MODIRIAT-E-FRDA JOURNAL
ISSN ٢٢٢٨-٦٠٤٧

Cuncurent Engineering for Mass production of Products from Research and Development Projects with Fuzzy AHP Methodology

Mohammad Forozandeh[١]

١. Malek ashtar university. Industrial engineering. Tehran.mohforouzandeh@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: ١٨ March ٢٠٢١
Revised: ١٠ June ٢٠٢١
Accepted: ١٦ June ٢٠٢١

Keywords:
project-oriented organization, concurrent engineering, research and development project

ABSTRACT

Objective: The purpose of this article is to present a model for the integration of design, production and supply in research industries for the mass production of outcomes from research and industrial development projects.

Methodology: This research deals with the issue of coordination of design, production and supply, which by reviewing the literature, its key indicators were extracted at the level of research and industrial development projects and finally ranked with fuzzy AHP decision models.

Conclusion: For the first time, this research examines concurrent engineering in research industries and provides a model for the integration of design, production and supply. The indicators of this issue are divided into ٤ criteria of product structure and architecture, management, quality and organizational cooperation, and the criterion of product structure and architecture is the most important. Research and development organizations should consider key strategies including cost reduction with product and process design, cost reduction with standardization and common platform, using a suitable and sustainable supply chain, and cost reduction by rationalizing production lines in the research cycle process.

Originality:

Cite this article: Forozandeh, Mohammad.(٢٠٢١). Cuncurent engineering for mass production of products from Research and Development projects with Fuzzy AHP Methodology.*Academic Librarianship and Information Research*, ٥٤ (٤), ١-٢٠. DOI: ٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠

© The Author(s).

DOI: ٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠

, Vol, , No. , ٢٠٢٠, pp. .

نشریه مدیریت فردا
ISSN ۲۲۲۸-۶۰۴۷

مهندسی همزمان سه بعدی تولید انبوه محصولات حاصل از پروژه‌های تحقیقاتی و توسعه صنعتی بارویکرد AHP فازی

محمد فروزنده*[۱]

چکیده

هدف: هدف این مقاله ارایه مدلی جهت یکپارچه سازی طراحی، تولید و تامین در صنایع تحقیقاتی جهت تولید انبوه دستاوردهای حاصل شده از پروژه های تحقیقاتی و توسعه صنعتی می باشد.

ضرورت: یکی از موضوعات و مشکلات پیش روی چرخه تحقیقات کشور مساله یکپارچه سازی طراحی و تولید می‌باشد. نهادهای تحقیقات محصولی را طراحی می‌کنند که بدون همکاری نهاد مهندسی ساخت انجام می‌شود. نهاد ساخت در تولید محصول طراحی شده زبان مشترک نداشته و لذا تولیدی اتفاق نمی افتد. طراحی بدون در نظر گرفتن ملاحظات تولید و تامین فقط برای طراح زیبا به نظر می‌رسد ولی سازمان تولید کننده در برخی موارد یا توانایی تولید آنرا ندارد یا در تامین برخی قطعات دچار مشکل می‌شود.

روش شناسی: این تحقیق به موضوع هماهنگی طراحی، تولید و تامین پرداخته که با بررسی ادبیات موضوع شاخصهای کلیدی آن در سطح پروژه‌های تحقیقاتی و توسعه صنعتی استخراج شده و در نهایت با مدلهای تصمیم گیری AHP فازی رتبه بندی شدند.

یافته‌ها: این تحقیق برای اولین بار مهندسی همزمان سه بعدی در صنایع تحقیقاتی را بررسی کرده و برای یکپارچگی طراحی، تولید وتامین مدلی ارائه می‌دهد. شاخصهای این موضوع در ۴ معیار ساختار و معماری محصول، مدیریتی، کیفیت و همکاری سازمانی تفکیک شده‌اند که معیار ساختار و معماری محصول بیشترین اهمیت را دارد.

نتیجه‌گیری: سازمانهای تحقیقاتی و توسعه ای بایست راهبردهای کلیدی شامل کاهش هزینه با طراحی محصول و فرایند، کاهش هزینه با استاندارد سازی و پلتفرم مشترک، بکارگیری زنجیره تامین مناسب و پایدار و کاهش هزینه با منطقی کردن خطوط تولید در فرایند چرخه تحقیقات مد نظر قرار دهند.

کلیدواژه‌ها: سازمان پروژه محور، مهندسی همزمان سه بعدی، پروژه تحقیق و توسعه.

استناد: فروزنده، محمد؛ (۱۴۰۰). مهندسی همزمان سه بعدی تولید انبوه محصولات حاصل از پروژه‌های تحقیقاتی و توسعه صنعتی بارویکرد AHP فازی .

دریافت مقاله: .....۱۳۹۹/۱۲/۱۰ پذیرش مقاله: .....۱۴۰۰/۰۸/۰۶..

[۱] دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع مهندسی صنایع، تهران. **mohforouzandeh@gmail.com**

مقدمه

در بسیاری از سازمانها شرایط کاری جوری است که مهندسین طراح به صورت مجزا اقدامات طراحی را انجام داده و طراحی ها در واحدهای مهندسی شکل می‌گیرد. محصول حاصل از طراحی به تولید منتقل می‌شود. مهندسین بدرستی نمیدانند بناست چه محصولی تولید نمایند و تامین کنندگان و واحدهای تامین و خرید هم نمیدانند چه قطعه ای باید تولید کنند چون نقشه ها به تنهایی بیانگر طرح طراحان نمی باشند. از آن سو طراحان نیز از قابلیت واحدهای تولید بی خبرند. نمی دانند که سازمانهای تولیدی آیا تجهیزات لازم برای تولید این طراحی رادارند؟ خیلی وقتها باید یک طراحی سریع به بازار برسد اما در عمل تولید ضعیف و پرهزینه و ناسالم می باشد. خیلی اوقات اصول کیفی نیاز به تجهیزات و ابزار خاصی دارند. برخی موارد به دلیل اینکه محصول از اصول طراحی متوازن به میزان کافی برخوردار نیست نمی تواند مراحل تولید را بدرستی طی کند و نیاز به عملیات دستی اضافی پیدا میکند که این امر موجب ناکارامدی محصول در فرایند تولید می شود. بنابراین بایست به این موضوع توجه نمود که تولید، طراحی و تامین یا همان مهندسی همزمان سه بعدی بدون هماهنگی و یکپارچگی منجر به طراحی محصولی می‌شود که فقط طراحش از آن لذت می‌برد مانند کودک نازیبایی که تنها در چشم مادرش زیباست. از طرف دیگر امروزه در محیط پروژه های کشور تحولات زیادی نسبت به گذشته مشاهده می شود. فشار فناوریهای پیشرفته و چند منظوره، تغییرات نرم افزاری در حداقل زمان جهت طراحی محصولات متنوع و جدید در محیط پروژه، تمایل به کوتاه شدن چرخه عمر پروژه ها حکایت از پیشرفت نرم افزاری طراحی بدون در نظرگرفتن الزامات تولید دارد. اهمیت و ضرورت این موضوع در پروژه های مختلف همراه با موضوع تنوع سازی و استفاده از پلتفرمهای مشترک متفاوت می باشد. در برخی پروژه ها این ضرورت بیشتر از پروژه های دیگر می‌باشد.

از سوی دیگر محدودیت منابع، فشار فناوری، شدت رقابت و نیاز به سرعت عمل و انعطاف بالا در محیط پروژه موجب شده که راهبرد یکپارچه سازی عمودی(مالکیت واحد همه عناصر زنجیره تامین) در طراحی، تامین و تولید و نهایتا عرضه محصولات به مانند گذشته کارائی نداشته باشد. در عوض مجموعه ای از موجودیتها شامل کارفرما، مجریان ،پیمانکاران و تامین کنندگان مواد و قطعات مورد نیاز با مالکیتهای مختلف در فرایند توسعه و تولید و عرضه محصولات مشارکت دارند. این مجموعه از موجودیتهای فعال در تولید و رسانیدن محصول به دست مشتری همان زنجیره تامین می باشد. امروزه موفقیت پروژه مستلزم عملکرد صحیح و هماهنگ زنجیره تامین می باشد. ارائه محصولات متنوع و نزدیک به سفارش بهره بردار پیچیدگی ها و دشواری هائی را به زنجیره تامین تحمیل می کند که به طور طبیعی کارائی آنرا کاهش می دهد. جلوگیری از افت شدید کارائی و در عین حال تولید و عرضه محصولات مورد نیاز نیرو، محققان و مدیران پروژه را برآن داشته تا با اتخاذ یک نگاه کلان نگر در سطح زنجیره تامین به دنبال راهکارهائی برای این منظور باشند. این راهکارها از نقطه نظر تصمیمات طراحی محصول، تصمیمات فرایند تولید، تصمیمات زنجیره تامین و یا هماهنگی بین این سه بعد یا همان مهندسی همزمان سه بعدی جستجو می شود.

ضرورت و اهمیت این تحقیق از منظر صنعت مورد مطالعه نیز قابل توجه است. امروزه شرکتهای پروژه محور می کوشند با افزایش انعطاف پذیری سیستمهای طراحی و تولید، انطباق بیشتری با تقاضای بازار پیدا کرده و محصولات نوآورانه و طرحهای جدید را در دامنه های زمانی کوتاه به بازار عرضه کنند. مرور مطالعات انجام شده در داخل کشور نشان میدهد که این موضوع در سطح مطالعات آکادمیک هم چنان که باید مورد توجه قرار نگرفته و این با روند تحقیقات انجام شده در سطح جهان همخوانی ندارد. این در حالی است که به دلیل تنوع بالا و کمیت اندک هر یک از اقلام در این سیستمها، مدیریت آنها از دشواریی های خاصی برخوردار است که لزوم کمک به آنها، انجام چنین مطالعاتی را اجتناب ناپذیر مینماید.

هدف این تحقیق طراحی مدل مهندسی همزمان سه بعدی جهت یکپارچگی تصمیمات طراحی، تولید و تامین برای پروژه های تحقیقاتی و توسعه صنعتی می‌باشد. این موضوع در پروژه های کشور پیش از این چندان مورد مطالعه قرار نگرفته و اغلب تحقیقات انجام شده بر صنایع دیگر متمرکز بوده اند. این تحقیق با اتخاذ یک نگاه مبتنی بر زنجیره تامین، فرایند اجرای تحقیقات در مراحل چرخه حیات پروژه از طراحی، تامین تا مراحل بهره برداری و وارهائی مورد مطالعه قرار داده و در هرمرحله تصمیماتی را که باید به صورت هماهنگ ابعاد محصول، فرایند تولید و تامین اتخاذ شود جستجو می کند.

انتظار می رود نتایج این تحقیق بتواند به عنوان مدلی برای یکپارچه سازی طراحی و تولید در فرایند انتقال دستاوردهای تولیدی به صنعت مورد استفاده قرار گیرد.

۱. مروراديبات

تقاضای بهره بردار جهت دریافت محصولات با فناوری بالا و متنوع که جوابگوی نیاز بهره بردار در محیط عملیات باشد با دو رویکرد در زنجیره تامین روبرو می باشد. این زنجیره میتواند اساساً نسبت به این تنوع گسترده بی تفاوت باشد و محصولات را به شکل کاملا استاندارد شده (یعنی یک محصول برای همه در قالب بیانیه عملیاتی تعریف شده) عرضه کند. در این حالت هرچند میتوان انتظار تولید محصولاتی ارزان قیمت را داشت، اما این زنجیره در پاسخگویی به تقاضای مشتریان توفیقی نخواهد داشت. حالت دیگر آن است که این سیستم تولیدی اطلاعات تقاضای مشتریان را دریافت کرده و محصولاتی کاملاً سفارشی شده مطابق فناوری روز برای آنها تولید کند. در این حالت هر چند خواست مشتری دقیقاً تحقق میابد، اما او ناچار است برای دریافت محصول مورد تقاضا زمان زیادی را منتظر بماند و البته بهای بسیار گزافی پرداخت کند .در حالت اول سیستم کاملاً در قالب تولید بر اساس انباشت(فشار فناوری) و در حال دوم در قالب مهندسی بر اساس سفارش(کشش بازار) عمل میکند .این دو حالت که در دو سر یک طیف قرار میگیرند، هر کدام مشتریان خود را دارند. اما واقعیت آن است که بخش عمده بازار امروزی در فاصله بین این دو نقطه قرار می گیرند. امروزه آنچه از یک تولیدکننده انتظار میرود، برقرار کردن موازنه منطقی و مطلوب بین کارایی و پاسخگویی زنجیره تأمین با هدف جلب رضایت مشتریان و با توجه به شرایط تقاضا است. انجام تحقیقات و ارائه راهکارهایی برای تحقق این انتظار با توجه به شرایط کسب و کار امروزی ضروری به نظر می‌رسد.

در یک یا دو دهه اخیربا توجه به تحولات و تغییرات اساسی در صنعت، بسیاری از تولیدکنندگان که در دهه های گذشته با اتخاذ سیستم هایی مانند تولید برای انباشت –یعنی تولید در حجم بالا و تنوع کم – شرایط مطلوبی در عرصه رقابت داشتند، امروزه میکوشند به سمت سیستمهائی مانند مونتاژ بر اساس سفارش[۱]، تولید بر اساس سفارش[۲] و حتی مهندسی بر اساس سفارش[۳] تغییر مسیر دهند. به عبارت دیگر در عرصه جهانی صنعت، نوعی گذار جدی از الگوی مبتنی بر پیش بینی به الگوی مبتنی بر سفارش و مشارکت دادن مشتری در طرح و تولید محصول مشاهده میشود.

از سوی دیگر این تحول منجر به افزایش هزینه های تولید و پیچیدگی کسب و کار میشود .برای پاسخگویی به تقاضای متنوع بازار مصرف، بسیاری از شرکتها دامنه محصولات تولیدی خود را گسترش میدهند که این امر از سویی درآمد و از سوی دیگر عدم کارایی عملیاتی را افزایش می دهد(برون و پرو، ۲۰۱۲). در نتیجه زنجیره‌های تأمین به دنبال توسعه الگوها و روشهایی هستند که بتوانند در عین عرضه تنوع مناسب، پیچیدگیهای عملیاتی سیستم تولید را نیز مدیریت کرده و در مجموع سود خود را حداکثر کنند. هدف نهایی همه این الگوها توسعه و عرضه محصولاتی است که متمایز در بیرون از زنجیره[۴] و مشابه در درون زنجیره[۵] باشند. این بدان معنی است که مجموعه محصولاتی که در یک زنجیره تأمین تولید و عرضه میشوند از دیدگاه مشتریان برخوردار از سطح تنوع مناسب باشد، اما با اتخاذ روشهای مدیریتی ساختار، اجزاء، شیوه ها و فرایند تولید آنها تا حد امکان مشابه باشد.

