عملیاتی داخلی و طراحی شبکه زنجیره‌تامین مناسب اقدام نمایند. مطالعه ادبیات موضوع و همچنین بررسی بنگاه‌های خودروسازی ایران نشان داد که معماری محصول می‌تواند بعنوان یک ابزار یکپارچه‌کننده و استراتژیک برای طراحی جامع مورد استفاده قرار گیرد. نتایج این تحقیق نشان داد که توجه به معماری محصول در صنعت خودروسازی ایران از اهمیت بسزایی برخوردار است. هر چقدر معماری خودروهای ایرانی مدولار باشند، شرکت‌های خودروسازی در جذب و نیز انتقال تکنولوژی‌های محصول از زنجیره‌تامین و یا از شرکای بین‌المللی موفق‌تر خواهند بود. متاسفانه این مهم در طراحی خودروهای ایرانی کمتر مورد توجه قرار گرفته و این دانش در ایران یک دانش جوانی محسوب می‌گردد. عدم توجه به اهمیت معماری محصول موجب شکست و یا عدم کسب موفقیت مورد نظر در شرکت‌های ایرانی شده است. بعنوان مثال خودروی کاروان؛ محصول طراحی‌شده گروه سایپا، به علت اینکه دارای معماری نامناسبی بود، هم امکان بکارگیری تکنولوژی‌های بروز در آن و هم امکان برونسپاری قطعات و مولفه‌های آن مقدور نشده و این محصول علیرغم اینکه دارای حجم بازار قابل توجهی بود، با تحمیل هزینه‌های گزاف بر شرکت، از خط تولید سایپا حذف گردیده و بازار خود را به محصولات چینی واگذار کرده است. از طرف دیگر در همین بنگاه محصول دیگری بنام خودروی تیبا به جهت نوع معماری مناسب و تقریباً مدولار، هم از تکنولوژی‌های به‌روز دنیا بهره برده و هم برونسپاری قطعات آن در شبکه زنجیره‌تامین با موفقیت همراه بوده است. همچنین واریانت‌های متنوعی از این محصول در مدت زمان کوتاهی به بازار عرضه شده و در آینده نیز عرضه خواهد شد.

1- Concurrent Engineering

نتایج تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده نشان می‌دهد که معماری محصول دارای نقش زیادی در میزان مشارکت و نیز انتقال تکنولوژی در شبکه زنجیره‌تامین دارد. اگر در یکسری از تکنولوژی‌ها به تامین‌کنندگان متکی هستیم، در فرآیندهای طرح‌ریزی، طراحی و ساخت تکنولوژی‌های موصوف و تامین قطعات آنها می‌باید تامین‌کنندگان را در پروژه‌های توسعه درگیر نموده و آنها را در اتخاذ تصمیمات مشارکت داد. همچنین در حین انتخاب نوع معماری محصول، می‌باید مولفه‌های مهم استراتژی محصول و استراتژی تامین بنگاه در قطعات موجود، قطعات جدید و همچنین تجهیزات ساخت و تولید و مونتاژ در نظر گرفته شوند. از طریق معماری محصول، تکنولوژی‌های محصول و فرآیند در شبکه زنجیره‌تامین به هم وصل گردیده و گروه‌های تکنولوژی هموسته را شکل می‌دهند. مدل طراحی شده در این تحقیق، بعنوان پلتفرمی جامع برای طراحی و ساخت یکپارچه و ساخت‌پذیر واحدهای تکنولوژی محصول در شبکه زنجیره‌تامین یک بنگاه مادر توصیه می‌گردد.

**تشکر و قدردانی**

نویسندگان مقاله از مدیران و کارشناسان گروه‌های سایپا و ایران‌خودرو که با مشارکت خود در جلسات متعدد مصاحبه و ارائه نقطه نظرات خویش انجام این تحقیق را ممکن کردند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنند. همچنین از داوران محترم مقاله که با نقطه نظرات حکیمانه خویش موجب پربارتر شدن علمی و فنی مقاله شدند سپاسگزاری می‌گردد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## References

1-Baldwin, C.Y. & Kim, B.C. (2000). Design Rules: the power of modularity, The MIT Press.

