

بررسی مدل دینامیکی تحلیل ریسک در فرایند ساخت پروژه

محمدحسن چراغعلی^۱، ماریا علی‌یاری^۲، بهروز لیراوی‌نیا^۳

۱- استادیار دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)

۲- دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران.

۳- دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران.

چکیده- شناسایی ریسک‌ها یکی از مهم‌ترین مراحل مدیریت ریسک می‌باشد. عدم شناخت جامع از ریسک‌های پروژه، باعث بروز عواقب خطرناکی خواهد شد که می‌تواند اهداف پروژه را به شدت تحت تأثیر قرار دهند. در این مرحله مدیر پروژه یا مجری طرح می‌بایست تمامی ریسک‌هایی که در طول مراحل پروژه، احتمال وقوع آنها وجود دارد را شناسایی کند. اهمیت تجزیه و تحلیل کیفی ریسک‌ها به منظور رده‌بندی ریسک‌ها می‌باشد. این مرحله از آن جهت حایز اهمیت است که خروجی آن به عنوان ورودی مرحله واکنش به ریسک‌ها می‌باشد. عدم قطعیت‌هایی که در فاز شناسایی ریسک‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند دارای درجه اهمیت متفاوتی می‌باشند و با توجه به محدود بودن منابع سازمان باید به ریسک‌های پراهمیت پرداخته شود. در این روش با استفاده از نرم‌افزار Vensim مدل دینامیکی طراحی کردیم که به بررسی رابطه علی بین ریسک و متغیرها اشاره دارد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ریسک زمان‌بندی در بین انواع دیگر ریسک موجود، دارای بالاترین اهمیت در بین ریسک‌های پروژه را داراست. در نهایت نیز عواملی که باعث افزایش ریسک زمان‌بندی می‌گردند نیز تحلیل و آنالیز گردید.

واژه‌های کلیدی: تحلیل ریسک، مدل دینامیکی، ساخت پروژه، نرم‌افزار Vensim

۱. مقدمه

امروزه یک پروژه در چرخه عمر خود با مخاطرات و ریسک‌های فراوانی مواجه می‌شود که در صورت مواجه با هر یک از آنها باید نتایج ناشی از آنها، ارزیابی و بررسی شود. مدیریت ریسک فرآیند نظام یافته شناسایی، تحلیل و واکنش به ریسک پروژه است. این مدیریت متضمن پیشینه نمودن احتمال و پیامدهای رویدادهای مثبت و کمینه نمودن احتمال و پیامدهای رویدادهای منفی در راستای اهداف پروژه است (اصولی، ۱۳۸۴). وجود ریسک و نیز ایجاد شکست در زنجیره تامین می‌تواند اثر معنی‌داری بر عملکرد کوتاه مدت و نیز اثر

منفی بلندمدت بر عملکرد مالی سازمان داشته باشد. لذا مدیریت ریسک زنجیره تامین برای کاهش شکست‌های ناشی از ریسک‌های مختلفی نظیر چرخه‌های نامطمئن اقتصادی، تقاضای نامطمئن مشتری و حوادث طبیعی و انسانی غیرقابل پیش‌بینی و ... ضروری است (Tang, 2006). مدیریت ریسک مستلزم شناسایی، ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های مختلف است. ارزیابی ریسک یکی از ارکان مدیریت ریسک بوده و هدف آن اندازه‌گیری ریسک‌ها براساس شاخص‌های مختلف از قبیل میزان تاثیر و احتمال وقوع می‌باشد و هر چه نتایج این مرحله دقیق‌تر باشد می‌توان گفت که فرایند مدیریت ریسک با درجه اطمینان بالاتری انجام می‌گیرد. رتبه‌بندی ریسک‌ها، قسمت کلیدی این فرایند به شمار می‌روند. زیرا با انجام رتبه‌بندی، برتری هر ریسک در مقابل سایر ریسک‌ها مشخص و در نتیجه تصمیم‌گیرنده می‌تواند در مورد میزان تخصیص منابع موجود برای مقابله با هر ریسک برنامه‌ریزی نماید (PMI, 2004). مدیریت ریسک مانند یک "رادار جلوبین" عمل کرده و آینده غیرقطعی را جستجو می‌کند تا چیزهایی را که ممکن است سبب خطری مهم شوند، شناسایی و از آنها اجتناب شود یا فرصتی مهم کشف شود. ممکن است تشخیص آخرین جزئیات هر آینده غیرقطعی‌ای شذنی نباشد، ولی فرآیند ریسک افشاکردن محیط‌های غیر قطعی خاص و تعیین بهترین مسیر برای ادامه کار را هدف قرار می‌دهد.

کلیم و لودین، برای مدیریت ریسک فرآیندی چهار مرحله‌ای را معرفی کرده‌اند: (شناسایی، تحلیل، کنترل و گزارش) که در موازات چهار قدم معروف دمینگ در مدیریت پروژه قرار می‌گیرند (Jorion, 2000). تحلیل کیفی ریسک یک راه تعیین اهمیت پرداختن به ریسک‌های خاص و بحرانی است. در این تحلیل دو عنصر احتمال وقوع و تأثیر ریسک بسیار مهم است. در تحقیق حاضر به منظور تحلیل کیفی ریسک از نرم‌افزار Vensim برای تعیین روابط علی بین ریسک و متغیرها استفاده کردیم.

۲. پیشینه تحقیق

چاپمن و وارد، یک فرایند مدیریت ریسک پروژه کلی را ارائه کرده‌اند که از نه فاز تشکیل شده است: (۱) شناسایی جنبه‌های کلیدی پروژه؛ (۲) تمرکز بر یک رویکرد استراتژیک در مدیریت ریسک؛ (۳) شناسایی زمان بروز ریسک‌ها؛ (۴) تخمین ریسک‌ها و بررسی روابط میان آنها؛ (۵) تخصیص مالکیت ریسک‌ها و ارائه پاسخ مناسب؛ (۶) تخمین میزان عدم اطمینان؛ (۷) تخمین اهمیت رابطه میان ریسک‌های مختلف؛ (۸) طراحی پاسخ‌ها و نظارت بر وضعیت ریسک و (۹) کنترل مراحل اجرا (Land, 2007)

موسسه مهندسی نرم‌افزار به عنوان یکی از سازمان‌های پیشرو در ارائه روش‌های جدید در مدیریت پروژه-های نرم‌افزاری به مدیریت ریسک پروژه به عنوان فرایندی با ۵ فاز مجزا نگاه می‌کند (شناسایی، تحلیل، طراحی پاسخ، ردیابی و کنترل) (Jorion, 2000).

آمر و همکاران در مقاله‌ای با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به ارزیابی ریسک در پروژه‌های بزرگراه‌های چین پرداختند (Amer et al., 2008) جیاهو زنگ و همکاران نیز در تحقیقی از روشی فازی جهت تصمیم‌گیری و ارزیابی ساختار ریسک پروژه استفاده نمودند (Zeng & Smith, 2007). ابراهیم‌نژاد و همکاران (۲۰۱۰) از رویکرد فازی چند هدفه جهت شناسایی و ارزیابی ریسک در پروژه‌ها استفاده نمودند. در این تحقیق از روش‌های لینمپ و تاپسیس فازی استفاده شده است. آلپان در سال ۲۰۱۰ جهت ارزیابی و مدیریت ریسک در شبکه‌های زنجیره تأمین از شبکه پتری استفاده نمود. سون ییجیان و همکاران (۲۰۰۸) مدلی فازی جهت ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک پروژه‌های ساختمانی ارائه نمودند. موروته و روزویلا (۲۰۱۰) رویکردی فازی جهت ارزیابی ریسک پروژه‌های ساخت ارائه کردند. در این مقاله از تعریف مجموعه فازی و ساختار سلسله مراتبی جهت ارزیابی ریسک استفاده شد. کرین و همکاران (۲۰۱۰) نیز در تحقیقی ریسک ۷ پروژه بزرگ را طبقه‌بندی، و مهم‌ترین ریسک‌هایی که در این پروژه‌ها باید مورد توجه قرار گیرند را معرفی کردند.

۳. نرم‌افزار Vensim برای تحلیل ریسک در پروژه

Vensim برای مدل‌سازی یک یا چند کمیت که در طول زمان تغییر می‌یابند، طراحی شده است. اصول و مکانیزم‌های پویایی‌های ابتدا در دهه‌های مطرح و بررسی‌هایی بر روی آن انجام شد. پویایی‌های سیستم روش درک انواع مشخصی از مسائل پیچیده سیستم است. این رشته در واقع از صنعت و مسائل ناشی از آن نشأت گرفته است. کار نخستین آن ابتدا با برخی مسائل مدیریتی نظیر بی‌ثباتی در تولید و اشتغال، رشد کم یا ناسازگاری فعالیت‌های سازمان‌ها و کاهش سهم بازار در ارتباط بوده است. پویایی‌های سیستم که قبلاً به پویایی‌های صنعت مرسوم بود در اولین ظهور خود توسط "جی فارستر" در حل مسائل متنوع کاربرد گسترده-ای یافت. سیستم دینامیک در گستره وسیعی از مسائل مورد استفاده واقع شده است که از جمله می‌توان به استراتژی برنامه‌ریزی و طراحی یکپارچه (فارستر، ۱۹۶۸)، رفتارهای اقتصادی (استرمن، ۲۰۰۰)، مدیریت اجتماعی (هامروکلایر، ۱۹۹۱) اشاره کرد.

۴. طراحی مدل دینامیک سیستم

۴-۱. دینامیک سیستم

مدل‌های دینامیک سیستم برای تحلیل و بررسی سیستم‌های دینامیکی کاربرد دارد. این مدل یک روش شبیه‌سازی کامپیوتری است که برای بررسی دینامیک سیستم اولین توسط دکتر فاستر در موسسه تکنولوژی ماساچوست طراحی شد، او در سال ۱۹۵۸ تحولی عظیم در عرصه دینامیک ای سیستم ایجاد کرد (Forrester, 1985). دکتر فاستر آثاری به نام‌های "دینامیک‌های صنعتی" و "نظریه سیستم" منتشر ساخت و براساس دینامیک‌های سیستم تاکید داشت (Forrester, 1968). بدین ترتیب مدل‌های دینامیک سیستم توسعه یافته و در زمینه‌های مختلف کاربرد دارد.

تثبیت یک رابطه علی بین متغیرها هسته اصلی مدل دینامیک سیستم است. نمودار روابط علی به منظور تجزیه و تحلیل متغیرهای درونی سیستم طراحی شده است. متغیرهای به هم وابسته یک زنجیره علی تشکیل می‌دهند، در عین حال، قطب زنجیره علت و معلولی می‌تواند ارتقاء یابد یا ضعیف شود. قطب بین زنجیره‌های علی متغیرهای مختلف ممکن است متفاوت باشد. بنابراین، حلقه اثر غیرخطی از کل سیستم تشکیل می‌شود.

۴-۲. ساختار مدل نمودار روابط غیرخطی

ریسک پروژه توسط سازندگان پروژه مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. ریسک زمان‌بندی به معنای تاخیر یا از دست دادن برنامه به دلیل عدم قطعیت در برنامه از پیش تعیین شده زمانی است. ریسک کیفیت ساخت ریسکی است که به مشکلات کیفی مربوط در فرآیند ساخت می‌شود که به عوامل متعددی بستگی دارد. ریسک هزینه ریسک افزایش هزینه است. ریسک محیطی به معنای میزان آسیب به محیط بر اثر حادثه در حین فرآیند است. ریسک فناوری به موانع ساخت اشاره دارد که منشا آن عدم مهارت کارکنان و فناوری ساخت است. ریسک طراحی مشکلاتی هستند که حین طراحی با آن مواجه می‌شویم. ریسک سود ناکافی بودن میزان سود پروژه در عدم تامین نیازهاست. نمودار رابطه علی براساس ریسک‌هایی است که شناسایی شده و به آن اشاره شد. نمودار رابطه علی در شکل ۱ نشان داده شده است.