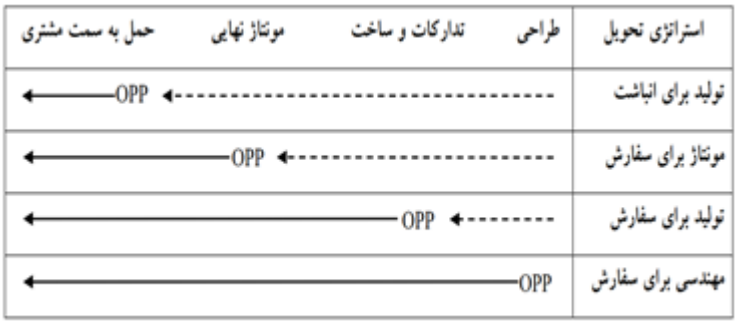
---

[۱] Assemble-to- order

[۲] Make –to - order
[۳] Engineering-to-order
[۴] Externally differentiated
[۵] Internally differentiated

زنجیره تأمین عبارت است از شبکه ای از سازمانها که از طریق پیوندهای بالادست و پایین دست در فرایندها و فعالیتهای مختلف تولید ارزش مشارکت میکنند؛ تولید ارزش در قالب کالاها و خدماتی تعریف میشود که به دست مشتری نهایی میرسند(کریستوفر، ۲۰۰۵). به طور کلی هدف ومعیار اصلی سنجش عملکرد زنجیره تأمین را میتوان در طیفی قرار داد که در یک سر آن کارایی[۱] و در سر دیگر، پاسخگویی[۲] قرار دارد. اغلب زنجیره های تأمین عملاً در موقعیتی بین این دو سر طیف قرار میگیرند .پاسخگویی زنجیره تأمین، قابلیتهایی مانند پاسخگویی به طیف گسترده ای از کمیتهای مورد تقاضا، دستیابی به زمان انتظار کوتاه، امکان ارائه تنوع بالایی از محصولات، تولید محصولات نوآورانه، دستیابی به سطح بالایی از خدمات و مدیریت عدم اطمینان عرضه را شامل میشود (چوپرا[۳]، ۲۰۰۷). از سوی دیگر، در زنجیره تأمین کارا که در سر مقابل طیف قرار میگیرد، تأکید اساسی بر حفظ و افزایش کارایی هزینه ای است که اغلب با تولید محصولاتی با تنوع کم یا بدون تنوع در مقیاس انبوه به دست می آید.

یکی از موضوعاتی که در مباحث تولید و زنجیره تامین مورد توجه قرار گرفته مفهوم نقطه نفوذ سفارش[۴] (OPP) و استراتژیهای تعویق[۵] می باشد. نقطه نفوذ سفارش شروع بخشی از فرایند است که در آن عملیات تولیدی در پاسخ به یک سفارش مشخص و واقعی انجام میشود. شارمن با تکیه بر موضوع موجودی OPP را به عنوان نقطه ای که ویژگیهای محصول در آن ثابت شده و نیز به عنوان آخرین نقطه نگهداری موجودی معرفی میکند (به نقل از اولهاگر۲۰۰۳). به بیان دیگر می توان گفت OPP عبارت است از نقطه ای که در حد فاصل عملیات مبتنی بر پیش بینی و عملیات مبتنی بر سفارش قرار دارد. نویسندگان مختلف بر اساس موقعیت نقطه نفوذ سفارش (که نقطه انفصال سفارش مشتری نیز خوانده می شود) زنجیره های تأمین را به چند نوع طبقه بندی کرده اند .شکل ۱ دسته بندی ارائه شده توسط اولهاگر ۲۰۰۳ را نشان میدهد.



شکل(۱)- راهبردهای مختلف تحویل محصول در ارتباط با موقعیتهای نقطه نفوذ سفارش مشتری(اولهاگر، ۲۰۰۳)

موقعیت نقطه نفوذ سفارش در زنجیره، و جلو راندن یا عقب کشیدن آن ابزاری مؤثر در هدایت زنجیره تأمین به سمت کارایی یا پاسخگویی است . عموماً نزدیکتر شدن این نقطه به مشتری موجب افزایش عملیات تولید بر اساس پیش بینی و در نتیجه افزایش کارایی، و نزدیکتر شدن این نقطه به تأمین کنندگان موجب افزایش عملیات تولید بر اساس سفارش و در نتیجه افزایش پاسخگویی زنجیره تأمین خواهد شد .در نتیجه تعیین موقعیت نقطه نفوذسفارش یک تصمیم راهبردی و کلیدی در مدیریت زنجیره تأمین است.

جدول(۱)- موضوعات راهبردی، دلایل و اثرات منفی پیش راندن یا عقب کشیدن opp (اولهاگر، ۲۰۰۳)

نوع	مزیت رقابتی	دلایل	اثرات منفی

[۱] Efficiency
[۲] Responsiveness
[۳] Chopra
[۴] Order penetration point(OPP)
[۵] Postponement

پیش راندن	سرعت تحویل	کاهش زمان انتظار مشتری	تکیه بیشتر بر پیش بینی
	قابلیت اطمینان تحویل	بهینه سازی فرایند تولید	کاهش سفارشی سازی محصول
	قیمت		
عقب کشیدن	دامنه محصول	افزایش درجه سفارشی سازی	طولانی شدن زمان انتظار
	انعطاف پذیری محصول	کاهش تکیه بر پیش بینی	کاهش کارایی تولید
		کاهش ریسک اسقاط موجودی	کاهش قابلیت اطمینان تحویل

فیکسون(۲۰۰۵) معماری محصول را به عنوان ابزاری برای پیوند بین تصمیمات طراحی محصول، فرایند تولید و زنجیره تأمین مطرح کرده و یک چارچوب چند بعدی برای ارزیابی جامع معماری محصول ارائه میکند .او بر این باور است که اگر معماری محصول به درستی تعریف شود میتواند به عنوان یک مکانیسم هماهنگی بین سه بعد مطرح شده عمل کند. معماری محصول به الگوی تخصیص عناصر کارکردی محصول به عناصر فیزیکی آن اشاره دارد .رابطه بین اجزای فیزیکی با عناصر عملکردی محصول می تواند درجات متفاوتی از پیچیدگی داشته باشد .ارنز و ورهالست (۱۹۹۷) اظهار میکنند که معماری محصول جنبه های ایستای محصول را از جنبه های متغیر آن تفکیک میکند .جنبه های ایستا به منظور بهبود نسبت هزینه /عملکرد یکپارچه میشوند و جنبه های متغیر به شیوهای ماژولار توسعه داده میشوند تا موازنه بین هزینه و تنوع را بهبود دهند. اولریش۱۹۹۸ نیز با تمایز قائل شدن بین محصولات ماژولار و محصولات یکپارچه ویژگیهای زیر را برای معماری ماژولار مطرح میکند:

- اجزاء قابل تعویض هستند؛
- ارتباط یا تعاملات استاندارد بین اجزاء مورد استفاده قرار میگیرد؛
- یک جزء میتواند بدون ملاحظه اجزای دیگر یا با ملاحظه اندکی طراحی شده یا ارتقا داده شود؛
- ترجیحات مشتری ترکیب بندی محصول را تعیین میکند .

از سوی دیگر یک محصول یکپارچه از اجزایی تشکیل شده که کارکردهایشان به شدت به هم وابسته و مرتبط است .محصولات یکپارچه به صورت یک سیستم با اتخاذ رویکرد بالا به پایین طراحی میشوند .به علاوه محصولات یکپارچه بر اساس عملکرد سیستم و نه عملکرد اجزاء ارزیابی میشود(سیمچی،۲۰۰۸). تعداد کمی از محصولات به صورت مطلق ماژولار یا یکپارچه هستند (سیمچی،۲۰۰۸). در واقع یکپارچگی یا ماژولاریتی در دو سر یک طیف قرار دارند.

برخی نویسندگان ابزارهایی را برای سنجش الگوی حاکم بر معماری محصول و رابطه بین اجزای فیزیکی تشکیل دهنده آن ارائه کرده اند. سیورینگ (۲۰۰۹) ماتریس رابطه محصول را به عنوان یک چارچوب مفهومی برای مدیریت زنجیره تأمین ارائه کردند. هلم کویست و پرسون (۲۰۰۳) نیز روشهای موجود برای ماژولار کردن محصولات را شناسایی کرده و آنها را از نظر قابلیت سروکار داشتن با درجات متفاوت پیچیدگی محصول تحلیل کردند.

۲. پیشینهٔ پژوهش

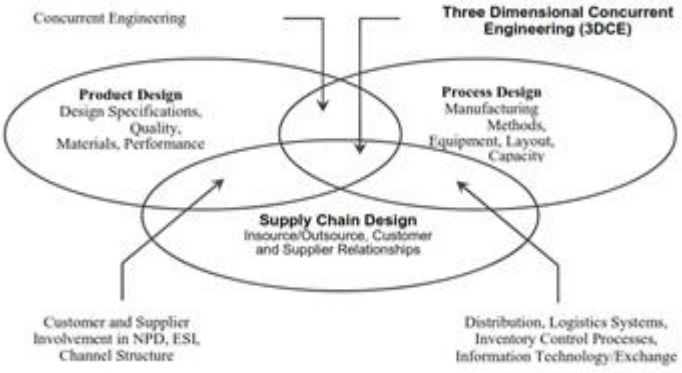
بر اساس آنچه در سوابق تحقیق اولیه (اولریش ۱۹۹۸، فیشر ۱۹۹۷، فاین ۱۹۹۵، گریوزو ویلمز ۲۰۰۸، هوانگ و همکاران،۲۰۰۵) مورد اشاره قرار گرفته تصمیمات مرتبط با فرایند تولید و تصمیمات مرتبط با زنجیره تأمین به ساختار محصول نهایی وابسته هستند (نپال و همکاران۲۰۱۲). این در حالی است که رویکرد سنتی به رابطه بین تصمیمات طراحی محصول، طراحی فرایند و طراحی زنجیره تأمین چه در صنعت و چه در مطالعات آکادمیک الگوی سری میباشد؛ به این معنی که یک محصول توسعه داده میشود، سپس تصمیمات مرتبط با تولید و زنجیره تأمین آن اتخاذ میشود .

بخش گسترده ای از مطالعاتی که در سالهای گذشته انجام شده بر مطالعه این سه بعد به صورت مجزا تمرکز کرده و وابستگی های متقابل بین این ابعاد را مورد توجه قرار نداده اند .این رویکرد سنتی منجر به افزایش افزونگی ، افزایش هزینه ها و بهینه سازی جزئی میشود .نپال و همکاران(۲۰۱۲) که خود، انطباق معماری محصول با طراحی زنجیره تأمین را مورد مطالعه قرار داده اند، به دو مشکل رویکرد سنتی توسعه محصول اشاره میکنند : اول اینکه رویکرد سنتی به دلیل از دست دادن فرصتهای پردازش موازی کند است؛ و دوم این رویکرد منجر به راه حلهای بهینه جزئی میشود، زیرا هر مرحله (اعم از طراحی، تولید و زنجیره تأمین) در بهترین حالت میتواند راه حلها و گزینه هایی تولید کند که فقط برای همان مرحله بهینه باشد.در مهندسی همزمان، این رویکرد خطی و سری جای خود را به یک الگوی همزمان میدهد؛ به این معنی که ملاحظات تولیدی و نیز ملاحظات مرتبط با زنجیره تأمین در هنگام توسعه و طراحی محصول جدید در نظر گرفته میشود.

مهندسی همزمان در دو شکل دو بعدی و سه بعدی در ادبیات تحقیق مطرح شده است .مهندسی همزمان دو بعدی به طور عمده به لزوم هماهنگی و همزمانی در اتخاذ تصمیمات مربوط به طراحی محصول و فرایند تولید می پردازد. مهندسی همزمان سه بعدی که برای اولین بار توسط فاین مطرح شده، تصمیمات مرتبط با زنجیره تأمین را نیز در این هماهنگی و همزمانی وارد میکند .مهندسی همزمان در شکل اولیه آن (یعنی مهندسی همزمان دوبعدی) به طور عمده بر درون سازمان متمرکز است، این در حالی است که امروزه بهبود شاخصهای عملکردی مانند قیمت، زمان انتظار، کیفیت و ...توسط یک شرکت به تنهایی قابل دستیابی نبوده و عملکرد موجودیتهای مختلف مؤثر در زنجیره تأمین در این رابطه تعیین کننده هستند(الرام و استنلی). این مسئله موجب توسعه مهندسی همزمان سه بعدی و افزوده شدن بعد جدیدی به طراحی محصول و فرایند با عنوان طراحی برای زنجیره تامین شده است .طراحی برای زنجیره تأمین عبارت است از طراحی محصولات و فرایندها به گونه ای که عملکرد و هزینه های مرتبط با زنجیره تأمین بتواند به طور اثربخشی مدیریت شود (المراغی و محمودی ،۲۰۰۸).

تعاریف مختلفی برای مفهوم مهندسی همزمان ارائه شده که معروفترین آن، مهندسی همزمان یعنی در فاز طراحی، همه عوامل مرتبط با چرخه عمر محصول در نظر گرفته شود .این عوامل شامل تولید، مونتاژ، تست، قابلیت اطمینان، هزینه و کیفیت میشود (اگرادی و همکاران ۲۰۱۹). همچنین آن روشی برای توسعه محصول بهبود یافته، با هدف کاهش زمان و هزینه توسعه محصول و دستیابی به کیفیت بالا، از طریق یکپارچه سازی همزمان طیف گستردهای از مسائل مربوط به چرخه عمر محصول می باشد. (سابرامانیام و لو ۲۰۲۰) .

الرام و همکاران ۲۰۰۷ مطالعه جامعی را بر روی ادبیات موضوع مهندسی همزمان سه بعدی انجام داده و بر عوامل و موانع سازمانی در اجرای مهندسی همزمان سه بعدی متمرکز شده اند .پشتیبانی از چارچوب تئوریک مهندسی همزمان سه بعدی و شناسایی موانع اتخاذ این رویکرد هدف الرام و همکاران بوده است .آنها به این نکته اشاره میکنند که تعداد « کارهایی که در حوزه مدیریت زنجیره تأمین انجام شده و به صراحت طراحی محصول، فرایند و زنجیره تأمین را به هم پیوند داده باشد اندک است .بیشتر کارهای ارائه شده دو تا از این پیوندها را مورد مطالعه قرار داده و بدون برقراری هر گونه یکپارچگی عمیق صرفاً به اهمیت پیوند سوم اشاره میکند. چنانکه اشاره شد افزوده شدن تصمیمات مرتبط با زنجیره تأمین، منجر به توسعه مفهوم مهندسی همزمان به شکل سه بعدی آن شده است .چالشی که به طور طبیعی در هماهنگی سه بعدی بین طرح محصول، فرایند تولید و تصمیمات مربوط به تأمین مورد توجه قرار میگیرد، تناقض و تعارض اهداف است .به عنوان مثال انتخاب تأمین کننده ای که اقلام مورد نیاز را با کیفیت مناسب و در زمان انتظار کوتاه فراهم کند با هدف کاهش هزینه تعارض خواهد داشت .این تعارض و نمونه های دیگری از این دست که در واقع همان لزوم موازنه بین کارایی و پاسخگویی است، تصمیم گیرندگان را به سمت برقراری یک تعادل و موازنه به حد کفایت خوب هدایت می کند. شکل ۲ تصویری کلی از مهندسی همزمان دوبعدی و سه بعدی را نشان داده و تفاوتهای این دو را برجسته میکند.



شکل(۲)- مهندسی همزمان سه بعدی(الرام، ۲۰۰۸)

فاین و همکاران(۲۰۰۵) با تکیه بر بحث ماژولار بودن یا یکپارچه بودن محصول و زنجیره تامین، یک مدل برنامه ریزی آرمانی برای هماهنگی بین محصول، فرایند و زنجیره تامین در سطوح تصمیم گیری راهبردی و تاکتیکی و نه عملیاتی ارائه کردند. چنانکه بیشتر اشاره شد مطالعه فاین و همکاران (۲۰۰۵) در گروه تحقیقاتی قرار می گیرد که بر این باورند که محصولات ماژولار زنجیره های تامین ماژولار دارند. لو و پاور (۲۰۱۲) نیز با استفاده از چارچوب ارائه شده توسط فیشر یک مطالعه تجربی درباره رابطه بین ماهیت محصول و استراتژی زنجیره تأمین انجام دادند. لاو و یام (۲۰۰۷) تحقیقی را در مورد چگونگی دستیابی سازمانها به عملکرد بهتر از طریق یکپارچه کردن توسعه محصول بر مبنای همکاری با مشتریان، تأمین کنندگان و... و طراحی ماژولار محصول ترتیب دادند .آنها با مرور جامع ادبیات توسعه محصول، مدیریت زنجیره تأمین و تئوری سیستمی چهار فرض مطرح کرده و آنها را در نمونه ای متشکل از ۲۵۱ تولیدکننده هنگ کنگی مورد تست تجربی قرار دادند. آنها از تحقیق خود چنین نتیجه میگیرند که مدیران باید در مراحل آغازین طراحی محصول به خصوص در تصمیمات مرتبط با طراحی ماژولار، تأمین کنندگان، مشتریان و واحدهای عملکردی داخل شرکت را مشارکت دهند .آنها بر این باورند که این روش به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر عملکرد محصول تأثیر خواهد داشت.

گروهی از نویسندگان نیز بر لحاظ کردن جنبه های متفاوتی مانند مسائل حقوقی و قانونی و زیست محیطی در مهندسی همزمان متمرکز شده اند. به عنوان مثال دولتشاهی (۲۰۰۱) نقش ایمنی محصول و مسئولیت مرتبط با آن را در مراحل اولیه طراحی محصول مورد بررسی قرار داده است. الرام و همکاران(۲۰۰۷) بخشی از مطالعات انجام شده در گذشته را با عنوان ادبیات مکمل مهندسی همزمان سه بعدی دسته بندی کرده اند که در جدول ۲ آمده است.

جدول(۲)- مرور ادبیات مهندسی همزمان سه بعدی

مفاهیم کلیدی	جریان تحقیق	نقش در ادبیات موضوع	منافع	نویسندگان
	محصول وفرایند	رابطه نزدیک بین نوع فرایند تولید، حجم محصول و ماهیت آن وجود دارد. که منجر به بهبود هزینه، کیفیت، زمان و انعطاف پذیری میشود.	بهبود عملکرد عملیاتی و بهبود جریان نقد	Hayes and wheelwright(۱۹۷۹), kim۱۹۹۲, ettlie ۱۹۹۵, safizadehet ۱۹۹۶
طراحی محصول/طراحی فرایند	مهندسی همزمان	فرایند توسعه محصول، فناوری، ساختار سازمانی و کانالهای ارتباطی با عملکرد توسعه محصول پیوند میدهد.	پشتیبانی از نوآوری محصول، تمرکز بر بهبودکیفیت، کاهش زمان عرضه به بازار، بهبود	Blackburn ۱۹۹۶, swink ۱۹۹۸, balsubramanian ۲۰۰۱, koufteros ۲۰۰۲, Kelly and flore ۲۰۰۲

			رضایت مشتری، سود بیشتر و کاهش هزینه	
	لجستیک، موجودی،تولید و اطلاعات	مورد توجه قرار دادن مبادله اطلاعات بین مشتری و تامین کننده، یکپارچه سازی فرایند و کنترل موجودی در زنجیره های تامین	موجودی کمتر، کاهش هزینه کل زنجیره، افزایش درآمد، افزایش اطلاعات دقیق، بهبود کانالهای توززیع و روابط مشتری با تامین کننده	Davis ۱۹۹۳, carter and ferrin ۱۹۹۵, cavinato ۲۰۰۵, fine ۱۹۹۸, jain ۱۹۹۱, krajewski ۲۰۰۱, chritopher ۲۰۰۱, lee ۲۰۰۲, moinzadeh ۲۰۰۲, Johnson ۲۰۰۳, sauvage ۲۰۰۳, simatupang and sridharan ۲۰۰۵
	مشارکت تامین کننده از آغاز	مشارکت مشتری از مراحل آغازین طراحی و توسعه متمرکز، بهبود ساخت پذیری، کاهش زمان عرضه محصول به بازار، کاهش ریسک ارتباط و بهبود موفقیت محصول	کاهش هزینه توسعه، کاهش زمان انتظار، بهبود طراحی برای ساخت پذیری، کاهش ریسک ارتباط، بهبود کلی در موفقیت توسعه محصول جدید	Birou and Fawcett ۱۹۹٤, bonaccorsi and lipparini ۱۹۹٤, Holland ۱۹۹٥, wasti and liker ۱۹۹۷, lucas ۱۹۹۹, choi ۲۰۰۱, wynstra ۲۰۰۱
طراحی زنجیره تایمن/طراحی فرایند/طراحی محصول	صدای مشتری	مشتری نظر دهنده کیفیت و عملکرد محصول است. درک نیاز مشتری و در نظرگرفتن آن در فرایند توسعه محصول زمان عرضه به بازار را کاهش داده و کیفیت را بهبود میدهد. منجر به موفقیت کلی پروژه در بازار میشود.	بهبود موفقیت تجاری، کاهش زمان عرضه به بازار	Morash ۱۹۹٦, ettlie ۱۹۹۷, burchill ۱۹۹۷,swink ۱۹۹۸, keller ۱۹۹۹,Christopher ۲۰۰۱, Griffiths ۲۰۰۰, Kelly and flores ۲۰۰۲
	ساختار/کانال طراحی	طراحی و ساختاردهی کانال برای موفقیت کلی محصول، سازمانهایی که به عنوان موجودیتهای شبکه یکپارچه رقابت میکنند نتایج عملکردی بهتری نسبت دارند.	سود بیشتر برای اعضای کانال، قیمت کمتر برای مشتریان	Coase ۱۹۹۸, miracle ۱۹۸۰, Anderson ۱۹۸۰, Williamson ۱۹۸٥,john ۱۹۸۰, rao ۱۹۹۰, klein et al ۱۹۹۰

کوفتروس و همکاران(۲۰۰۱) ، از جریان کاری همزمان، تیمهای توسعه محصول، و مشارکت اولیه بخشها و واحدهای مختلف به عنوان سه عنصر اساسی مهندسی همزمان یاد میکنند. بعضی محققان بر موضوع مشارکت تأمین کننده در توسعه محصول جدید تمرکز کرده و هماهنگی محصول، فرایند و زنجیره تأمین را از این منظر مورد مطالعه قرار داده اند .از آن جمله میتوان به پیترسن و همکاران(۲۰۰۵) اشاره کرد .آنها در مطالعه خود کوشیده اند فرایندها یا استراتژیهای مشارکت تأمین کننده در مراحل آغازین توسعه محصول را شناسایی کنند، استراتژیها یا فرایندهایی که اگر به

کار گرفته شوند منجر به بهبود طراحی محصول، تولید و تحویل محصول میشوند .به این منظور آنها مدلی توسعه دادند که موفقیت پروژه توسعه محصول جدید را تابعی از عوامل زیر میداند:

- فرایند اثربخش برای انتخاب تأمین کننده؛
- مشارکت تأمین کننده در تعیین معیارها و اهداف عملکرد تجاری پروژه؛
- مشارکت تأمین کننده در تعیین معیارها و اهداف عملکرد فنی پروژه.

بعضی نویسندگان بر توسعه ابزارها، تکنیکها و سازوکارهایی برای هماهنگ کردن محصول، فرایند و زنجیره تأمین متمرکز شده اند. سینگال (۲۰۰۲) با استفاده از یک ماتریس انطباق اجزاء و تمرکز بر عدم انطباق تکنولوژیک و بازاریابی، پیوندی را بین طراحی محصول و فرایند و زنجیره تأمین برقرار کردند .آنها در بستر کارکرد طراحی محصول، مفاهیم و طبقه بندی انطباق تکنولوژیک و بازاریابی را توسعه دادند .آنها با استفاده از ماتریس انطباق ارائه شده توسط سینگال و نیر(۱۹۷۹) در محیط برنامه ریزی پروژه، یک ماتریس انطباق تکنولوژیک و یک ماتریس انطباق بازاریابی توسعه داده و کاربرد روش ماتریس انطباق را برای یک خط تولید ۳۶ ماشین صنعتی که توسط یکی از واحدهای کسب و کار یک شرکت تولید میشد، تشریح کردند .منصورنژاد و همکاران(۲۰۱۰) نیز یک متدولوژی سلسله مراتبی برای یکپارچه کردن طراحی سبد محصول /فرایند، طراحی انعطافپذیری تولید و طراحی شبکه زنجیره تأمین در صنعت خمیر و کاغذ پیشنهاد کردند.

المراغی و محمودی(۲۰۰۸) مدل جامع پشتیبانی از تصمیم برای تعیین همزمان سناریوی ماژولارسازی بهینه محصول و ترکیبندی جهانی زنجیره تأمین در سه سطح (تأمین کنندگان، تسهیلات تولید و مراکز توزیع) توسعه دادند. هوانگ و همکاران(۲۰۰۷) در مطالعه خود چالش طراحی اثربخش زنجیره تأمین به منظور یکپارچه کردن تصمیمات پلتفرم محصول، تصمیمات فرایند تولید و تصمیمات منبع یابی را مورد بررسی قرار دادند .آنها از ابزار درخت محصول ژنریک GBOM برای مدلسازی و نمایش تصمیمات طراحی پلتفرم محصول و استراتژیهای پلتفرم سازی (مانند ماژولاریتی و اشتراک) استفاده کردند .آنها همچنین یک مدل ریاضی برای بهینه سازی تصمیمات منبع یابی، فرایند ساخت و ترکیب بندی محصول نهایی ارائه کرده، سپس یک مدل الگوریتم ژنتیک برای حل آن توسعه دادند .نتایج آنها نشان میدهد که توسعه اشتراک در پلتفرم محصول اثر قابل توجهی بر عملکرد زنجیره تأمین دارد .همچنین اشتراک اجزاء در پلتفرم محصول، نگهداری موجودی را به سمت بالادست زنجیره هدایت کرده و از این طریق هزینه کل نگهداری موجودی در زنجیره تأمین را کاهش میدهد،زیرا هزینه نگهداری مواد اولیه بسیار بالاتر از هزینه نگهداری محصول تمام شده است.

یکی از مطالعات اخیر در بحث هماهنگی سه بعدی توسط کریستیانتو و همکاران(۲۰۲۰) انجام شده است. آنها به این نکته اشاره میکنند که ارتباط بین طراحی محصول و فرایند تولید با طراحی فرایند لجستیک باید موازنه ای بین هزینه بالای تولید واحد محصول در یک زنجیره تأمین پاسخگوتر، یا هزینه پایینتر تولید واحد محصول با یک زنجیره تأمین کمتر پاسخگو برقرار کند. در تحقیق کریستیانتو و همکاران ترکیب بندی بهینه زنجیره تأمین برای محصولات سفارشی شده مورد بررسی قرار گرفته است .آنها در این تحقیق سفارشات برگشتی و سطح موجودی را به عنوان معیارهای ارزیابی عملکرد سیستم مورد توجه قرار دادند .آنها دریافتند که نقاط کمتر برای نگهداری موجودی و دوره های کوتاه تر بررسی تقاضا میتواند عملکرد سیستم را بهبود دهد .در مطالعه دیگری لنگنبرگ و همکاران(۲۰۱۲) هماهنگی بین سبد زنجیره تأمین و سبد محصول را در سطح تصمیم گیری تاکتیکی تحلیل کردند .مطالعات آنان نشان میدهد که سبد بهینه زنجیره تأمین برای سبد محصول ناهمگن نسبت به سبد محصول همگن پراکنده تر است.

لاموث و همکاران(۲۰۰۹) در چارچوب موضوع طراحی برای زنجیره تأمین DFSC مدلی برای طراحی همزمان محصول و زنجیره تأمین در شرایط متغیر بودن تقاضای مشتریان ارائه کردند .تصمیمات طراحی زنجیره تأمین در مطالعه لاموث و همکاران شامل انتخاب محل تولید، انتخاب محل مونتاژ و محل انباشت؛ و تصمیمات طراحی محصول شامل انتخاب گونه های محصول است. داکونا و همکاران(۲۰۰۸) با تمرکز بر حوزه طراحی

برای هزینه، سفارشی سازی انبوه از طریق ساختار ماژولار در یک محیط مونتاژ برای سفارش را مورد مطالعه قرار دادند .آنها برای این مسئله یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح ارائه کرده و آن را با استفاده از الگوریتمهای ایتکاری و فراابتکاری (تبرید شبیه سازی شده) حل کردند .نتایج محاسباتی آنها نشان میدهد که با بهینه سازی ترکیب ماژولها میتوان به صرفه جوییهای قابل توجهی دست یافت.

در یک جمع بندی از مطالعات انجام شده با موضوع مهندسی همزمان میتوان آنها را از لحاظ هدف تحقیق و نیز روش و متدولوژی انجام تحقیق به گروههایی طبقه بندی کرد .با توجه به تازگی این موضوع، بخش قابل توجهی از مطالعات انجام شده بر ارائه تعاریف، مفاهیم و چارچوب نظری از مهندسی همزمان (دوبعدی) و مهندسی همزمان سه بعدی متمرکز شده اند .برخی از این مطالعات نیز با استفاده از ادبیات موضوع و سوابق تحقیق نسبت به توسعه چارچوب مفهومی این موضوع و پیشنهاد زمینه هایی برای توسعه آن در آینده اقدام کرده اند. برخی دیگر از مطالعات انجام شده بر ارائه ابزارها، تکنیکها و متدولوژیهایی برای مهندسی همزمان سه بعدی تمرکز کرده اند .برخی دیگر به ارزیابی منافع حاصل از مهندسی همزمان سه بعدی پرداخته و با استفاده از شواهد تحقیق، منافع و عواید آن برای شرکتها یا زنجیره های تأمین را توضیح داده اند .به علاوه یک روند در حال شکل گیری در ادبیات موضوع، استفاده از مهندسی همزمان سه بعدی به منظور مورد ملاحظه قرار دادن عوامل غیر اقتصادی مانند ملاحظات زیست محیطی، اجتماعی و ... در طراحی محصولات جدید است.

از منظر روش تحقیق مانند بسیاری از موضوعات دیگر، مطالعاتی که در این حوزه انجام شده اند نیز به دو گروه تقسیم میشوند :گروهی که از روشهای کمی و گروهی که از روشهای کیفی برای دستیابی به نتایج تحقیق بهره برده اند .در مطالعاتی که به روشهای کمی صورت گرفته برخی مدلهای ریاضی کاربرد بیشتری داشته اند که مهمترین آنها عبارتند از مدلسازی برنامه ریزی آرمانی و مدلسازی برنامه ریزی عدد صحیح مختلط . استفاده از برنامه ریزی آرمانی برای مدلسازی اینگونه مسائل عمدتاً به دلیل ماهیت متناقض بین اهداف است؛ چرا که برخی از اهداف مانند بهای تمام شده جنبه های کارایی را دنبال میکنند و برخی اهداف دیگر مانند کوتاه کردن زمان عرضه محصول جدید به بازار به دنبال توسعه پاسخگویی زنجیره تأمین هستند .تحقیقات کمی هر چند نتایج دقیق و قطعی ارائه میکنند اما دو مشکل اساسی دارند :اول اینکه مقیاس مسئله مورد مطالعه آنان بسیار محدود است؛ دوم اینکه بر پیش فرضهای ساده کننده ای استوارند که اغلب، در محیط واقعی برقرار نیستند .این دو محدودیت موجب میشود که به کارگیری نتایج حاصل از این مطالعات در شرایط واقعی دشوار یا غیرممکن باشد .هر چند برخی از این مطالعات بعد از ارائه یک الگوی کمی مثالی برای کاربرد آن مدل ارائه کرده اند، اما این مثالها نیز اغلب ماهیت نظری و تئوریک داشته یا به شدت ساده شده اند.

گروه دیگری از تحقیقات انجام شده از روشهای کیفی استفاده کرده اند .در میان تحقیقات کیفی انجام شده، مطالعه موردی به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است .با توجه به تازگی نسبی موضوع مهندسی همزمان سه بعدی، بسیاری از تحقیقات صورت گرفته ماهیت اکتشافی داشته و به دست آوردن درک عمیق نسبت به ابعاد مختلف این موضوع را هدف خود قرار داده؛ استفاده از مطالعات موردی را به این هدف نسبت داده اند.همچنین برقرار کردن پیوند نزدیکتر بین مطالعات آکادمیک و محیط واقعی صنعت و به دست آوردن نتایجی که امکان بیشتری برای اجرایی شدن داشته باشد انگیزه دیگری برای انجام مطالعات موردی محسوب میشود.البته در بخش قابل توجهی از تحقیقات انجام شده، روشهای کمی و کیفی در کنار هم مورد استفاده قرار گرفته است .در این گونه موارد، از روشهای کیفی برای توسعه مدل و از روشهای کمی برای تست و ارزیابی آن استفاده شده است .به عنوان مثال میتوان به ارائه فرضهای اولیه از طریق مطالعات موردی، و تست آنها به وسیله پیمایش و تحلیلهای آماری اشاره کرد.

جنبه دیگری که میتوان سوابق تحقیق را بر اساس آن مورد بررسی قرار داد، ابعاد تجربی مطالعات انجام شده و ماهیت صنایع یا محصولات مورد مطالعه است .به جز مطالعاتی که ماهیت کاملاً نظری داشته اند، سایر تحقیقات یا مدلهای عمومی (غیرمنحصر به یک محصول یا صنعت خاص) ارائه کرده اند و یا به طور مشخص موضوع مهندسی همزمان را با تمرکز بر یک صنعت یا محصول خاص مورد تحقیق قرار داده اند .بیشتر تحقیقات

پیشین که توسط نگارنده مرور شده بر صنایعی مانند خودرو و زیرسیستمهای آن (مانند تهویه خودرو)، ماشینهای سنگین، ابزارآلات، کامپیوتر و الکترونیک، مبلمان، لوازم خانگی، ماشین آلات صنعتی، دوچرخه و ... متمرکز بوده اند .وجه مشترک همه این محصولات این است که معماری آنها متشکل از قطعات و زیرسیستمهای فیزیکی سخت بوده و درک مفاهیم رایج معماری محصول مانند ماژولار بودن، یکپارچه بودن، اشتراک اجزاء و ... در آنها آسان است .به بیان دیگر ادبیات معماری محصول تا به امروز دقیقاً بر مبنای مطالعه چنین محصولاتی توسعه داده شده است .در حالی که محصولات مورد مطالعه در این تحقیق یعنی پروژه های تحقیقاتی ماهیتی کاملاً متفاوت دارد لذا معماری محصول مفاهیم و اقتضائات خاص خود را دارد که پیش از این چندان مورد توجه و تحقیق قرار نگرفته است .فرایندی که برای آماده سازی محصولات تحقیقاتی انجام میشود را میتوان تلفیقی از تولید و ساخت در نظر گرفت .همچنین محصولات این صنعت بیش از آنکه قطعه محور باشند ماهیت خصیصه محور دارند .همین تفاوت در انطباق ادبیات معماری محصول با ویژگیهای صنعت کشور در آینده مورد استفاده قرار خواهد گرفت. جدول ۳ برخی سوابق تحقیق درباره موضوع مهندسی همزمان را بطور خلاصه نشان می دهد.

جدول(۳)- سوابق تحقیق با موضوع مهندسی همزمان

نویسنده	سال	موضوع/مهمترین نتایج
فیشر	۱۹۹۷	دسته بندی محصولات به کارکردی و نوآورانه که ساختار زنجیره تامین کارا برای محصولات کارکردی و ساختار زنجیره تامین پاسخگو برای محصولات نوآورانه مناسب است.
کوفتروس و همکاران	۲۰۰۱	جریان کاری همزمان، تیمهای توسعه محصول، مشارکت اولیه بخشها و واحدهای مختلف سه عنصر اصلی مهندسی همزمان است.
سینگال	۲۰۰۲	برقرارکردن پیوند بین طراحی محصول و فرایند زنجیره تامین با استفاده از ماتریس انطباق اجزا و تمرکز بر عدم انطباق فناورانه و بازاریابی
پیترسون و همکاران	۲۰۰۵	مشارکت تامین کننده در تعیین اهداف فنی پروژه توسعه محصول، تاثیر مثبت بر اثربخشی تیم پروژه خواهد داشت.
فاین و همکاران	۲۰۰۵	محصولات ماژولار نیاز به زنجیره تامین ماژولار دارند.
دوران و همکاران	۲۰۰۷	ماژولار شدن زنجیره تامین منجر به تغییر در موقعیت مکانی تامین کنندگان، خوشه بندی و ادغام تامین کنندگان شود که در تولید یک ماژول نقش دارند.
لاو ویام	۲۰۰۷	مشارکت مدیران در مراحل آغازین طراحی محصول، در تصمیمات مرتبط با طراحی ماژولار، تامین کنندگان، مشتریان و واحدهای عملکردی داخل شرکت
الرام و همکاران	۲۰۰۷	شکست در یکپارچه سازی عناصر مهندسی همزمان سه بعدی ناشی از عوامل اقتضایی شامل نگرشهای مدیریت ارشد و ترجیحات و الزامات سازمانی باشد.
هوانگ و همکاران	۲۰۰۷	استفاده از تئوری بازیها برای یکپارچه کردن ترکیب بندی محصولات پلتفرم با زنجیره تامین
الرام و همکاران	۲۰۰۸	ارایه مدلی برای یکپارچه کردن توسعه محصول جدید، اقدامات تولیدی مسئولانه نسبت به محیط زیست با استفاده از مهندسی همزمان سه بعدی
المراغی و محمودی	۲۰۰۸	توسعه مدل جامع پشتیبانی تصمیم برای تعیین همزمان سناریو ماژولارسازی بهینه محصول و ترکیب بندی جهانی زنجیره تامین در سه سطح
الحاج خلاف و همکاران	۲۰۰۹	منافع استانداردسازی اجزا را تایید میکند
منصور نژاد و همکاران	۲۰۱۰	توسعه یک متدولوژی سلسله مراتبی برای یکپارچه کردن طراحی سبدمحصول/فرایند طراحی، انعطاف پذیری تولید و طراحی شبه زنجیره در صنعت خمیر و کاغذ
الکو واشمیت	۲۰۱۱	انتخاب گزینه معماری محصول علاوه بر ساختار زنجیره به ویژگیهای شرکت، بازار و محصول بستگی دارد

نویسنده	سال	موضوع/مهمترین نتایج
بارد لوین و همکاران	۲۰۱۲	تصمیم گیری همزمان در مورد استانداردسازی اجزا و ساختار زنجیره تامین منجر به نتایج بهتری نسبت به تصمیم گیری سری /سنتی شود. تغییرات تقاضا منافع استاندارد سازی را بیشتر میکند.
کاریدی و همکاران	۲۰۱۲	هنگام طراحی زنجیره باید هردو عامل نوآوری و ماژولاریتی محصول مورد توجه قرار داد.
نپال و همکاران	۲۰۱۲	هرچه تعداد ماژولهای ارایه شده در شبکه زنجیره تامین بیشتر باشد نرخ همسازی مورد نیاز بین تامین کنندگان بیشتر خواهدبود.
لو و پاور	۲۰۱۲	بین ماهیت محصول و راهبرد زنجیره رابطه معنی داری وجود ندارد. بیشتر پاسخ دهندگان صرفنظر از ماهیت محصول به هردو راهبرد کارایی و پاسخگویی به عنوان راهبردهای حیاتی توجه کنند.
لنگنبرگ و همکاران	۲۰۱۲	سبد بهینه زنجیره برای سبد محصول ناهمگن نسبت به سبد محصول همگن پراکنده تر است.

با توجه به ادبیات پژوهش و شاخص‌های مشخص‌شده جهت شناسایی عوامل تاثیرگذار در هماهنگی تامین و تولید و طراحی در پروژه های تحقیقاتی و توسعه صنعتی و بررسی نظرات خبرگان، پرسشنامه‌ای طراحی شد و ابعاد و این شاخص‌ها ارائه شد.

جدول(۴)- عوامل عملیاتی مهندسی همزمان سه بعدی در پروژه ها

ردیف	مفاهیم عملیاتی هماهنگی سه بعدی	ردیف	مفاهیم عملیاتی هماهنگی سه بعدی	ردیف	مفاهیم عملیاتی هماهنگی سه بعدی
۱	هزینه یابی چرخه عمر بر مبنای فعالیت	۱۹	شبکه منعطف از تامین کنندگان متعدد	۳۷	استفاده از تکنولوژی گروهی
۲	هدفگذاری هزینه ای برای پروژه ها و محصولات	۲۰	امکان تغیرات و اصلاحات بعد از ساخت	۳۸	سیستمها و ساختارهای مدیریتی تشویق کننده نوآوری و تنوع مانند تفویض اختیار و سازماندهی تیمی
۳	در نظر گرفتن ملاحظات کیفی مورد نظر مشتری در کلیه فازها (طراحی،تامین و....)	۲۱	نگهداری پلتفرمهای استاندارد تا زمان رسیدن سفارش برای محصولات مختلف	۳۹	کنترل فرایند آماری و ابزارهای هفتگانه کیفیت و گسترش کارکردهای کیفیت
۴	قابلیت تطبیق محصول با خواسته ها و تغییرات مورد نظر مشتری در طول چرخه حیات و دوره استفاده	۲۲	استفاده از سیستمهای خرید بهنگام	۴۰	تطابق الزامات با مشخصات
۵	گسترش داده های دیجیتال پروژه در بیرون سازمان	۲۳	مدیریت ارتباط با مشتری	۴۱	حداقل تغییرات طراحی در فازهای مختلف محصول
۶	در دسترس بودن داده های دیجیتال پروژه بین لایه ها	۲۴	طراحی و تولید ترکیب متناسب و مکمل از محصولات	۴۲	طراحی و مونتاژ تصحیح کننده اشتباه
۷	ذخیره سازی و در دسترس بودن اطلاعات و داده های دیجیتال پروژه و محصول برای استفاده مجدد به یک شیوه منطقی و پایدار	۲۵	همکاری با شرکتهای مشاور	۴۳	حذف یا حداقل فعالیتهای بدون ارزش افزوده
۸	ارتباط الکترونیک داخلی و بیرونی بین لایه ها	۲۶	سرمایه گذاری در تحقیقات بازار	۴۴	افزایش اشتراک فرایندی بین محصولات مختلف

۹	ارتباطات الکترونیک بین فازهای چرخه حیات پروژه	۲۷	تدوین استاندارد برای انتخاب تامین کنندگان و خرید اقلام مورد نیاز	۴۵	کاهش زمان تصویب پروژه
۱۰	ایجاد پایگاههای اطلاعاتی پایدار برای استفاده از دانش انباشته طراحی	۲۸	در نظر گرفتن محدودیتها و ممنوعیتهای قانونی در طراحی و تامین	۴۶	ساده سازی و کاهش تعداد اجزا تشکیل دهنده محصول در طراحی مقدماتی
۱۱	ایجاد زنجیره تامین پایدار، قابل اطمینان و قوی در کلیه مراحل چرخه حیات پروژه	۲۹	مشارکت مهندسی قابلیت اطمینان در طراحی	۴۷	قراردادهای باز، بلند مدت و منعطف
۱۲	طی کردن فرایند تامین پیش از شروع طراحی و تولید پروژه	۳۰	امکان تامین از تامین کنندگان مختلف	۴۸	طراحی محصول پایدار (کاهش نوسان و تغییرات بین محصولاتی خارج شده از یک خط و کاهش نوسانهای تولید)
۱۳	سیستمهای خبره بمنظور تعریف فرانید ساخت محصول	۳۱	همکاری تامین کنندگان و سایر لایه ها در طراحی	۴۹	حداقل سازی سطح موجودی مواد اولیه و کالای در جریان ساخت
۱۴	تدوین استانداردهائی برای تصمیم گیری در مورد خرید یا ساخت	۳۲	قرار دادن طراحان در معرض منابع متعدد	۵۰	کاهش تنوع اقلام مصرفی
۱۵	طراحی ابزارها و فیکسچرها و پلت فرمهای مشترک برای تنوع بیشتر محصولات	۳۳	موجودی مدیریت شده توسط تامین کننده	۵۱	افرایش قابلیت جایگزینی اقلام مصرفی
۱۶	استفاده از تجهیزات هوشمند، خودکار و منعطف	۳۴	طراحی برای ساخت، مونتاژ، اتصال،تامین، منبع یابی ،حمل ونقل و نصب و نت و جایگزینی آسان	۵۲	حرکت به سمت فرانیدهای تکراری استاندارد شده
۱۷	مشارکت تضمین کیفیت از مراحل آغازین پروژه	۳۵	طراحی محصولات ماژولار برای تسهیل مونتاژ	۵۳	توسعه مدیریت مشارکتی
۱۸	افزایش تنوع عملکردی پروژه و محصول	۳۶	در نظر گرفتن الزامات ارگونومیکی در فاز طراحی	۵۴	آموزشها ی چندگانه و پرسنل چند مهارته

قطعا در مورد قابلیت به کارگیری همه این شاخصهای عملیاتی در پروژه های تحقیقاتی و توسعه صنعتی اطمینان وجود ندارد. برای پالایش شاخصهای شناسایی شده و دستیابی به مجموعه ای که به کارگیری آن در محیط پروژه مورد تأیید باشد پرسشنامه ای تهیه شد. در این پرسشنامه که توسط همه موردهای پژوهشی پاسخ داده شده، همه مفاهیم عملیاتی از نظر استفاده یا عدم استفاده توسط خود آنها و نیز قابل استفاده بودن در محیط پروژه ارزیابی شده اند. هدف از این مرحله دستیابی به مجموعه ای از مفاهیم عملیاتی است که قابل استفاده بودن آنها در پروژه مورد اجماع همه موردهای پژوهشی باشد. پس از شناسایی عملیاتی و در چارچوب رویکرد کلی حاکم بر تحقیق، شاخصهای شناخته شده طبقه بندی شدند. عامل مؤلفه اساسی هماهنگی مبنای طبقه بندی قرار گرفت. در این طبقه بندی شاخصهای عملیاتی نهایی به دست آمده از مطالعه موردی پالایش و ادغام شده است. جدول ۵ حاصل این دسته بندی را نشان میدهد. این عوامل(معیارها) بر اساس چهار عامل زیر مقوله بندی و در زیر ارائه گردیده است.

- عوامل ساختار و معماری محصول
- عوامل مدیریتی
- عوامل کیفیتی

- عوامل همکاری سازمانی

در نهایت مدل مفهومی بر اساس شاخصهای مستخرج از ادبیات موضوع و نظرات خبرگان تهیه شده است.

شکل(۳)- مدل مفهومی تحقیق

جدول(۵)- دسته بندی عوامل

ردیف	شاخص اصلی	شاخص فرعی
۱		سیستمها و ساختارهای مدیریتی تشویق کننده نوآوری و تنوع مانند تفویض اختیار و سازماندهی تیمی
۲		توسعه مدیریت مشارکتی
۳	عوامل مدیریتی	آموزشها ی چندگانه و پرسنل چند مهارته
۴		سرمایه گذاری درمطالعات و تحقیقات
۵		تعریف و تصویب نظام مند پروژه
۶		امکان تغیرات و اصلاحات بعد از ساخت
۷		نگهداری پلتفرمهای استاندارد تا زمان رسیدن سفارش برای محصولات مختلف
۸		تطابق الزامات با مشخصات
۹		افزایش اشتراک فرانیدی بین محصولات مختلف
۱۰		ساده سازی و کاهش تعداد اجزا تشکیل دهنده محصول در طراحی مقدماتی
۱۱	عوامل ساختار و	مشارکت مهندسی قابلیت اطمینان در طراحی
۱۲	معماری محصول	طی کردن فرایند تامین پیش از شروع طراحی و تولید پروژه
۱۳		سیستمهای خبره بمنظور تعریف فرانید ساخت محصول
۱۴		حداقل تغییرات طراحی در فازهای مختلف محصول
۱۵		طراحی ابزارها و فیکسچرها و پلت فرمهای مشترک برای تنوع بیشتر محصولات
۱۶		طراحی برای ساخت، مونتاژ، اتصال،تامین، منبع یابی ،حمل ونقل و نصب و نت و جایگزینی آسان
۱۷		طراحی محصولات ماژولار برای تسهیل مونتاژ
۱۸		در نظر گرفتن ملاحظات کیفی مورد نظر مشتری در کلیه فازها (طراحی،تامین و....)
۱۹	عوامل کیفیتی	کنترل فرانید آماری و ابزارهای هفتگانه کیفیت و گسترش کارکردهای کیفیت
۲۰		حذف یا حداقل فعالیتهای بدون ارزش افزوده
۲۱		گسترش کارکردهای کیفیتQFD
۲۲		شبکه منعطف از تامین کنندگان متعدد
۲۳		همکاری با شرکتهای مشاور
۲۴	عوامل همکاری	ایجاد زنجیره تامین پایدار، قابل اطمینان و قوی در کلیه مراحل چرخه حیات پروژه
۲۵	سازمانی	طراحی برای منبع یابی آسان
۲۶		موجودی مدیریت شده
۲۷		امکان تامین از تامین کنندگان مختلف

۳. روش شناسی

از آنجایی که این پژوهش از نوع تئوری و عملی می‌باشد نیازمند مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی بوده است. در این راستا مقالات، کتب و پایان‌نامه‌های متعددی مطالعه و بررسی شده‌اند. برای جمع‌آوری اطلاعات به طور حضوری به دانشگاه‌ها و مراجع کتابخانه‌ای زیادی مراجعه شده است. در مرحله

انتخاب مدل، مطالعات زیادی صورت گرفته است و دلایل انتخاب آن تشریح شده است و برای بررسی اعتبار مدل، در هر مرحله از مدل نتایج مورد بررسی خبرگان قرار گرفت. در این راستا پرسشنامه‌هایی طراحی و بین آنان توزیع شده است و روایی و پایایی آن بررسی شده است. گاهی اوقات به منظور جمع‌آوری بهتر داده‌ها، با خبرگان مصاحبه صورت گرفته است. با این موارد مطرح شده این پژوهش از نوع توصیفی- پژوهشی می‌باشد و با توجه به پیاده‌سازی آن در سازمانهای تحقیقاتی پروژه محور از نوع کاربردی است.

در این پژوهش جامعه آماری شامل متخصصان حوزه تحقیقات است. در جهت داشتن جامعه آماری خبره، از کارشناسان و کارکنان نیز استفاده شده است. جامعه آماری شامل مدیران، کارشناسان و کارمندان حوزه تحقیقات سازمان تحقیقاتی پروژه محور است. با توجه به انواع نمونه‌گیری و مطالب ارائه شده و حجم بالای جامعه آماری و به علت در دسترس نبودن برخی از افراد جامعه آماری، می‌توان نوع نمونه‌گیری در این پژوهش را احتمالی دانست. لذا از هر گروه ذکر شده در جامعه آماری تعدادی به تصادف و بر حسب در دسترس بودن برای پاسخ به پرسشنامه‌ها انتخاب شده‌اند. با توجه به جدول مورگان در صورتی که حجم جامعه آماری ۱۴۳، حجم نمونه باید ۱۰۶ باشد. در جدول ۶ نمونه آماری حوزه تحقیقات نشان داده شده است.

جدول(۶)- تعیین نمونه آماری حوزه تحقیقات.

ردیف	جامعه آماری	حجم جامعه	حجم نمونه
۱	مدیران	۱۰	۱۰
۳	کارشناسان ارشد تحقیقات	۳۴	۲۲
۴	کارشناسان	۴۷	۴۱
	کارکنان	۵۲	۳۳
	مجموع	۱۴۳	۱۰۶

در پژوهش حاضر از مطالعات کتابخانه‌ای بهره زیادی شده است به طوریکه با مراجعه به کتاب‌ها، مجلات و نشریات گوناگون فارسی و لاتین و پایان‌نامه‌های موجود در دانشگاه‌های مختلف و پژوهشکده مدارک و اسناد علمی ایران و فیش برداری از آنها و استفاده از سایت‌های مختلف اینترنتی مرتبط با موضوع و مراجعه به کتابخانه‌های دانشگاه‌های تهران، علم و صنعت، شهید بهشتی، خواجه نصیر و گفتگو و مصاحبه با کارشناسان و مدیران در حوزه‌های مرتبط از جمله مدیران و کارشناسان تحقیقات ، سعی شده است تا سوابق تحقیقات صورت گرفته در مورد این موضوع را گردآوری نموده و همچنین با استفاده از این روش و گردآوری آثار مربوط به موضوع تحقیق و با توجه به آخرین آمار و اطلاعات موجود، در غنی‌تر ساختن ادبیات پژوهش، تهیه پرسشنامه به نحو مناسب و مطلوبی بهره گرفته شود.

در پرسشنامه‌های تحقیق حاضر همانطور که اشاره شد از مقیاس پنج گزینه‌ای لیکرت برای جمع‌آوری نظرات پاسخگویان استفاده شده است. بدین ترتیب اطلاعات کیفی و ناپارامتریک با مقادیر کمی و عددی تعبیر شدند و در محاسبه ملاک عمل قرار گرفت. نحوه امتیاز بندی سوالات نیز در جدول زیر می‌باشد.

امتیاز	۱	۲	۳	۴	۵
عبارت زبانی	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد

این تحقیق شامل سه سری پرسشنامه می باشد که عبارتند از: سری اول پرسشنامه ها مربوط به بررسی روایی معیارها می باشد که در پرسشنامه (۱) به آن اشاره شده است و به صورت محقق ساخته می باشد. یعنی سوالات در قالب پرسشنامه مطرح و توسط خبرگان بررسی شده است. در پرسشنامه (۱) نظر

خبرگان با جواب های بله و خیر پرسیده شده است. به منظور بررسی پایایی معیارها از پرسشنامه دوم استفاده شده است. در پرسشنامه (۲) نظرات با انتخاب یکی از اعداد یک تا پنج (از طیف ۵ گزینه ای لیکرت) گرفته می شود. برای تعیین پایایی، معیارها و زیرمعیارها با استفاده از نظر خواهی از نمونه آماری طراحی شده است و دارای دو بخش اصلی می باشد.

- اطلاعات فردی که شامل میزان تحصیلات، سابقه کار و میزان آشنایی با پروژه تحقیقاتی می باشد.
- سوالات مرتبط با معیارها و زیرمعیارها، که پاسخگویی به آنها از طریق یک طیف شامل گزینه های بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم صورت می گیرد.

پرسشنامه مقایسات زوجی برای به دست آوردن وزن معیارهای تحقیق طراحی گردیده است که دارای دو بخش اصلی می باشد. بخش اول شامل اطلاعات فردی که شامل میزان تحصیلات، سابقه کار و میزان آشنایی با پروژه تحقیقاتی می باشد. و بخش دوم شامل مراحل زیر است که عبارتند از:

- ❖ سوالات مربوط به مقایسه زوجی معیارها با یکدیگر نسبت به تابع هدف.
- ❖ سوالات مربوط به مقایسه زوجی زیرمعیارها نسبت به معیار اصلی.

در این پژوهش از روایی محتوا استفاده شده است. به این منظور، پرسشنامه روایی محتوایی پژوهش به گونه‌ای طراحی گردید که سوالات آن مبهم و چندپهلو نباشد. سپس پرسشنامه تهیه شده در اختیار اساتید محترم راهنما و مشاور قرار گرفت و با کسب نظرات و پیشنهادات آن‌ها بازبینی و اصلاح گردید. پس از نهایی شدن پرسش نامه جهت اعمال نظر و قضاوت در اختیار ۱۳ نفر از متخصصان و خبرگان آشنا به موضوع قرار گرفت. از این تعداد، ۱۱ عدد از پرسشنامه تکمیل شده و در اختیار محقق قرار گرفت. در نهایت پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها با ارائه نتایج بررسی پرسشنامه‌ها به اساتید محترم راهنما ، عواملی که با استفاده از روش لاشه طبق رابطه ۱ از مقبولیت زیادی برخوردار نبودند، با نقطه برش ۶۰ درصد آرای مثبت، از پرسشنامه حذف و یا اصلاح شد و یا عوامل دیگری به آن اضافه گردید.

رابطه ۱)

$$CVR = \frac{N_e - N/2}{N/2} \geq 0/6$$

CV: ضریب روایی پرسشنامه (نقطه برش) که در این تحقیق طبق رابطه بالا بیشتر از ۶۰ درصد می‌باشد.

N_e: تعداد افرادی که جواب مثبت به پرسشنامه داده‌اند.

N : تعداد کل افراد خبره که پرسشنامه را پر می کنند.

ضمنا روایی کل مدل نیز از طریق مصاحبه با خبرگان از طریق سوال مورد پرسش قرار گرفت:

جدول(۷)- روایی پرسشنامه

معیار / محقق		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	مجموع	روایی
عوامل مدیریتی	q1	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۱	۱
	q2	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۱	۱
	q3	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۴	۰,۶۶
	q4	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۱	۱
	q5	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۱	۱
عوامل	q6	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۹	۰,۶۳۶

ساختار و معماری محصول	q7	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۸	۰,۴۵۵
	q8	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۷	۰,۲۷۳
	q9	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۱	۱
	q10	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۰	۰,۸۱۸
	q11	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۱	۱
	q12	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۱	۱
	q13	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۶	۰,۰۹۱
	q14	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱۰	۰,۸۱۸
	q15	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱۰	۰,۸۱۸
	q16	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۱	۱
	q17	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۷	۰,۲۷۳
عوامل کیفیتی	q18	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۱	۱
	q19	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۱	۱
	q20	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۸	۰,۴۵۵
	q21	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۱	۱
عوامل همکاری سازمانی	q22	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۰	۰,۸۱۸
	q23	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۸	۰,۴۵۵
	Q24	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۱	۱
	Q25	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۵	۰,۵۶
	Q26	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱۰	۰,۸۱۸
	Q27	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۸	۰,۴۵۵

پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها برای تعیین اعتبار پرسشنامه‌ها و تحلیل داده‌های بدست آمده از نرم‌فزار "SPS" تحت ویندوز استفاده شده است، در حوزه تحقیقات از تعداد ۱۲۵ پرسشنامه توزیع شده، ۱۰۶ مورد به صورت درست تکمیل و جمع‌آوری شد. میزان آلفای کرونباخ برای پرسشنامه مربوط برابر۰,۸۷۸ بدست آمده است. با توجه به اینکه مقدار آلفای کرونباخ بالاتر از ۰/۷است پرسشنامه از ضریب پایایی مناسب و بالایی برخوردار می‌باشند. برای هریک از ابعاد ضریب پایایی محاسبه گردید و در جدول ۸ آورده شده است.