2-Caputo, M. & Zirpoli, F. (2002). Supplier involvement in automotive component design: outsourcing strategies and supply chain management, International Journal of Technology Management, Vol. 23 (1–3): 129–154.

3-Creswell, J.W. (2009). Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approach, 3rd, Thousand Oak, CA: Sage.

4-Cunha, F. & Heckman, J.J. (2007). The Technology of Skill Formation, IZA Discussion.

5-ElHadj, K., Agard, R.B. & Penz, B. (2009). An Optimization Method for the Simultaneous Design of a Product Family and its Related Supply Chain Using a Taboo Search Algorithm, Cirrelt, Vol. 35.

6-Fine, C. (1998). Clockspeed: Winning Industry Control in the Age of Temporary Advantage, Perseus Books, New York.

7-Fisher, Ramadas & Ulrich. (1999). Component Sharing in the Management of Product Variety: A Study of Automotive Braking System, Management Science, Vol. 45, No. 3: 297-315.

8-Fixson, S.K. (2005). Product architecture assessment: a tool to link product, process and supply chain decision, Journal of Operation Management, Vol. 23(1): 345-369.

9-Gordon, S. (2008). The Case for Case-Based Research, Journal of Information Technology Case and Application Research, Vol. 10 (1), PP. 1-10.

10-Huang, C. & Kusiak, A. (1998). Modularity in design of products and systems, IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 28:66-77.

11-Lamothe, J., Hadj-Hamou, K. & Aldanond, M. (2006). An optimization model for selecting a product family and designing its supply chain, European Journal of Operational Research, Vol. 169, No. 3: 1030–1047.

12-Maropoulos, P.G., Bramal, D.G. & Mckay, K.R. (2003). Assessing the manufacturability of early Product designs using aggregate process models, Engineering Manufacture, Vol 217.

13-Nepal, B., Monplaisirb, L. & Famuyiwa, O. (2011). A multi-objective supply chain configuration model for new products, International Journal of Production Research, Vol. 49, No. 23.

14-Pahl & Beitz. (1988). Engineering Design - A Systematic Approach, London: Springer-Verlag.

15-Parente, R., Alvaro, C., Nicole, S. & Flavio, V. (2013). Lessons Learned from Brazilian, Business Horizons.

16-Pero, M., Abdelkafi, N., Sianesi, A., Blecker & Thorsten. (2010). A Framework for the Alignment of New Product Development and Supply Chains, Supply Chain Management, Vol. 15, No. 2.

17-Ragatez, L., Handfield, B. & Petersen, J. (2002). Benefits associated with supplier integration into new product development under conditions of technology uncertainty, Journal of Business Research, Vol. 55: 389-400.
18-Salvador, F. & Forza, C. (2002). Modularity, Product Variety, Production Volume, and Component Sourcing, Journal of Operation Management, Vol. 20: 549-575.
19-Sanchez, R. & Mahoney, J. (1996). Modularity, flexibility and knowledge management in product and organization design, Strategic Management Journal, Vol. 17: 63-76.
20-Swink & Morgan. (1999). Threats to New Product Manufacturability and the Effects of Development Team Integration Processes, Journal of Operations Management, No. 17: 691-709.
21-Tatikonda, M. & Gregory, S. (2003). Product technology transfer in the upstream supply chain, The Journal of Product Innovation Management, Vol. 20: 444-467.
22-Ulrich, K.T. & Eppinger, S.D. (2012). Product Design and Development, 5 ed., MC Graw-Hill International (UK) Ltd.
23-Ulrich, K. & Tung, K. (1991). Fundamentals of Product Modularity, in Proceedings of the 1991 ASME Design, Miami, Florida.
24-Ulrich, K. (1995). The role of product architecture in the manufacturing firm, Research Policy, Vol. 24, No. 3: 419–440.
25-Wheelwright, S.C. & Clark, K.B. (1992). Creating Plans to Focus Product Development, Harvard Business Review: 70-82.
26-Whitney, D.E. (2004). Mechanical Assemblies: Their Design, Manufacture, and Role in Product Development, Oxford University Press.
27-Worren, N., Moore, K. & Cardona, P. (2002). Modularity, strategic flexibility, and firm performance, a study of the home appliance industry, Vol. 23, No. 12.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی