مدیریت فناوری اطلاعات
دوره ۳، شماره ۶
بهار ۱۳۹۰
صفحه ۱۰۹ تا ۱۲۶

دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

رویکردی نوین در تولید سفارشی انبوه بسته‌های نرم‌افزاری (مطالعه‌ی موردی)

محمود فیروزیان[۱]، سینا آقایی[۲]

چکیده: رقابت فزاینده بین شرکت‌های نرم‌افزاری، ناشی از نیازهای مشتریان و فناوری‌های جدید رایانه‌ای ـ اطلاعاتی، شرکت ها را ملزم می کند که به‌طور پیوسته، محصولات نرم‌افزاری خود را با کیفیت و سرعت بالا و هزینه کمتر تولید کنند. پژوهش حاضر به‌دنبال معرفی و تعیین نحوه‌ی اجرای خط تولید نرم‌افزار، یکی از رویکردهای تولید نرم‌افزار است. برای جمع‌آوری اطلاعات از پرسشنامه سه مرحله‌ای استفاده شده است. پرسشنامه مرحله اول، مستخرج از ادبیات پژوهش، پرسشنامه مرحله دوم، مستخرج از داده‌های مرحله اول و پرسشنامه مرحله سوم، برای سنجش پیش نیازهای سیستم به‌کار گرفته شده است.
در تحلیل داده‌ها، ابتدا از آزمون دوجمله‌ای استفاده شده وسپس با آزمون فریدمن، اولویت فعالیت‌های اجرایی تعیین و در دو حوزه مدیریت فنی و مدیریت سازمانی، اولویت‌بندی و درنهایت با استفاده از ماتریس‌های روابط درمرحله دوم، ارتباط بین فعالیت‌های سه حوزه تعیین و در پایان الگوی اجرای خط تولید نرم‌افزار تهیه شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژه‌های کلیدی: خط تولید نرم‌افزار، رویکرد خط تولید، دارایی اصلی، استفاده مجدد، معماری نرم‌افزار

---

۱. دانشیار دانشگاه آزاداسلامی واحد کرج
۲. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه تهران

Email: safmahmoud@yahoo.com
Email: sinaa135@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۶ / ۱۲ / ۸۸
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۸ / ۳ / ۸۹
نویسنده مسئول مقاله: محمود فیروزیان

مقدمه

مفهوم خط تولید نرم‌افزار، توسط سی[1] به‌تازگی مطرح و به بلوغ نسبی دست یافته است. هرچند که مفاهیم خط تولید، در صنایع مختلف امروزه کاملاً مشخص و جا افتاده هستند، ولی خط تولید نرم‌افزار از جهاتی کاملاً متفاوت با آن‌ها است. زیرا، تعریف اجزایی که به‌صورت فیزیکی قابل‌لمس نیستند و نمی‌توان به سادگی آن‌ها را اندازه‌گیری و آزمایش نمود، کاری به مراتب پیچیده‌تر است. همان‌طور که اصولاً تعریف آن‌ها نیز تعریفی کاملاً دقیق نمی‌تواند باشد [۱][۲۷]؛ زیرا فرآیند تولید نرم‌افزار بیش از آنکه کمی باشد، کیفی است و تحلیل اجزا کیفی و قضاوت در مورد آن‌ها براساس مقایسه و تفسیر معنایی الگوها یا شواهد قابل مشاهده انجام می‌گیرد. چند تفاوت اساسی میان فرآیند خلق یک محصول نرم‌افزاری و فرآیند تولید سخت‌افزاری وجود دارد، که به شرح زیر است[۵]:

۱. توسعه نرم‌افزار، به‌مراتب غیرقابل پیش‌بینی‌تر از تولید سخت‌افزار است؛
۲. تولید نرم‌افزار، مانند تولید سخت‌افزار تولید انبوه و پیوسته نیست؛
۳. تمامی خطاهای نرم‌افزار، موجب خرابی نمی‌شوند؛
۴. نرم‌افزار مستعمل نمی‌شود؛
۵. نرم‌افزار مقید به فیزیک و قوانین آن نیست.

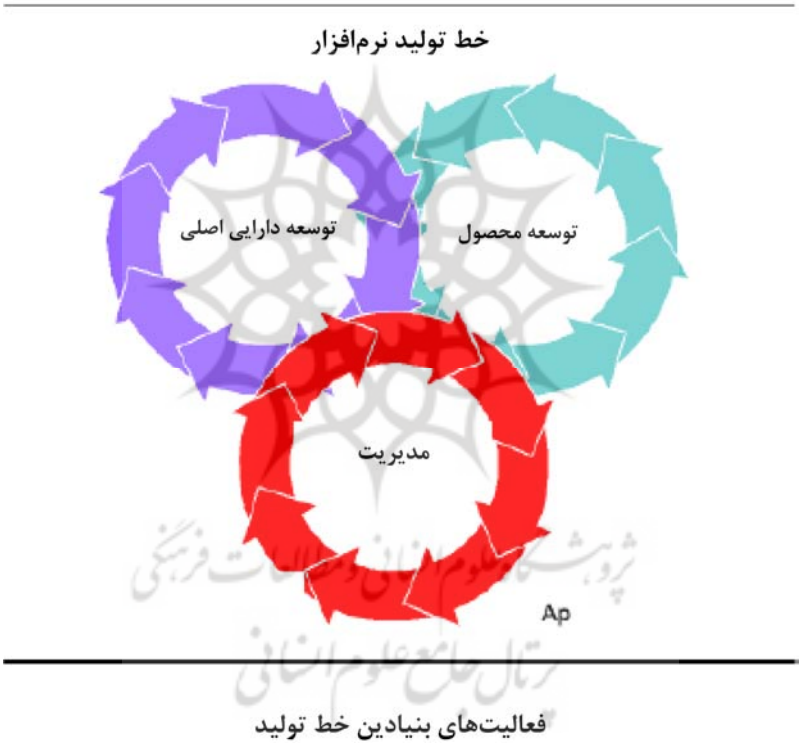
به‌طور خلاصه منظور از خط تولید نرم‌افزار مجموعه‌ای از سیستم‌های نرم‌افزار محور است که یک مجموعه مشترک و مدیریت شده از امکانات را جهت پاسخ‌گویی به نیازهای مشخص یک بخش بازار به اشتراک می‌گذارند و از یک مجموعه مشترک از دارایی‌های اصلی به روش معینی به‌وجود آمده باشد[۵].