جدول(۸)- مقدار آلفای کرونباخ ابعاد مدل

بعد	آلفای کرونباخ
عوامل مدیریتی	۰,۸۶۹
عوامل ساختاری و معماری محصول	۰,۸۳۵
عوامل کیفیتی	۰,۷۱۲
عوامل همکاری سازمانی	۰,۷۳۰

همانطور که در جدول ۸ نشان داده شده است، همه شاخص های ابعاد مدل از پایایی خوبی برخوردارند. بعد از مشخص شدن روایی و پایایی معیارها، و شاخص های نهایی مدل، مرحله بعد تعیین وزن نسبی و نهایی هر معیار نسبت به معیارهای دیگر می باشد. در این تحقیق از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شده است. در این فرآیند عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط به خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه می‌شود. کلیه مقایسات در فرایند تحلیل سلسله مراتبی به صورت زوجی انجام می گیرد . در این مقایسات تصمیم گیرندگان از قضاوت های شفاهی استفاده خواهند کرد، به گونه ای که اگر عنصر i با عنصر j مقایسه شود تصمیم گیرنده خواهد گفت که اهمیت i بر j یکی از حالات زیر می باشد، این قضاوت ها توسط چانگ(۲۰۰۷) از مقادیر کیفی بین ۱ تا ۶ به اعداد فازی مثلثی تبدیل شده اند که در جدول ۹ آمده است:

جدول(۹)- مقادیر ترجیحات برای مقایسات زوجی فازی

مقیاس های زبانی برای اهمیت	مقیاس فازی مثلثی
کاملاً یکسان هستند	(۱ ،۱ ،۱)
اهمیت یکسانی دارند	(۰/۵ ،۱ ،۱/۵)
کمی بیشتر اهمیت دارد	(۱ ،۱/۵ ،۲)
بیشتر اهمیت دارد	(۱/۵ ،۲ ،۲/۵)
خیلی اهمیت دارد	(۲ ،۲/۵ ،۳)
کاملاً اهمیت دارد	(۲/۵ ،۳ ،۳/۵)

٤. یافته های پژوهش و تحلیل یافته ها

در این فصل به ارائه مهمترین یافته ای تحقیق پرداخته شده است. در ابتدا با مطالعات موردی ادبیات تحقیق و نظرات کارشناسان و خبرگان مرتبط با موضوع در حوزه راهبری موسسه به شناسایی ابعاد، مولفه ها و شاخصهای تاثیرگذار در هماهنگی تامین و تولید و طراحی در پروژه های تحقیقاتی و توسعه صنعتی پرداخته شد. سپس با نتایج بدست آمده مدل نهایی و ابعاد موثر تدوین شده و درنهایت تحلیل می شود. با توجه به جامعه آماری و روش نمونه‌گیری، تعداد ۱۲۵ پرسشنامه در سازمان تحقیقات موردنظر توزیع شد که درنهایت ۱۰۶ مورد از آن به‌درستی تکمیل و در اختیار پژوهشگر قرار گرفت. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان به‌صورت زیر است. مطابق جدول ۱۰، از ۱۰۶نفر پاسخ‌دهنده، ۱۰نفر در جایگاه مدیر و ۲۲ نفر در جایگاه کارشناس ارشد تحقیقات و ۴۱ نفر در جایگاه کارشناس تحقیقات ، ۳۳نفر در جایگاه کارکنان می‌باشند.

جدول(۱۰)- توزیع فراوانی پاسخ‌دهندگان به پرسشنامه

	میزان تحصیلات	فراوانی	درصد فراوانی		میزان تحصیلات	فراوانی	درصد فراوانی
جایگاه سازمانی	مدیر	۱۰	٪۹	**سابقه کار**	۱۰ - ۱	۴۷	۴۵
	کارشناس ارشد تحقیقات	۲۲	٪۲۱		۲۰ - ۱۱	۴۲	۴۰
	کارشناس تحقیقات	۴۱	٪۳۸		بیشتر از ۲۰	۱۷	۱۵
	کارکنان	۳۳	٪۳۲		**جمع کل**	**۱۰٦**	**۱۰۰**
	مجموع	**۱۰٦**	**٪۱۰۰**	**جایگاه خدمتی**	۱۵ و کمتر	۵۴	۵۲
میزان تحصیلات	کارشناسی	۳۷	۳۵		۱۶	۳۷	۳۵
	کارشناسی ارشد	۴۷	۴۵		۱۷	۱۴	۱۲
	دکترا	۲۲	۲۰		۱۸و بالاتر	۱	۱

	مجموع	۱۰۶	۱۰۰		**جمع کل**	۱۰۶	۱۰۰

مطابق جدول ۱۰، از ۱۰۶ نفر پاسخ‌دهنده ۲۲ نفر معادل ۲۰ درصد پاسخ‌دهندگان دارای مدرک دکتری و ۴۷ نفر معادل ۴۵ درصد دارای مدرک کارشناسی ارشد می‌باشند. لذا ۶۵ درصد افراد دارای مدرک تحصیلی فوق‌لیسانس به بالاتر می‌باشند.

طبق جدول، از ۱۰۶ نفر مذکور ۱۷ نفر معادل ۱۵ درصد پاسخ‌دهندگان دارای سابقه کاری بیشتر از ۲۲ سال، ۴۰ نفر معادل ۴۰ درصد دارای سابقه کاری بین ۱۱ تا ۲۰ سال و ۴۷ نفر معادل ۴۵ درصد پاسخ‌دهندگان سابقه کاری کمتر از ۱۰ سال دارا می‌باشند. لذا ۶۰ درصد دارای سابقه کاری زیر ۱۰سال دارند. همچنین از ۱۰۶ نفر مذکور ۱۴ نفر معادل ۱۲ درصد پاسخ‌دهندگان جایگاه خدمتی ۱۷ و ۳۷ نفر معادل ۳۵ درصد پاسخ‌دهندگان جایگاه خدمتی ۱۶ دارند و ۵۲ درصد از پاسخ‌دهندگان جایگاه خدمتی ۱۵ و کمتر دارند. با توجه به ویژگی‌های شخصیتی پاسخ‌دهندگان به پرسشنامه، می‌توان نتیجه گرفت که پاسخ‌های پرسشنامه از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار است.

بعد از نهایی شدن مدل، مرحله بعد تحقیق تعیین اهمیت هر معیار و یا زیر معیارها است. برای تعیین وزن معیارها از پرسشنامه شماره ۳(پرسشنامه مقایسات زوجی) و نظرسنجی از خبرگان گروه سوم مورداستفاده قرار گرفت که در ادامه به نتایج آن اشاره می‌شود. در تکمیل پرسشنامه مقایسات زوجی از نظر خبرگان و مدیران سازمان تحقیقاتی که با شاخص‌های موضوع آشنا بودند استفاده‌شده است. جهت کسب نظرات خبرگان در مورد میزان اهمیت معیارها و زیرمعیارها از پرسشنامه مقایسات زوجی استفاده‌شده است و از آنها خواسته شده است که متناظر با اعداد مندرج در پرسشنامه، عددی که بیان‌کننده ارجحیت یک معیار نسبت به معیار خود در یک سطح می‌باشد نظر خود را علامت گذاری نمایند. معیارهای هر سطح در سطح خود با سایر معیارهای همان سطح مورد ارزیابی قرار گرفت.

برای به دست آوردن ماتریس‌های مقایسات زوجی، نظرات خبرگان در این زمینه در نظر گرفته شد .یک مقیاس مقایسات برای خبرگان برای ارائه نظراتشان در نظر گرفته شد .بر اساس دانش و تجربه‌شان، خبرگان جواب‌هایشان را با یک مقدار کیفی برای تهیه ماتریس مقایسات زوجی ارائه دادند . نمونه سؤالات برای به دست آوردن نظرات خبرگان در پیوست آورده شده است. در پژوهش حاضر، فاصله‌های فازی به‌جای داده‌های قطعی در نظر گرفته شد تا بتواند عدم قطعیت ذاتی در تصمیم‌گیری را در نظر بگیرد .به همین منظور اعداد فازی مثلثی در این پژوهش استفاده شدند .یک عدد فازی مثلثی یک گروه خاصی از اعداد فازی هستند که تابع عضویت آنها به شکل (l, m, u) است که در شکل۱ نمایش داده شده است. عبارت ریاضی در فرمول ۱ آورده شده است .فاصله بعد از مقایسه i امین عنصر با j امین عنصر به دست می‌آید و حاصل این مقایسه با ‘‘ $aij^{\sim}$ ’’ نشان داده می‌شود .معکوس این عدد بیانگر ارجحیت j امین عنصر بر i امین است(معادله۲)

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{(x-l)}{(m-l)}; & l \le x \le m \\ \frac{(u-x)}{(u-m)}; & m \le x \le u \\ 0; & \text{otherwise} \end{cases} \qquad (۱-۴)$$

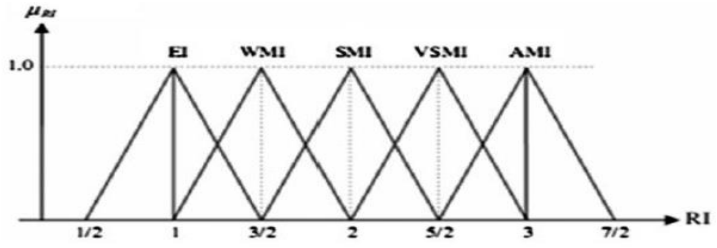
$$\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) = \tilde{a}_{ij}^{-1} = (1/u_{ij}, 1/m_{ij}, 1/l_{ij}) \qquad (۲-۴)$$

$$i, j = 1,2, \dots, n \quad i \neq j$$

اعداد مثلثی برای عبارات زبانی در شکل ۲ نشان داده‌شده است .این مقیاس توسط قهرمان پیشنهادشده است و در این زمینه بسیار کاربرد دارد . تصمیم‌گیرنده یک عبارت زبانی را بر اساس اهمیت نسبی دو گزینه در نظر گرفته‌شده از لحاظ معیار های سوالات انتخاب می‌کند.

جدول(۱۱)-اعداد فازی مثلثی معادل با عبارات کلامی-

مقیاس های زبانی برای اهمیت	مقیاس فازی مثلثی
کاملاً یکسان هستند	(۱، ۱، ۱)
اهمیت یکسانی دارند	(۰/۵، ۱، ۱/۵)
کمی بیشتر اهمیت دارد	(۱، ۱/۵، ۲)
بیشتر اهمیت دارد	(۱/۵، ۲، ۲/۵)
خیلی اهمیت دارد	(۲، ۲/۵، ۳)
کاملاً اهمیت دارد	(۲/۵، ۳، ۳/۵)



شکل(۴)- مثلث‌های عضویت برای مقیاس‌های کلامی اهمیت

درنهایت ماتریس مقایسه‌ای برای هر معیار به دست می‌آید(معادله ۳)." aij'' درجه اهمیت نسبی i امین عنصر را در مقایسه با j امین عنصر از لحاظ معیار در نظر می‌گیرد.

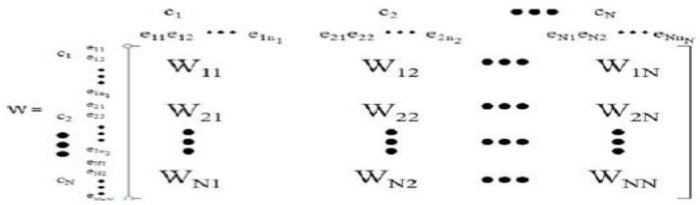
$$\tilde{A} = (\tilde{a}_{ij})_{m\times n} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & (l_{12},m_{12},u_{12}) & \cdots & (l_{1n},m_{1n},u_{1n}) \\ (l_{21},m_{21},u_{21}) & (1,1,1) & \cdots & (l_{2,n},m_{2,n},u_{2,n}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ (l_{n1},m_{n1},u_{n1}) & (l_{n2},m_{n2},u_{n2}) & \cdots & (1,1,1) \end{bmatrix}$$

از آنجا که AHP فقط می‌تواند اعداد قطعی را قبول کند، اولویت فازی به‌دست‌آمده باید به یک بردار اولویت قطعی تبدیل شود .روش‌های بسیاری ارائه‌شده‌اند اما روش تحلیل ارائه‌شده توسط چانگ بسیار ساده است و پیاده‌سازی آن نیز آسان است .مراحل این روش به شرح زیر می‌باشد.

۱) اخذ نظرات خبرگان به وسیله پرسشنامه مقایسه های زوجی

۲) ترکیب وزنها (میانگین گیری اعداد فازی)

بردارهای ویژه به‌دست‌آمده از مقایسات زوجی به ترتیب قرار می‌گیرند تا یک ماتریس را تشکیل دهند .بردار ستونی نشان‌دهنده تأثیر یک مجموعه از عناصر اجزای داده ، ازلحاظ معیار مربوطه، بر روی یک عنصر همان جزء یا جزء دیگر لیست شده در بالا می‌باشد .ساختار ماتریس در شکل ۵ نشان داده‌شده است.



شکل(۵)- ساختار ماتریس مقایسات زوجی

داده‌های مقایسات زوجی جمع‌آوری‌شده جهت تحلیل معیارها و نیز روابط متقابل گزینه‌ها و معیارها بافاصله‌های فازی به‌جای اعداد قطعی جهت نمایش عبارات زبانی خبرگان استفاده شدند. این داده‌ها از طریق مصاحبه با دوازده خبره آشنا به مسایل تحقیقات جمع‌آوری شدند .داده‌های مقایسات زوجی از طریق گرفتن میانگین حسابی این داده‌ها تجمیع شدند.

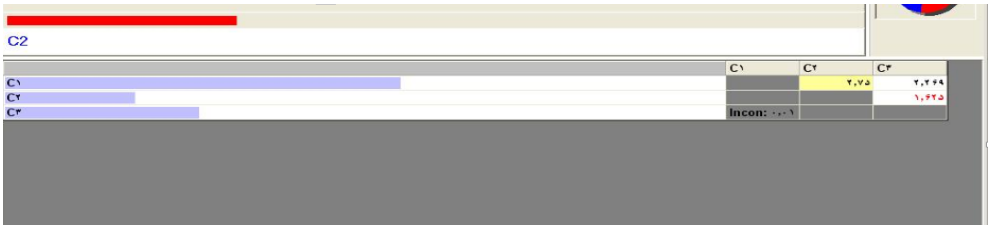
بعد از اخذ نظر خبرگان در قالب پرسشنامه شماره ۳ جهت تبدیل جداول به یک جدول از روش میانگین حسابی استفاده‌شده است. جهت تعیین وزن معیارها روش‌های مختلفی وجود دارد در این تحقیق با توجه به ساختار درختی معیارها از روش AHP استفاده‌شده است. جهت انجام محاسبات ازآنجاکه حل چنین مسئله‌ای با روش‌های دستی مشکل می‌باشد از نرم‌افزار Expert Choice استفاده‌شده است. با ایجاد ساختار مدل در نرم‌افزار فوق‌الذکر داده‌های به‌دست‌آمده از میانگین حسابی نظر خبرگان پس از غیر فازی نمودن، وارد نرم‌افزار شد و سپس خروجی‌های نرم‌افزار استخراج گردید که در ادامه این خروجی‌ها بررسی می‌شود.

٤- ١- بررسی وزن معیارها در سطوح مختلف

سطح یک - معیارهای اصلی: شامل ۴ معیار می‌باشد که وزن معیارها بعد از نظرسنجی از خبرگان و محاسبه میانگین حسابی و غیرفازی کردن و واردکردن به شرح جدول زیر می‌باشد. معیار **ساختار و معماری محصول** با وزن (۰,۴۴۵) ، رتبه اول را به لحاظ میزان اهمیت، دارا می‌باشد و **عوامل مدیریتی** با وزن(۰,۲۶۲)، رتبه دوم را دارا می‌باشد و معیار **عوامل کیفیت** با وزن (۰,۱۸۰) ، رتبه سوم و معیار **عوامل همکاری سازمانی** با وزن(۰,۱۱۲) ، رتبه چهارم را کسب نموده‌اند.

- **سطح دو-وزن نسبی زیرمعیارهای بطور جداگانه**

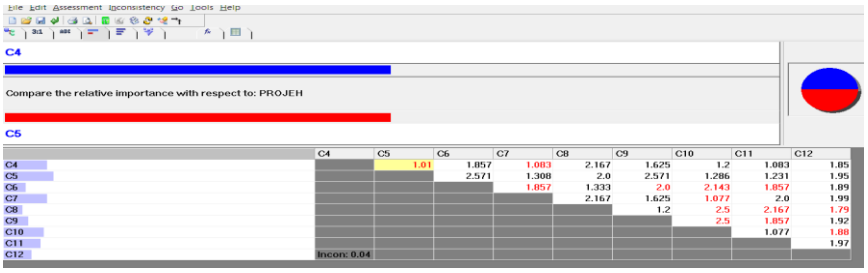
❖ **معیار اول: عوامل مدیریتی:** شکل ۶ ماتریس نهایی اطلاعات خبرگان است و زیر معیارهای عوامل فردی را نمایش می‌دهد:



شکل(۶)- ماتریس مقایسات زوجی زیر معیارهای ذیل معیار عوامل مدیریتی

نتایج نشان میدهد که زیر معیار توسعه مدیریت مشارکتی با وزن (۰,۵۵۱)، رتبه اول را به لحاظ میزان اهمیت ، دارا می‌باشد و زیر معیار تعریف و تصویب نظام‌مند با وزن(۰,۲۶۸)، رتبه دوم را کسب نموده است و زیر معیار ساختارهای مدیریتی با وزن(۰,۱۸۲)، رتبه سوم را به دست آورده است.

❖ **معیار دوم: عوامل ساختار و معماری محصول:** شکل ۷ ماتریس نهایی اطلاعات خبرگان است و زیر معیارهای عوامل ساختار را نمایش می‌دهد:

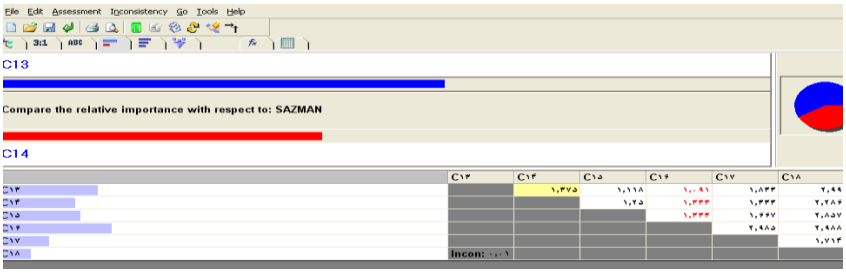


شکل(۷)- ماتریس مقایسات زوجی زیر معیارهای ذیل معیار عوامل ساختارو معماری محصول

شکل ۸، نیز وزن زیر معیارهای ذیل معیار عوامل ساختار و معماری محصول را نمایش می‌دهد، که زیر معیار **برنامه‌ریزی مناسب طراحی و تامین و تعیین جز به جز مراحل اجرای پروژه** با وزن (۰,۱۵۹)، رتبه اول را به لحاظ اهمیت، دارا می‌باشد و زیر معیار **آسان سازی طراحی برای تولید** با وزن(۰,۱۴۴)، رتبه دوم و زیر معیار **استفاده از پلتفرمهای مشترک** با وزن (۰,۱۳۶)، رتبه سوم دارا می باشد.

شکل(۸)- وزن زیر معیارهای ذیل معیار خصوصیات ساختار

❖ **معیار سوم: عوامل کیفیتی:** شکل ۹ ماتریس نهایی اطلاعات خبرگان و زیر معیارهای عوامل کیفیتی را نمایش می‌دهد:



شکل(۹)- ماتریس مقایسات زوجی زیر معیارهای ذیل معیار عوامل کیفیت

شکل ۱۰، نیز وزن زیر معیارهای ذیل معیار عوامل سازمانی را نمایش می‌دهد که زیر معیار **استفاده از نمودارهای کنترل کیفیت** با وزن (۰,۲۴۸)، رتبه اول را به لحاظ اهمیت، دارا می‌باشد و زیر معیار **ملاحظات کیفیتی بهره بردار** با وزن(۰,۲۱۵)، رتبه دوم را کسب نموده است و زیر معیار **حذف فعالیتهای بدون ارزش افزوده** با وزن (۰۱۸۰)، رتبه سوم را دارند.

❖ **معیار چهارم: عوامل همکاری سازمانی:** شکل ۱۰ وزن زیر معیارهای ذیل معیار عوامل همکاری سازمانی را نمایش می‌دهد، که زیر معیار **شبکه منعطف** با وزن (۰,۶۶۳)، رتبه اول را به لحاظ اهمیت، دارا می‌باشد و زیر معیار **ایجاد زنجیره تامین پایدار** با وزن(۰,۳۳۷)، رتبه دوم را کسب نموده است.

شکل(۱۰)- وزن زیر معیارهای ذیل معیار عوامل همکاری سازمانی

نتیجه گیری

پس از بررسی مدلهای مختلف مهندسی همزمان سه بعدی و ارزیابی شاخصهای آنها، ۴ بعد به عنوان ابعاد اصلی هماهنگی و یکپارچگی تولید و تامین پروژه در سازمانهای تحقیقاتی شناسایی شد که عبارتند از : عوامل مدیریتی، عوامل ساختار و معماری محصول، عوامل کیفیتی و عوامل همکاری سازمانی. با بررسی پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه و مطالعه مقالات و پایان‌نامه‌ها و مصاحبه‌های انجام‌شده با افراد خبره که در این زمینه فعالیت داشته و با اهداف و مأموریت های سازمانهای تحقیقاتی پروژه محور آشنایی لازم را داشتند و برگزاری جلسات متعدد با مسئولین محترم در مراکز تحقیقاتی، مدل تحقیق در ۴ بعد و ۲۷ مؤلفه تدوین شد. به منظور تعیین اهمیت ابعاد و مؤلفه های **مدل** تحقیق از روش ماتریس مقایسات زوجی فازی FAHP با استفاده از نظرات خبرگان استفاده شد.جدول ۱۱ ابعاد و مؤلفه های **هماهنگی تولید و تامین** با وزن هر بعد و معیار نمایش می دهد.

جدول(۱۱)- ابعاد و مؤلفه های هماهنگی طراحی، تامین و تولید با وزن هر بعد و معیار

ردیف	شاخص اصلی	شاخص فرعی	وزن
۱	عوامل مدیریتی ۰,۲۶۲	سیستمها و ساختارهای مدیریتی تشویق کننده نوآوری و تنوع مانند تفویض اختیار و سازماندهی تیمی	۰,۱۸۲
۲		توسعه مدیریت مشارکتی	۰,۵۵۱
۳		آموزشها ی چندگانه و پرسنل چند مهارته	۰,۱۴۵
۴		سرمایه گذاری درمطالعات و تحقیقات	۰,۱۲
۵	عوامل ساختار و معماری محصول ۰,۴۴۵	تعریف و تصویب نظام مند پروژه	۰,۲۶۸
۶		امکان تغیرات و اصلاحات بعد از ساخت	۰,۱۰۸
۷		نگهداری پلتفرمهای استاندارد تا زمان رسیدن سفارش برای محصولات مختلف	۰,۱۱۲
۸		تطابق الزامات با مشخصات	۰,۰۸۵
۹		افزایش اشتراک فرانیدی بین محصولات مختلف	۰,۱۲۵
۱۰		برنامه زیری ، ساده سازی و کاهش تعداد اجزا تشکیل دهنده محصول در مراحل طراحی	۰,۱۵۹
۱۱		مشارکت مهندسی قابلیت اطمینان در طراحی	۰,۱۱
۱۲		طی کردن فرایند تامین پیش از شروع طراحی و تولید پروژه	۰,۱۵
۱۳		سیستمهای خبره بمنظور تعریف فرانید ساخت محصول	۰,۱۰۵
۱۴		حداقل تغییرات طراحی در فازهای مختلف محصول	۰,۱۰۲
۱۵		طراحی ابزارها و فیکسچرها و پلت فرمهای مشترک برای تنوع بیشتر محصولات	۰,۱۳۶
۱۶		طراحی برای ساخت، مونتاژ، اتصال، تولید ،تامین، منبع یابی ،حمل ونقل و نصب و نت و جایگزینی آسان	۰,۱۴۴
۱۷		طراحی محصولات ماژولار برای تسهیل مونتاژ	۰,۰۹
۱۸	عوامل کیفیتی ۰,۱۸	در نظر گرفتن ملاحظات کیفی مورد نظر مشتری در کلیه فازها (طراحی،تامین و....)	۰,۲۱۵
۱۹		کنترل فرانید آماری و ابزارهای هفتگانه کیفیت و گسترش کارکردهای کیفیت	۰,۲۴۸
۲۰		حذف یا حداقل فعالیتهای بدون ارزش افزوده	۰,۱۸

۲۱		گسترش کارکردهای کیفیتQFD	۰,۱۵
۲۲		شبکه منعطف از تامین کنندگان متعدد	۰,۶۶۳
۲۳		همکاری با شرکتهای مشاور	۰,۲۳۴
۲۴	عوامل همکاری سازمانی	ایجاد زنجیره تامین پایدار، قابل اطمینان و قوی در کلیه مراحل چرخه حیات پروژه	۰,۳۳۷
۲۵	۰,۱۱۲	طراحی برای منبع یابی آسان	۰,۳۲
۲۶		موجودی مدیریت شده	۰,۱۱۲
۲۷		امکان تامین از تامین کنندگان مختلف	۰,۱۰۴

با توجه به جدول فوق بعد عوامل ساختار و معماری محصول رتبه اول را به لحاظ وزن و اهمیت دارا می باشد که این بیانگر این است که این عوامل و شاخصها در هماهنگی تامین و تولید از اهمیت بالایی برخوردار است. در رتبه دوم بعد عوامل مدیریتی قرار دارد و بعد عوامل کیفیتی در رتبه سوم و بعد عوامل همکاری سازمانی با کمترین وزن در رتبه چهارم قرار گرفته است. با توجه به نتایج، بعد عوامل ساختار و معماری محصول از اهمیت بالایی برخوردار است در همین راستا مدیران پروژه و مدیران سازمان باید توجه ویژه‌ای به این مقوله نمایند. این بعد شامل ۱۲ مؤلفه است که طی کردن فرایند تامین پیش از شروع طراحی و تولید پروژه و برنامه ریزی مناسب و تعیین جز به جز مراحل اجرای پروژه در آن ارزش بیشتری دارد از این‌رو لزوم توانمندسازی مدیران عالی، میانی و کارکنان در برنامه‌ریزی، استفاده از تکنیک‌های نوین برنامه‌ریزی و آشنایی با برنامه‌ها، اهداف و اولویت‌های سازمانی ضروری به نظر می‌رسد. مؤلفه بعدی آسان سازی طراحی برای تولید است بدان معنی که از همان ابتدای طراحی بایست به فکر تامین و تولید باشیم. مولفه با اهمیت بعدی استفاده از پلتفرمهای مشترک و استاندارد می باشد که این امر در مدیریت توآورانه و کارکرد بهتر محصولات تحقیقاتی تاثیر بسزایی دارد.