رویکرد خط تولید نرم‌افزار شامل توسعه دارایی‌های اصلی و تحویل سیستم‌های مختلف در یک گروه نرم‌افزاری تعریف شده در خط تولید نرم‌افزار است[۱۲]. بنابراین، رویکرد خط تولید نرم‌افزار تنها شامل توسعه‌ی دارایی‌های اصلی نیست بلکه بر روی تولید سیستماتیک و تحویل سیستم‌های نرم‌افزاری متنوع نیز تمرکز دارد [۲۲].

1. Software Engineering Institute(=SEI)

فعالیت‌های بنیادین خط تولید

خط تولید شامل ایجاد دارایی اصلی و ایجاد محصول با استفاده از دارایی اصلی است، که به‌صورت انبوه انجام می‌گیرد. دارایی اصلی ممکن است یک معمار سیستم، یک جز از نرم‌افزار، یک مدل فرآیند، یک نقشه یا هر بخش مفید یک سیستم باشد [۶]. محصولات (تولیدات) جدید، از دارایی اصلی جدید یا دارایی اصلی برگرفته شده از محصولات موجود ساخته می‌شود و اغلب محصولات و دارایی‌های اصلی هماهنگ با یکدیگر ایجاد می‌شوند (نمودار ۱) این مجموعه فعالیت‌های بنیادین را نشان می‌دهد[۲۷]:



نمودار ۱. فعالیت‌های ضروری و بنیادین خط تولید نرم‌افزار

هریک از حلقه‌های دوار، نشان دهنده‌ی یکی از فعالیت‌های بنیادین است. پیکان‌های دوار نشان می‌دهند که نه تنها دارایی‌های اصلی، جهت ایجاد محصولات (نرم‌افزارها) به‌کار

می‌روند، بلکه این دارایی‌های اصلی اغلب خارج از توسعه محصول تکامل می‌یابند. فعالیت‌های بنیادین خط تولید، سه عملکرد اساسی در توسعه خط تولید نرم‌افزار را ارایه نموده است، که عبارتند از: توسعه دارایی اصلی، توسعه محصول و مدیریت که از طریق تعریف حوزه‌های فعالیت به انجام می‌رسد. حوزه فعالیت، بدنه‌ای از کار یا مجموعه‌ای از فعالیت‌ها است که سازمان باید جهت اجرای موفق فعالیت‌های بنیادین خط تولید، در اختیار گیرد[۱۵] و منظور از "در اختیار گرفتن"، توانایی استفاده مکرر در کار است[۱۶]. به‌همین دلیل معرفی مختصر مجموعه‌ای از فعالیت‌های اجرایی خط تولید نرم‌افزار مفید به‌نظر می‌رسد:

تعریف معماری: معماری نرم‌افزار یک برنامه یا سیستم محاسبه و ساختاری از سیستم است، که در بردارنده‌ی عناصر نرم‌افزار، ویژگی‌های مشهود و بیرونی آن عناصر و رابطه میان آن‌هاست [۲][۳][۲۲].

ارزیابی معماری: ارزیابی می‌تواند طی مراحلی در طول فرآیند طراحی انجام گیرد. یعنی زمانی روی دهد که معماری هنوز روی کاغذ است و ساختارهای تعریف شده ارزیابی می‌شوند یا بعداً و پس از اینکه تصمیمات مقدماتی معماری اتخاذ شدند و قبل از شروع طراحی و یا بعد از اینکه سیستم کلی ایجاد شد (مهندسی مجدد) انجام گیرد [۲۱].

توسعه عناصر (اجزا): عناصر موجود در دارایی اصلی، باید از تنوع و انعطاف پذیری کافی، جهت ارضای نقاط تنوع مشخص شده در معماری و یا الزامات خط تولید برخوردار باشند و این تنوع هماهنگی لازم با بودجه را داشته باشد.

کتابخانه‌های پویا: برای نگهداری عناصر، باید کتابخانه‌های پویا (انبارداری‌ها) در سازمان تشکیل شوند، تا اطلاعات مربوط به عناصر و موارد کاربرد آن‌ها مشخص شود[۱۵].

کاربرد کوتس(خرید محصولات)[1]**:** محصولات کوتس، مستقل از سیستم خاصی بوده و توسط سازمان تجاری به‌منظور اهداف تجاری ارایه می‌شوند. اکنون، نه تنها سیستم‌های عملیاتی، بلکه زیرساختارهای ارتباطی، نرم‌افزار مدیریت شبکه و پایگاهای داده‌ای و بسیاری از موارد معماری، در بازارها قابل دسترسی است [۹].

1. Commercial off-the-shelf.

استخراج دارایی‌های اصلی موجود: مطلوب‌ترین دارایی‌های نرم‌افزاری برای استخراج، آن‌هایی هستند الزامات معماری را ارضا می‌کنند [۱۱].

مهندسی الزامات: بیانیه‌هایی از توانایی‌های سیستم، در مراحل انجام است. مانند نحوه رفتار، اولویت‌هایی که باید ارایه شود و کیفیت‌هایی که باید در نظر گرفته شود [۲۵].

تلفیق سیستم نرم‌افزار: فعالیت ترکیب عناصر منفرد نرم‌افزار با کل مجموعه، در زمانی است که، عناصر با زیرسیستم‌ها یا زیرسیستم‌ها با محصولات ترکیب می‌شوند [۲۸].

مدیریت ترکیب (شکل‌بندی) [1]: شامل تشخیص اقلام ترکیبی برای نرم‌افزار، کنترل این اقلام، تغییرات آن‌ها، نگهداری و گزارش موقعیت و ایجاد تغییرات مورد نیاز برای این اقلام ترکیبی است[۲۶].

معیارها و پیگیری داده(سنجش): هدف سنجش، راهنمایی مدیریت جهت تصمیم‌گیری است [۲۳].

تحلیل ساخت یا خرید: برخی سازمان‌ها، همه‌ی دارایی‌های نرم‌افزاری مورد نیاز خود را، به دلایل تجاری (یا سیاسی) در داخل و برخی دیگر، به‌دلیل فقدان منابع توسعه‌درونی، به خارج سفارش می‌دهند [۲۴].

تعریف فرآیند: این حوزه فعالیت، مربوط به مهارت موردنیاز جهت تعریف و مستند سازی فرآیندهای مختلف است تا بتوانند اهداف را محقق سازند[۱۸].

حیطه‌سازی: فعالیتی است که یک سیستم یا مجموعه‌ای از سیستم‌ها را از طریق تعریف رفتارها یا جنبه‌های درونی و بیرونی‌شان، محدود می‌کند[۱۰].

برنامه‌ریزی فنی: برنامه‌ریزی مبنایی را برای سایر وظایف مدیریت به‌ویژه پیگیری و کنترل فراهم می‌آورد[۲۳].

مدیریت ریسک فنی: مدیریت ریسک فراهم آورنده‌ی فرآیندها، روش‌ها، ابزارها و زیرساختار منابع و مسئولیت‌های سازمان جهت شناخت و ارزیابی ریسک‌ها است[۳۱].

پشتیبانی ابزاری

نقش دقیق پشتیبانی ابزار در توسعه محصول، بسته به میزان اتوماسیون موجود در ساخت محصولات منفرد است [۸].

1. Configuration Management.

برآورد هزینه: برای هر گزینه، سازمان برآورد هزینه انجام می‌دهد، که ممکن است در زمان‌های مختلفی روی دهد، مانند هزینه‌های اولیه، هزینه‌های تدریجی، هزینه‌های توسعه محصول و هزینه‌های سالانه [۳۰].

بودجه‌یابی: اگر نسخه‌های چندگانه محصول نرم‌افزاری به بازار ارایه شود، سازمان معمولاً بودجه توسعه را به واحد کسب‌وکار اختصاص می‌دهد. بودجه محصولات جدید، در ابتدا خارج از اختصاصات تحقیق و توسعه تأمین می‌شود [۱۰].

راه‌اندازی: این حوزه فعالیت، شامل ارتقای سازمان از وضعیت موجود مهارت، به وضعیت بالاتری از مهارت است [۴].

بررسی فنی خط تولید: بررسی فنی خط تولید، نقاط قوت و ضعف سازمان را در هر یک از حوزه‌های فعالیت خط تولید مشخص می‌سازد [۹].

تحلیل بازار: شامل جمع‌آوری داده‌های مربوط به کسب‌وکار، ارزیابی‌ها و مطالعات رقابتی، بخش‌بندی بازار، استراتژی‌ها و طرح‌های مشتری و تلفیق این اطلاعات، با طرح و استراتژی منسجمی از کسب وکار است [۱۳].

مدیریت ریسک سازمانی: فرآیند مدیریت ریسک سازمانی، راهکارهایی برای ظهور و اداره ریسک‌هایی که فراتر از پروژه می‌روند یا با آن‌ها سطح اشتراکی دارند، فراهم می‌آورد [۱۴].

ساختاربندی سازمان: ساختار سازمانی، منعکس کننده‌ی نقش‌ها، مسئولیت‌ها و اختیارات در سازمان است [۱۷].

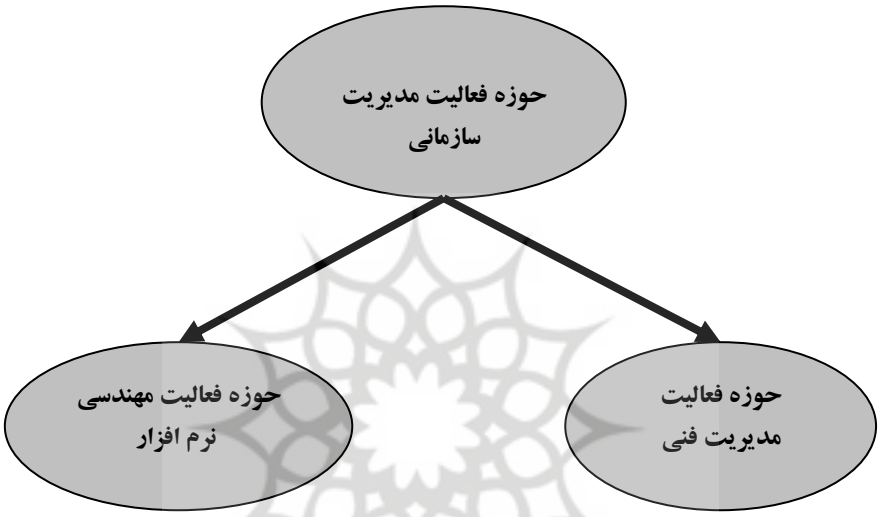
پیش‌بینی فناوری: به ارایه برنامه‌ریزی راهبردی بازار کمک می‌کند. یعنی شناخت گرایش‌ها و پیش‌بینی آنچه که بازارهای مرتبط به بار خواهند آورد [۷].

آموزش: برنامه آموزش، نیازمند تشخیص نیازهای آموزشی سازمان، سپس توسعه یا تدارک آموزش‌های ضروری است [۲۰].

برنامه‌ریزی سازمانی: حیطه‌ی فرآیند برنامه‌ریزی سازمانی، باید شامل فعالیت‌های پروژه‌ای متقاطع یا فعالیت‌های خارج از حیطه هر پروژه باشد که اغلب مدیران ارشد و میانی، مشارکت‌کنندگان اولیه در آن هستند [۶].

مدیریت عملیات: فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی برای مدیر خط تولید [۲۶].

مدل مفهومی طرح: برای بررسی الگوی اجرایی خط تولید نرم‌افزار، فعالیت‌ها به سه حوزه‌ی مدیریت سازمانی، مدیریت فنی و مهندسی نرم‌افزار تقسیم شده‌اند. این تقسیم‌بندی، بر اساس نوع فعالیت‌ها و بخش‌های موجود در سازمان است، که از طریق مصاحبه‌های اولیه، تأیید نظر خبرگان حاصل شده است (نمودار ۲).



نمودار ۲. الگوی اجرایی خط تولید نرم‌افزار

در ادامه روابط بین فعالیت‌ها نیز بررسی می‌شود تا در اجرای خط تولید نرم‌افزار چگونگی انجام و نحوه‌ی ارتباط بخش‌های اجرایی مشخص شود.

روش شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی است؛ زیرا به‌دنبال توسعه دانش کاربردی در زمینه‌ی اجرای خط تولید نرم‌افزار است. این پژوهش شامل دو مرحله است. در مرحله اول از روش توصیفی ـ پیمایشی برای شناسایی پیش نیازهای اجرایی خط تولید نرم‌افزار استفاده شده است و در مرحله دوم، پس از استخراج پیش نیازهای یک سازمان، به‌صورت مطالعه موردی روابط بین پیش نیازها، بررسی شده است. به این منظور، برای جمع‌آوری نظرات خبرگان از پژوهش پیمایشی، برای سنجش پیش نیازهای اجرایی خط تولید نرم‌افزار در

یک سازمان، از روش مطالعه موردی و به‌منظور تحلیل کمی اطلاعات و رفع محدودیت‌های مربوط به تعمیم نتایج و همچنین دستیابی به اطلاعاتی دقیق‌تر برای تأیید چارچوب پیشنهادی، از پرسشنامه استفاده شده است. پرسشنامه به سه مرحله تقسیم شد: سؤالات پرسشنامه مرحله اول مستخرج از ادبیات پژوهش، سؤالات مرحله دوم، مستخرج از تحلیل داده‌های پرسشنامه مرحله اول و پرسشنامه مرحله سوم، برای سنجش پیش نیازها به‌کار گرفته شد.

جدول ۱. خلاصه‌ای از پرسشنامه سوم

فعالیت‌های حوزه‌ها					
متغیر	**مدیریت سازمانی**	**متغیر**	**مدیریت فنی**	**متغیر**	**مهندسی نرم‌افزار**
se1	تعریف معماری	tm1	مدیریت شکل‌بندی	om1	ایجاد یک مورد برای کسب‌وکار
se2	ارزیابی معماری	tm2	سنجش	om2	مدیریت ارتباط مشتری
se3	توسعه عناصر(اجزا)	tm3	مدیریت‌ساخت / خرید/ استخراج / تحلیل	om3	توسعه استراتژی کسب
se5	مهندسی نیازمندی‌ها (الزامات)	tm5	تعریف فرآیند	om4	بودجه‌یابی
se6	تلفیق سیستم نرم‌افزار	tm6	حیطه‌سازی	om6	عرضه و نهادینه‌سازی
se7	آزمایش	tm7	برنامه‌ریزی فنی	om7	تحلیل بازار
se8	درک حوزه‌های مرتبط	tm8	مدیریت ریسک فنی	om8	برنامه‌ریزی سازمانی
se9	استخراج دارایی‌های موجود	tm9	حمایت و پشتیبانی ابزاری	om9	مدیریت ریسک سازمان
se10	کتابخانه پویا	tm10	مدیریت عملیات	om10	ساختاربندی سازمان
				om12	پیش‌بینی فناوری
				om13	آموزش

پرسشنامه اول، که تعیین کننده‌ی فعالیت‌های اجرایی خط تولید نرم‌افزار است، شامل چهار بخش است: بخش اول، به بررسی مدل کلی اجرا می‌پردازد، که شامل چهار سؤال بسته و یک سؤال باز است. تقسیم‌بندی کلی مدل در سه حوزه فعالیت، از طریق مصاحبه با خبرگان به‌دست آمده است، که مبنای آن، بخش‌های موظف به انجام فعالیت‌های موجود در سازمان هستند. بخش دوم، در برگیرنده‌ی سؤالات مربوط به حوزه مهندسی نرم‌افزار،

شامل (۱۲) فعالیت مرتبط و تعریف هر یک از آن‌ها است. بخش سوم حاوی سؤالات مربوط به حوزه مدیریت فنی، شامل (۱۱) فعالیت و بخش چهارم، حوزه مدیریت سازمانی را با (۱۴) سؤال در برمی‌گیرد، که خلاصه‌ای از آن در (جدول ۱) نشان داده شده است. سؤالات پرسشنامه دوم، شامل دو بخش است: بخش اول، پیش نیازهای اجرای خط تولید نرم‌افزار، بر اساس نتایج پرسشنامه اول و بخش دوم، رابطه بین فعالیت‌های تأیید شده در پرسشنامه اول را در بر می‌گیرد. در بررسی رابطه فعالیت‌ها، از ۳ ماتریس روابط استفاده شده است، که ارتباط هر دو حوزه با یکدیگر را نشان می‌دهند. پرسشنامه سوم، جهت سنجش پیش نیازهای اجرایی خط تولید نرم‌افزار تهیه شد، که حاوی (۴۱) سؤال (پیش نیازها) از پرسشنامه دوم است. به‌ترتیبی که (۸) سؤال (S_{ej}) به حوزه مهندسی نرم‌افزار، (۱۹) سؤال(tm_j) به حوزه مدیریت فنی و(۱۴) سؤال (om_j)به حوزه مدیریت سازمانی مربوط‌اند. برای تعیین پایایی آزمون، از روش آلفای کرونباخ استفاده و نتایج زیر به‌دست آمد: پرسشنامه اول: بخش اول (۴ سؤال) با: ۰/ ۹۰/۲۷ =α ، بخش دوم (۱۲ سؤال) با: ۰/۷۶/۷۳ =α ؛ بخش سوم (۱۱ سؤال) با: ۰/۷۷/۹۲ =α و بخش چهارم (۱۴ سؤال) با: ۰/ ۷۹/۳۴ =α و مقدار آلفای کرونباخ کل سؤالات پرسشنامه اول: ۰/ ۸۹/۷۱ = α به‌دست آمدند، که همگی بالای ۰/ ۷۰ هستند و نشان می‌دهند که، پرسشنامه از قابلیت اعتماد و یا پایایی قابل‌قبولی برخوردار است. در تعیین روایی پرسشنامه، از دیدگاه استادان استفاده شده است. در بررسی پایایی و روایی پرسشنامه به‌دلیل اینکه پرسشنامه دوم و سوم بر گرفته از پرسشنامه اول بودند، تنها پرسشنامه اول بررسی شده است.