عامل بعدی عامل مدیریتی می باشد که شامل ۵ مؤلفه است که توسعه مدیریت مشارکتی اهمیت بیشتری دارد که مدیران مراکز تحقیقاتی باید در وهله اول بستر تحقیقات را با ایجاد زیرساخت لازم فراهم نمایند. پس از آن تعریف و تصویب نظام مند پروژه مطابق ارکان تحقیقات نیروهای مسلح از ارزش بالایی برخوردار می باشد. ارکان تحقیقات نیروهای مسلح بایست ساختار و مدلی چابک و پویا داشته باشد تا بتواند بخوبی تحقیقات را هدایت نماید. نقش بازیگران کلیدی نظام تحقیقات و سازوکار همکاری با یکدیگر موضوعی است که فقدان آن ملموس می باشد. پس‌ازآن بُعد عوامل کیفیتی قرارگرفته است که ۴ مولفه دارد که در آن استفاده از متدهای کیفیتی و ملاحظات کیفیتی بهره بردار بیشترین اهمیت را دارد. حذف فعالیتهای بدون ارزش افزوده به کمک متدهای کیفیت از موضوعاتی است که چرخه تحقیقات باید به آن توجه نماید. هماهنگی تولید و تامین فعالیتهای اضافه و بدون ارزش افزوده زیادی دارد که از اضول مدیریت کیفیت پیگیری نمی نماید. در مرحله طراحی محصول باید کلیه متغیرها پیش بینی شود تا ضمن تولید هیچ هزینه اضافی ایجاد نشود. این عامل از طریق بکارگیری مفهوم ساده سازی، حداقل کردن تلرانسها، خطا ناپذیرسازی، طراحی همزمان محصول و قطعات و فرانیدهای تولید کامل میشود.تعیین کیفیت قطعات به منظور حداقل نمودن اثر انباشتگی متغیرها د یکدیگر منجر به افزایش کیفیت و اطمینان پذیری میشود. درنهایت بُعد عوامل همکاری سازمانی قرار دارد که کمترین اهمیت را از منظر مدیران و خبرگان داشته است و شامل ۶ مؤلفه می‌باشد که ایجاد زنجیره تامین پایدار و منعطف، شبکه همکاران منعطف و طراحی برای منبع یابی آسان در آن از اهمیت بسزایی دارد.

تصمیمات اخذ شده در زمینه طراحی تاثیر بسزایی در کیفیت و هزینه محصولات تحقیقاتی دارد. لذا هماهنگی طراحی و تولید نیازمند فعالیت و مشارکت اعضای تیم توسعه محصول و متخصصان می باشد. این مشارکت در کاستن هزینه های مولفه های محصول و هزینه های پشتیبانی تولید با بکارگیری رویکرد خلاقانه تاثیر بسزایی دارد. قابل تذکر است که شاید بتوان گفت هدف از این هماهنگی مدیریت زمان توسعه محصول، هزینه توسعه محصول، کیفیت محصول، و کاهش هزینه ای تولید می باشد. بسیاری از محصولات تحقیقاتی برای تولید با هزینه پایین طراحی نشده اند و سازمانها سعی دارند که هزینه محصولات را پس از طراحی و در مرحله تولید کاهش دهند. خیلی سازمانها فکر میکنند زنجیره تامین برای کاهش هزینه است و

چه بسا با برون سپاری هزینه تولید را افزایش میدهند. بیش از ۸۰ درصد هزینه های تولید در مرحله طراحی و توسعه محصولات مشخص می‌شوند. بنابراین سازمانهای تحقیقاتی و توسعه ای بایست ۸ راهبرد کلیدی در فرایند چرخه تحقیقات مد نظر قرار دهند که از نتایج این تحقیق به شمار میرود:

- راهبرد کاهش هزینه با طراحی محصول و فرایند
- راهبرد کاهش هزینه با استاندارد سازی و پلتفرم مشترک
- راهبرد کاهش هزینه های کیفی
- راهبرد بکارگیری زنجیره تامین مناسب و پایدار
- راهبرد کاهش هزینه با منطقی کردن خطوط تولید

تحقیقات آتی

با توجه به تعدد مدلهای تصمیم گیری پیشنهاد می گردد از دیگر روشها همچون تاپسیس فازی، ویکور فازی و ... جهت اولویت بندی شاخصها استفاده شود و نتایج با روش سلسله مراتبی فازی مقایسه گردد. با توجه به اینکه نظر مدیران پروژه با رویکرد تجربی در بحث اجرا با نظر اساتید با رویکرد تئوری، در تعیین شاخصها دارای اختلاف نظرهایی است، پیشنهاد می گردد مطالعه تطبیقی انجام و نظرات آنها را با یکدیگر مقایسه و بررسی نمایند. در این پژوهش مطالعه در سازمانهای تحقیقاتی پروژه محور انجام شده است، پیشنهاد می گردد مطالعه تحقیق در بین سازمانهای دیگر از جمله سازمانهای پروژه محور یا سازمانهای ماموریتی با ساختارهای متفاوت بررسی شود و عوامل اثرگذار خاصه آن سازمان مشخص گردد. تحریم یکی از عوامل کلیدی اثرگذار بیان شده است، پیشنهاد می گردد بررسی و نتایج حاصل از تحریم و محدودیتها در صنایعی که از لحاظ تکنولوژی، کشور ما به آن وابستگی زیادی دارد انجام شود. تعیین ضرایب اهمیت برای هر شاخص، نسبت به عملکرد پروژها در سازمان موردمطالعه اقدام شود .

منابع

Balasubramanian, R. (۲۰۰۱), "Concurrent engineering – a powerful enabler of supply chain management", Quality Progress, Vol. ۳٤ No. ٦, pp. ٤٧-٥٣.

Baldwin, C.Y., Clark, K.B. (۱۹۹۷),"Managing in an age of modularity", Harvard Business Review ۷٥ (٥), pp. ۸٤–۹۳.

Baldwin, C.Y., Clark, K.B.(۲۰۰۰), "Design Rules. Volume ۱: The Power of Modularity", MIT Press, Cambridge, MA.

Bastarrica, Marı´a Cecilia, Hitschfeld-Kahler, Nancy (۲۰۰٦), "Designing a product family of meshing tools", Advances in Engineering Software ۳۷, pp. ۱–۱۰.

Bonaccorsi, A. and Lipparini, A. (۱۹۹٤), "Strategic partnerships in new product development: an Italian case study", Journal of Product Innovation Management, Vol. ۱۱ No. ۲, pp. ۱۳٤-٤٥.

Brun, Alessandro, Zorzini, Marta (۲۰۰۹), "Evaluation of product customization strategies through modularization and postponement". International Journal of Production Economics ۱۲۰, pp. ۲۰٥–۲۲۰.

Christopher, M., ۲۰۰٥. Logistics and Supply Chain Management: Creating Value- Adding Networks. Prentice-Hall, Harlow, UK.

Christopher, M. and Towill, D. (۲۰۰۱), "An integrated model for the design of agile supply chains", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. ۳۱No. ٤, pp. ۲۳٥-٤٦.

Christopher, M. and Towill, D. (۲۰۰۲), "Developing market specific supply chain strategies", International Journal of Logistics Management, Vol. ۱۱ No. ۱, pp. ۱-۱٤.
Da Silveira, G., Borenstein, D. and Fogliatto F.S. (۲۰۰۱). "Mass customization: Literature review andresearch directions", *International Journal of Production Economics*, Vol ۷۲, pp ۱ – ۱۳.
Ellram, Lisa M., Tate, Wendy L., Carter, Craig R. (۲۰۰۷), "Product-process-supply chain: an integrative approach to three-dimensional concurrent engineering", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management Vol. ۳۷ No. ٤, pp. pp. ۳۰٥-۳۳۰.
Ellram, Lisa M., Tate Wendy, Carter, Craig R. (۲۰۰۸), "Applying ۳DCE to environmentally responsible manufacturing practices", Journal of Cleaner Production ۱٦, pp. ۱٦۲۰–۱٦۳۱.
Ettlie, J. (۱۹۹٥), "Product-process development integration in manufacturing", Management Science, Vol. ٤۱ No. ۷, pp. ۱۲۲٤-۳۷.
Ettlie, J. (۱۹۹۷), "Integrated design and new product success", Journal of Operations Management, Vol. ۱٥ No. ۱, pp. ۳۳-٥٥.
Farrell, Ronald Scott (۲۰۰۷), "A PLATFORM-BASED METHODOLOGY FOR THE REDESIGN OF LOW VOLUME HIGHLY CUSTOMIZED PRODUCTS", A Thesis in Mechanical Engineering Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, The Pennsylvania State University, p.۲.
Fine, C.H., Golany, B. and Naseraldin, H. (۲۰۰٥), "Modeling tradeoffs in three-dimensional concurrent engineering: a goal programming approach", Journal of Operations Management, Vol. ۲۳, pp. ۳۸۹-٤۰۳.
Fisher, Marshall L. (۱۹۹۷), "What is the Right Supply Chain for Your Product?", Harvard Business Review, March-April ۱۹۹۷.
Fujimoto, H., Ahmed, A., Iida, Y., Hanai, M.(۲۰۰۳), "Assembly Process Design for Managing Manufacturing Complexities Because of Product Varieties", The International Journal of Flexible Manufacturing Systems ۱٥, pp. ۲۸۳–۳۰۷.
Galan, R., Racero, J., Eguia, I., Garcia, J.M. (۲۰۰۷), "A systematic approach for product families formation in Reconfigurable Manufacturing Systems", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing ۲۳, pp. ٤۸۹–٥۰۲.
Hayes, R. and Wheelwright, S. (۱۹۷۹a), "Link manufacturing processes and product life cycles", Harvard Business Review, Vol. ٥۷, pp. ۱۳۳-٤۰.
Hayes, R. and Wheelwright, S. (۱۹۷۹b), "The dynamics of processes – product life cycles", Harvard Business Review, Vol. ٥۷, pp. ۱۲۷-۳٦.
Hsiao, Shih-Wen, Liu, Elim, (۲۰۰٥), "structural component-based approach for designing product family", Computers in Industry ٥٦, pp. ۱۳–۲۸.
Kim, J., Ritzman, L., Benton, W. and Synder, D. (۱۹۹۲), "Linking product planning and process design decisions", Decision Sciences, Vol. ۲۳ No. ۱, pp. ٤٤-٦۰.
Klein, S., Frazier, L. and Roth, V.T. (۱۹۹۰), "A transaction cost analysis model of channel integration in international markets", Journal of Marketing Research, Vol. ۲۷ No. ۲,pp. ۹٦۲۰۸.
Koufteros, X., Vonderembse, M. and Doll, W. (۲۰۰۱), "Concurrent engineering and its consequences", Journal of Operations Management, Vol. ۱۹, pp. ۹۷-۱۱٥.
Koufteros, X., Vonderembse, M. and Doll, W. (۲۰۰۲), "Integrated product development practices and competitive capabilities: the effects of uncertainty, equivocality, and platform strategy", Journal of Operations Management, Vol. ۲۰ No. ٤, pp. ۳۳۱-٥٥.
Kristianto, Yohanes, Gunasekaran, Angappa, Helo, Petri, Sandhu, Maqsood (۲۰۱۲), "A decision support system for integrating manufacturing and product design into the reconfiguration of the supply chain networks", Decision Support Systems ٥۲, pp. ۷۹۰–۸۰۱.
Labro, E.(۲۰۰٤). "The cost effect of component commonality: a literature review through a management accounting lens". Manufacturing & Service Operations Management ٦ (٤), pp. ۳۳٦–۳٥۸.

Lau, Antonio K.W.(۲۰۱۱), "Critical success factors in managing modular production design: Six company case studies in Hong Kong, China, and Singapore". Journal of Engineering and Technology Management ۲۸, pp. ۱٦۸–۱۸۳.
MacCarthy, Bart; Brabazon, Philip G.; Bramham, Johanna (۲۰۰۳), "Fundamental modes of operation for mass customization". International Journal of Production Economics ۸۵, pp. ۲۸۹-۳۰٤.
McCutcheon, D.M., Grant, R.A. and Hartley, J. (۱۹۹۷), "Determinants of new product designers' satisfaction with suppliers' contributions", Journal of Engineering & Technology Management, Vol. ۱٤, pp. ۲۷۳-۹۰.
Miracle, G.E. (۲۰۲۰), "Product characteristics and marketing strategy", Journal of Marketing,Vol. ۲۹ No. ۱, pp. ۱۸-۲٤.
Morash, E.A., Dro¨ge, C. and Vickery, S. (۱۹۹٦), "Boundary spanning interfaces between logistics, production, marketing and new product development", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. ۲٦ No. ۸, pp. ٤۳-٦۲.
Muffatto, M.(۱۹۹۹), "Introducing a platform strategy in product development", International Journal of Production Economics ٦۰–٦۱, pp. ۱٤۵–۱۵۳.
Nepal, Bimal, Monplaisir, Leslie, Famuyiwa, Oluwafemi (۲۰۱۲), "Matching product architecture with supply chain design", European Journal of Operational Research ۲۱٦, pp. ۳۱۲–۳۲۵.
Pine, B.J. (۱۹۹۳)."Mass Customization", Harvard Business School Press, Boston, MA.
Pine, B.J., Victor, B., Boynton, A.C. (۱۹۹۳), "Making Mass Customization Work". Harvard Business Review, September–October, pp. ۱۰۸–۱۱۹.
Rao, V.R. and McLaughlin, E.W. (۱۹۸۹), "Modeling the decision to add new products by channel intermediaries", Journal of Marketing, Vol. ۵۳ No. ۱, pp. ۸۰-۸.
Rudberg, M. and Wikner, J. (۲۰۰٤). "Mass Customization in terms of the Customer Order Decoupling Point", *Production Planning & Control*, Vol ۱۵, No ٤, pp ٤٤۵ – ٤۵۸.
Safizadeh, M.H., Ritzman, L.P., Sharma, D. and Wood, C. (۱۹۹٦), "An empirical analysis of the product-process matrix", Management Science, Vol. ٤۲ No. ۱۱, pp. ۱۵۷٦-۹۱.
Salhieh, Sa'Ed M. (۲۰۰۷), "A methodology to redesign heterogeneous product portfolios as homogeneous product families", Computer-Aided Design ۳۹, pp. ۱۰٦۵–۱۰۷٤.
Salvador, F., Rungtusanatham, M., Forza, C., ۲۰۰٤. Supply chain configurations for mass customization. Production Planning and Control ۱۵ (٤), ۳۸۱–۳۹۷.
Simatupang, T.M. and Sridharan, R. (۲۰۰۵), "The collaboration index: a measure for supply chain collaboration", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. ۳۵ No. ۱, pp. ٤٤-٦۲.
Swink, M. (۱۹۹۸), "A tutorial on implementing concurrent engineering in new product development programs", Journal of Operations Management, Vol. ۱٦, pp. ۱۰۳-۱٦.
Ulkü, Sezer, Schmidt, Glen M. (۲۰۱۱), "Matching Product Architecture and Supply Chain Configuration", PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT Vol. ۲۰, No. ۱, January–February ۲۰۱۱, pp. ۱٦–۳۱.
Ulrich, K.T.(۱۹۹۲), "The role of product architecture in the manufacturing firm", Working Paper, MIT, Sloan School of Management.
Ulrich, K.T.(۱۹۹۵),"The role of product architecture in the manufacturing firm". Research Policy ۲٤, pp. ٤۱۹–٤٤۰.
Wikner, J. and Rudberg, M. (۲۰۰۵). "Integrating Production and Engineering Perspectives on the Customer Order Decoupling Point". *International Journal of Operations & Production Management*, Vol ۲۵, No ۷, pp ٦۲۳ – ٦٤۱.