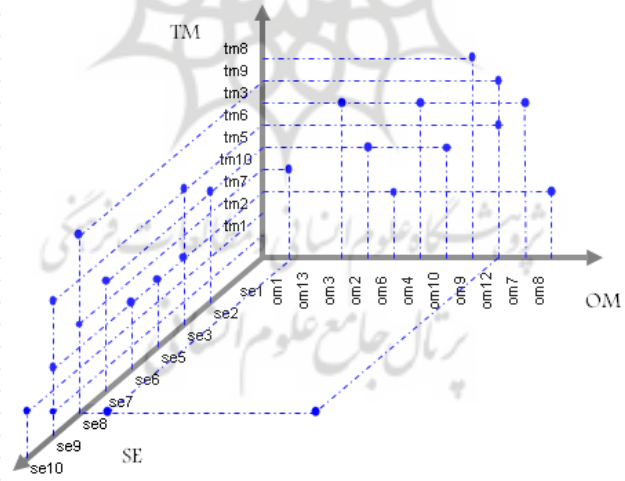
جامعه و نمونه‌ی آماری

جامعه‌ی آماری این پژوهش، صاحبنظران در مجموعه شرکت های همکاران سیستم هستند، که خط تولید نرم‌افزار را می‌شناسند و چون نفرات محدود بوده‌اند، از نظرسنجی خبرگان استفاده شده است (روش نمونه‌گیری قضاوتی ـ غیر تصادفی). مجموع خبرگان ۳۶ نفر بوده، که چون دسترسی به دو نفر از آنان امکان‌پذیر نبود، درجمع ۳۴ پاسخ مورد تحلیل قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش

بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از پرسشنامه‌ها، مدل کلی اجرای خط تولید نرم‌افزار تأیید و فعالیت‌های اجرایی در هر حوزه، مشخص شد. در تحلیل داده‌ها در این بخش، از آزمون دوجمله‌ای استفاده شده است. پس از تعیین فعالیت‌های هر حوزه با استفاده از آزمون فریدمن، اولویت فعالیت‌های اجرایی تعیین و فعالیت‌ها در دو حوزه مدیریت فنی و مدیریت سازمانی، اولویت‌بندی شدند. سپس با استفاده از ماتریس‌های روابط در پرسشنامه دوم، ارتباط بین فعالیت‌های سه حوزه، تعیین ودر نهایت الگوی اجرای خط تولید نرم‌افزار تهیه شده است.

در این الگو، هر بردار متعلق به یک حوزه و فعالیت‌ها بر اساس اولویت انجام، در بردار قرار گرفته و همچنین خطوط درون نمودار، ارتباط هر فعالیت با فعالیت‌های حوزه‌های دیگر است. تعیین نحوه ارتباط فعالیت‌ها به شرکت کمک می‌کند، تا در چارت سازمانی خود چگونگی ارتباط بین بخش‌های سازمانی را مشخص کند.



مدل اجرایی رویکرد خط تولید نرم‌افزار

جدول۲. پیش نیازهای اجرای خط تولید نرم‌افزار

پیش نیازهای اجرای خط تولید نرم‌افزار	متغیر	پیش نیازهای اجرای خط تولید نرم‌افزار	متغیر
وجود معمار ماهر	P1	برآورد هزینه‌های محتمل و تشخیص ریسک‌های بالقوه	P25
الزامات محصولات باید به‌وضوح و کاملاً تعریف شود.	P2	آموزش مشتری جهت ترغیب رفتارهای مطلوب	P26
حیطه خط تولید و استراتژی تولید باید تعریف شده و ثابت باشد.	P3	ارایه تعهد به گروه‌های کاربر جهت حمایت از تثبیت و هماهنگی الزامات جدید	P28
حوزه‌های مرتبط بایستی درک شوند تا از آموزه‌های معماری آن‌ها استفاده شود.	P5	آموزش مدیران تولید و بازاریابان خط تولید	P29
بایدکانال‌های ارتباطی ۲ طرفه و آشکار و بازی میان سازمان و معمار وجود داشته باشد.	P6	استقرار گروه کاربران یا دیگر ابزارهای ارتباطی جهت کمک به سازمان خط تولید در شناخت و اولویت‌بندی نیازهای بلندمدت آینده و نوظهور مشتریان	P30
حمایت مدیریتی جهت معماری خط تولید وجود داشته باشد. به‌ویژه که گروه معماری از گروه توسعه محصول جدا است.	P7	در نظر گرفتن مالکیت و حقوق داده‌ای	P31
وجود زمانبندی برای انجام فعالیت‌ها، به‌ویژه معماری	P8	در نظر گرفتن سرمایه	P32
وجود فردی مناسب برای ارزیابی معماری	P9	انعطاف پذیری زیرساختار مالی سازمان	P33
تنوع مناسب در عناصر و با توجه به بودجه	P10	به‌کارگیری پروژه‌های آزمایشی	P34
اولویت‌بندی نیاز ذی‌نفعان	P11	بهبود فرآیند به‌عنوان مبنای راه‌اندازی و نهادینه‌سازی	P35
ارزیابی عناصری که در نقاط تنوع معماری خط تولید به کار می‌روند، این نقطه‌ای است که در آن اغلب تغییرات و احتمالاً اکثر خطاها روی می‌دهند.	P13	مقایسه محصولات خط تولید با محصولات ارایه شده رقبا	P36
استقرار و نگهداری مدیریت ترکیب و سیستم مدیریت تغییر جهت کنترل محصولات	P14	تشریح نحوه انتقال سازمان از روش موجود توسعه خود به رویکرد خط تولید	P37
استفاده از کارگاه آموزشی جهت درک محصولات و اهداف خط تولید	P16	طرح‌های بودجه‌یابی دارایی‌های اصلی	P38
تعیین اینکه چه عناصری از محصولات باید به‌عنوان بخشی از خط تولید در نظر گرفته شوند	P17	وجود ارتباطات باز	P39

ادامه جدول۲. پیش نیازهای اجرای خط تولید نرم‌افزار

پیش نیازهای اجرای خط تولید نرم‌افزار	متغیر	پیش نیازهای اجرای خط تولید نرم‌افزار	متغیر
مشارکت ذینفعان اصلی	P18	استفاده از فعالیت تیمی	P40
اجرای طرح‌های بهبود مستمر فرایند	P19	نگرش معطوف به آینده	P41
ارایه جزییات کافی در برنامه‌ریزی فنی	P20	سازماندهی کسب‌وکار مبتنی بر کاربرد مجدد	P42
آگاه ساختن مدیریت از الزامات اجرایی	P21	تشکیل گروه کارآفرین و مستقل، معمار خط تولید نیز در این گروه قرار دارد.	P43
تشخیص ابزار اصلی مورد نیاز	P23	تشکیل گروه فنی، این گروه متشکل از مدیران فنی ارشد است که به تحلیل روندهای جدید، نیازهای مشتری و فناوری‌ها می‌پردازد.	P44
حمایت از ایجاد تنوع در ابزار	P24	تعیین منابع فناوری	P45
		توسعه طرح آموزش	P46

در بخش دوم پرسشنامه دوم، پیش نیازهای فعالیت‌ها از ادبیات پژوهش و طبق فعالیت‌های هر حوزه، تبیین(p_j) و با نظر سنجی از خبرگان و استفاده از آزمون دوجمله‌ای، تأیید شده است، که خلاصه‌ای از آن در (جدول شماره ۲)قابل مشاهده است. سپس با کمک پیش نیازها در پرسشنامه سوم، وضعیت موجود، از لحاظ امکان اجرای خط تولید نرم‌افزار، به‌عنوان بررسی موردی تعیین شده است.

کاربرد مدل

اجرای رویکرد خط تولید نرم‌افزار، راهکاری برای کاهش هزینه‌ها است. با استفاده از پرسشنامه سوم، وضعیت موجود از لحاظ هر پیش نیاز، توسط خبرگان ارزیابی شده است. در هر حوزه، پیش‌نیازهای مرتبط مشخص شدند و بررسی پیش نیازها به‌صورت کلی و در سه حوزه فعالیت انجام گرفت. در هر حوزه میانگین اعداد به‌دست آمده از پیش نیازهای مربوط به آن حوزه در پرسشنامه، به‌عنوان میانگین کل حوزه در نظر گرفته شد (آزمون میانگین یک جامعه)، که بر اساس آزمون فرض آماری میانگین یک جامعه، نتایج زیر (جدول۳) به‌دست آمد:

جدول ۳. نتایج پیش نیازهای مربوط به هر حوزه

	تعداد	میانگین	انحراف معیار
مدیریت سازمانی	۳۴	۳/۵۵۸۴	۰/۲۸۱۷۹
مدیریت فنی	۳۴	۳/۶۰۲۹	۰/۲۹۶۲۰
مهندسی نرم‌افزار	۳۴	۲/۹۷۷۳	۰/۴۷۳۷۴

نتایج نشان می‌دهند، چون وضعیت در دو متغیر مدیریت سازمانی با میانگین ۳/۵۵۸۴ و مدیریت فنی با میانگین ۳/۶۰۲۹ بالاتر از ۳ و عدد معناداری مربوط به آماره این دو متغیر، کوچک‌تر از ۰/۰۵ است، بنابراین فرض صفر رد می‌شود.چون حدود بالای این دو متغیر بزرگ‌تر از ۳ هستند ($\mu - 3 > ۰$)؛ بنابراین، میانگین هر دو متغیر، بزرگ‌تر از ۳ است، ولی در متغیر مهندسی نرم‌افزار، ($\alpha > ۰/۰۵$) و میانگین آن کوچک‌تر از ۳ است، یعنی ($\mu - 3 < ۰$)، در نتیجه شرکت از لحاظ حوزه مدیریت فنی و مدیریت سازمانی، در وضعیت مطلوبی برای اجرای خط تولید نرم‌افزار قرار دارد، ولی در حوزه مهندسی نرم‌افزار، باید تغییراتی را لحاظ کند.

پیشنهادهای مبتنی بر یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج به‌دست آمده از بررسی موردی، در هر حوزه پیشنهادهایی ارایه می‌شود:

حوزه مهندسی نرم‌افزار: با توجه به نتایج به‌دست آمده، پیشنهادهای زیر برای بهبود اجرای خط تولید نرم‌افزار در این حوزه تدوین می‌شود:

- به‌کارگیری افراد با تجربه و ماهر در امر معماری نرم‌افزار.
- توجه کافی به الزامات محصول و استفاده از جداول الزامات در معماری نرم‌افزار.
- به‌کارگیری نتایج و ابزارهای حوزه‌های مرتبط در معماری، برای کاهش زمان و هزینه.
- زمانبندی فعالیت‌های معماری و گزارش‌دهی در زمان‌های مشخص برای پیگیری پیشرفت کار.

- علاوه‌بر وجود افراد ماهر در معماری و ارزیابی آن، وجود فرد یا افرادی متخصص، که علاوه‌بر آشنایی با تولید نرم‌افزارها، با کاربرد و چگونگی عملکرد نرم‌افزار نیز آشنا باشند، نیز ضرورت دارند.
- ضرورت ارزیابی محدودیت‌های ابزار قبل از به‌کارگیری آن‌ها در معماری تا مشخص شود که، استفاده از آن می‌تواند به نیازهای آتی پاسخ گوید یا خیر.
- توجه به وجود یکپارچگی و به‌کارگیری عناصر مشترک در تولید نرم‌افزارها؛ زیرا عامل مؤثری در کاهش هزینه و زمان تولید است.
- ضرورت تست کامل تولیدات، قبل از فروش و نصب نرم‌افزارها در سایت‌های مشتری.
- به‌کارگیری کتابخانه پویا و تنظیم آن در کاربرد مجدد عناصر مؤثر به‌منظور تشخیص و تهیه آسان‌تر دارایی‌های اصلی.
- تشکیل کمیته‌ای با عضویت افراد باتجربه در بخش تولید، تا نظارت کاملی بر ورودی‌های کتابخانه و اصلاحات لازم را داشته باشد.
- چون نحوه‌ی ارزیابی عملکرد حوزه مهندسی کاملاً تخصصی است؛ بنابراین نباید بخش‌های دیگر درباره ارزیابی عملکرد آن اعمال نظر نمایند. شاید بهترین راه ممکن، استفاده از جدول‌های زمانبندی و پیشرفت کار بر اساس بازدهی سیستم‌ها در ارزیابی فعالیت‌های حوزه مهندسی نرم‌افزار باشد.
- **حوزه مدیریت فنی:** با اینکه وضعیت سازمان در این حوزه، مناسب ارزیابی شده است، ولی توصیه‌ی پیشنهادهای زیر، برای بهبود وضعیت موجود با توجه به نتایج به‌دست آمده، مفید است:
- تعیین استراتژی و اهداف تولید مشخص و ثابت، در تعیین چگونگی ساخت نرم‌افزار بسیار مهم است؛چون، تفکیک استراتژی و اهداف مطلوب در هر گروه نرم‌افزاری و نحوه ارزیابی را تعیین می‌کند، بنابراین توجه به آن‌ها ضرورت دارد.
- بهتر است به‌هنگام تعریف گروه‌ها در مدیریت ترکیب، نتایج و خروجی‌های محصول و میزان تعامل سیستم‌ها بایکدیگر، به‌عنوان عامل گروه‌بندی به کار گرفته شود.

- توصیه می‌شود، ریسک‌های موجود ارزیابی و هزینه‌های محتمل در هر محصول، مشخص شود تا تصمیمات بهتری اتخاذ شوند.
- چون ناآشنایی مشتری با محصول، عموماً دو هزینه عمده: ۱) هزینه راه‌اندازی مجدد سیستم به‌علت استفاده نادرست؛۲) هزینه آموزش مجدد و تصحیح مشتری را، به سازمان تحمیل می‌کند، بنابراین بهتر است مشتری قبل از فروش، توسط مدیریت فنی سازمان آموزش کاملی را ببیند.
- گرچه مالکیت و حقوق داده‌ای، هنوز در کشور مشکل‌ساز نیست، ولی در آینده از مباحث اصلی، به‌ویژه در تولیدات نرم‌افزاری (حق تألیف) خواهد بود، بهتر است از هم‌اکنون، مدیریت فنی حقوق داده‌ای را در تولیدات و گزارش‌های تولیدی، مد نظر قرار دهد.
- مقایسه‌ی محصولات خود با رقبا، علاوه‌بر تشخیص نقاط ضعف محصولات، موجب ارایه پیشنهادهای جدیدی برای سیستم‌ها نیز می‌شود و بهتر است که مدیریت فنی این وظیفه را به‌طور جدی دنبال کند.
- مدیریت فنی، باید در تعیین نحوه انتقال از روش موجود به رویکرد خط تولید و تعیین کمیته‌های مختلف مورد نیاز و تعیین وظایف هر یک از آن‌ها، توجه خاصی را مبذول دارد.
- ایجاد ارتباطات باز و متقابل مدیریت فنی با معمار خط تولید، برای ارایه پیشنهادها به وی، به دلیل آگاهی کامل از نیازهای مشتری وآشنایی با سیستم‌ها و نحوه‌ی برنامه‌نویسی سیستم‌ها، باعث جلوگیری از دوباره‌کاری‌های بعد از معماری می‌شود.

حوزه‌ی مدیریت سازمانی: وضعیت سازمان در این حوزه نیز، همانند حوزه مدیریت فنی مناسب ارزیابی شد، ولی برای بهبود وضعیت موجود، با توجه به نتایج به‌دست آمده، پیشنهادهای زیر توصیه می‌شود:

- با اینکه حمایت مدیران سازمان از تنوع در ابزار و استفاده از آن‌ها در تولید نرم‌افزار، باعث همپوشانی معایب ابزارها و انعطاف‌پذیری بالای سیستم‌ها می‌شود؛ ولی چون هزینه‌های شرکت را افزایش می‌دهد؛ بنابراین، باید باتوجه به ابتدا همه عوامل به‌دنبال بهبود ابزار و ایجاد تنوع در آن بود.

- چون ناهماهنگی سیستم‌ها با یکدیگر و ارایه نسخه‌های متعدد بعد از نصب، همواره مشکلاتی را برای مشتری ایجاد می‌کنند؛ بنابراین، ارایه تعهد توسط مدیران ارشد به کاربران، اطمینانی نسبی در مشتریان ایجاد می‌کند، عمل به این تعهد نشان دهنده‌ی قدرت مدیریت و سازمان خواهد بود.
- ایجاد جلسات و کمیته‌هایی برای بررسی تقاضاهای آینده مشتریان، تعیین نمایندگانی از گروه‌های مختلف مشتریان و تعامل دایمی سازمان با آن‌ها، شرکت را در شناخت نیازهای مشتری و اشکال‌های موجود در سیستم‌ها یاری می‌دهد.
- چون تعیین بودجه تخصیص یافته به حوزه‌های مختلف، به‌منظور تعیین حدود گسترش فعالیت‌ها، به‌ویژه در بحث ایجاد دارایی‌های اصلی است، بنابراین تعیین بودجه برای هر گروه محصول (نه برای هر فعالیت در حوزه) باعث تعیین چارچوبی برای معمار در آن گروه خواهد شد.

منابع

۱. بهکمال بهشید، کاهانی محسن، سپهری مهران. استخراج ویژگی‌های کیفی نرم‌افزارهای تجارت الکترونیکی بنگاه با بنگاه (B2B)،نشریه فصلنامه علمی ـ پژوهشی مدیریت فناوری اطلاعات ۱۳۸۸؛ ۱ (۲): ۱۹-۳۴.

۲. شمس علیئی فریدون، رضوی داودی مهسا، بدیع کامبیز. ارایه روشی جهت ارزیابی ویژگی‌های کیفی معماری سازمانی مبتنی بر Fuzzy AHP، نشریه علمی ـ پژوهشی مدیریت فناوری اطلاعات ۱۳۸۹؛ ۲ (۴): ۷۹-۹۸.

۳. محمودی جعفر، موسی‌خانی محمد، بیریایی هانیه سادات. ارایه چارچوبی برای ارزیابی بلوغ معماری سازمانی، نشریه علمی ـ پژوهشی مدیریت فناوری اطلاعات ۱۳۸۸؛ ۱ (۳): ۱۰-۱۲۰.

4. Ardis M, Dudak P, Dor L, Leu W, Nadatani L, Olsen B, Pontrelli p. Domain Engineered Configuration Control. 479-494. Software Product Lines: Proceedings of the First Software Product Line Conference (SPLCI). Denver, Colorado; 2000. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.

5. Bass Clements, P Cohen, S Northrop L, Withey. J.Product Line Proctice Workshop Report (CMU/SEI-97-TR-003, ADA327610). Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegia Mellon University; 1997.

6. Bergey J, Campbell G, Cohen S, Fisher M, Gallagher B, Jones L, Northrop L, Soule A. Software Product Line Acquisition: A Companion to a Framework For Software Product Line Practice. Version 2.0; 2002.
7. Brown A. W, Rubin, K. C. The Current State of CBSE." IEEE Software 15, 1998: 37-46.
8. Clements P, Bachmann F, Bass L, Garlan D, Ivers J Little, R.; Nord, R.; & Stafford, J. Dacumenting Software Architectures: Views and Beyond. Reading, MA: Addison-Wesley; 2002.
9. Clements, P, Kazman R, Klein M. Evaluating Software Architectures: Methods and Case Studies. Boston, MA: Addison-Wesley; 2001.
10. Cohen S. Guidelines for Developing a Product Line Concept of Operations (CMU/SEI-99-TR-029, ADA367714). Pittsburgh, pa: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University; 1999.
11. Dorfman M. Thayer, R. H. Software Requirements Engineering. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press; 1997.
12. Doug Redman, November. Software Product Lines For DoD Acquisition and the Overwatch Intelligence Center, OVERWATCHTM SYSTEMS, 5301 Southwest Parkway., Austin 2007; TX 78735, USA,
13. Faulk S, Harmon R, Raffo, D .Value-Based Software Engineering (VBSE): A Value-Driven Approach to Product-Line Engineering, 205-224. Software (SPLI). Denver, Colorado, August 28-31; 2000. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
14. Glass R. L. Software Runaways Lessons: Learned From Massive Software Project Failures. Upper Saddle River, NJ: Prntice- Hall; 1998.
15. Hofmeister, N. S. Applied Software Performance Engineering for Object-Oriented Systems. Reading, MA: Addison-Wesley; 2001.
16. Humphrey W. Justifying a Process Improvement [Online]. news@SEI interactive; 2000: 3(1).
17. Jacobson I, Griss M, Jonsson, P. software Reuse: Architecture, Process and Organization for Business Success. Reading, MA: Addison-Wesley Longman; 1997.
18. Jones L, Soule A. Software Process Improvement and Product Line Practice. CMMI and the Framework for Software Product Line Practice (CMU/SEI-2002- TN- 012, ADA403868). Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carmegie Mellon University; 2002.
19. Kruchten p. The Rational Unified Process: An Introduction. Reading, MA: Addison-Wesley; 1998.
20. Lim, w.c. Managing Software Reuse: A Comprehensive Guide to Strategically Reengineering the Organization for Reusable Components. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall PTR; 1998.

21. Muller H, Jahnke J, Smith D. Storey, M.; Tilley S. & Wong, K. Reverse Engineering: A Roadmap. 47-60. the Future of Software Engineering, New York: ACM; 2000.

22. Paul Jensen. Experiences with Software Product Line Development, The Journal of Defense Software Engineering; 2009.

23. Poulin, J.S. Measuring Software Reuse: Principles, Practices, and Economic Models. Reading, MA: Addison- Wesley; 1997.

24. Hammond, J.S, keeney, R. L, Raiffa, H. Smart. Choices: A Practical Guide to Making Better Decisions. Boston, MA: Harvard Business School Press; 1999.

25. Raman K. AGRAWALLA. A Value-Based Business Approach to Product Line Software Engineering, TCS Innovation Lab for Business Systems; 2008.

26. Rigg W, Burrows C, Ingram P. Ovum Evahiate. Configuration Management Tools. London, UK: Ovum Limited; 1995.

27. Software Engineering Institute. CMMI for Systems Engineerig/Software Engineerig. Version I.02. Staged Reoresentation (CMU/ SEI-2000-TR-018, ADA388775). Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University; 2000.

28. Wallnau K, Weiderman N, Northrop L. Distributed Object Technology with CORBA and Java: Kev Concepts and Implications (CMU/SEI-97-TR-004, ADA327035). Pittsburgh, PA: Software Engineering Isstitute, Carnegie Mellon University; 1997.

29. Wappler, T. Remember the Basics: Key Success Factors for Launching and Institutionalizing a Software Product Line, 73-84. Software Prokuct Lines; 2000.

30. Weiss, D.M, Lai, C.T.R. Software Product- Line Engineering. A Family-Based Software Development Process. Reading, MA: Addison- Wesley; 1999.

31. Williams R, Pandelios, G, Behrens, S. Software Risk Evaluation (SRE) Method Description (Version 2.0) & SRE Team Members Notebook (Version 2.0) (CMU/SEI-99-TR-029, ADA001008). Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University; 1999.