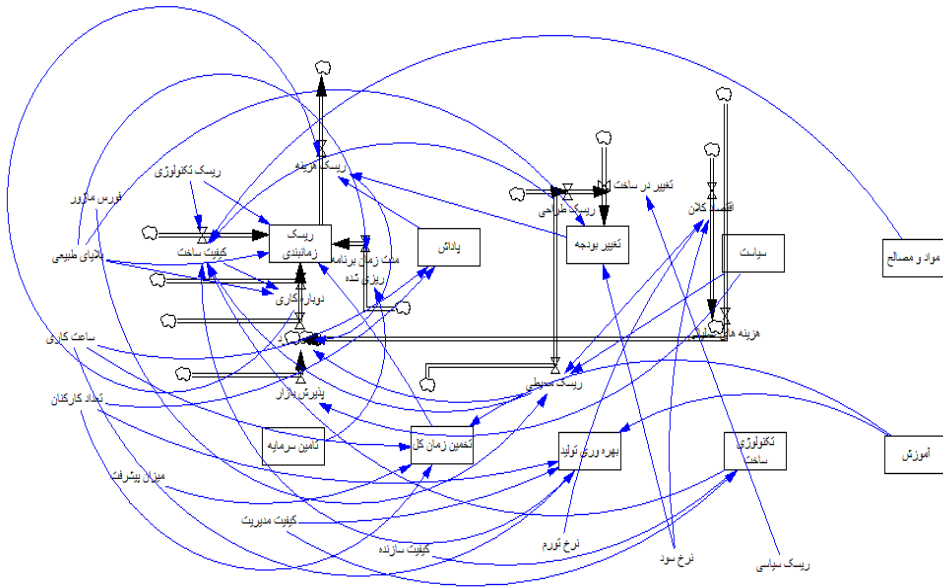
تمام متغیرهای مهم ساخت پروژه در شکل ترسیم شده است. متغیرهایی که در کادر قرار نگرفته‌اند متغیرهای ثابت هستند. به علاوه تمام متغیرهای ثابت برای مشخص کردن شرایط فعلی سیستم با یکدیگر ترکیب شدند. متغیرهایی که در کادر آبی قرار گرفته‌اند متغیرهای فرعی هستند. متغیرهایی که در کادر سیاه

۴-۳. متغیرهای مدل دینامیک سیستم

طبق ویژگی‌های اساسی پروژه، ریسک‌های زمان‌بندی، کیفیت ساخت، هزینه، محیطی، ریسک تکنولوژی، ریسک طراحی و ریسک سود به‌عنوان متغیرهای ثابت سیستم شناسایی شدند. هر متغیر ثابت متغیرهای فرعی دارد. برای مثال بلایای طبیعی، مدت برنامه‌ریزی، تخمین زمان کلی به‌عنوان متغیرهای فرعی ریسک زمان‌بندی در نظر گرفته شده‌اند. پاداش و تغییر بودجه به‌عنوان متغیرهای فرعی ریسک هزینه در نظر گرفته شده‌اند. بهره‌وری تولید، تکنولوژی ساخت به‌عنوان متغیرهای فرعی ریسک کیفیت ساخت در نظر گرفته شده‌اند. هزینه‌های عملیاتی و پذیرش بازار به‌عنوان متغیرهای فرعی ریسک سود در نظر گرفته شدند. مسائل اقتصادی و سیاسی به‌عنوان متغیرهای فرعی ریسک محیطی در نظر گرفته شدند. زمان‌بندی پروژه حیاتی‌ترین قسمت پروژه است. بنابراین اگر سرمایه تضمین شده باشد ریسک زمان‌بندی کاهش می‌یابد. افزایش کارکنان و ساعت کاری آنها باعث پیشرفت در ساخت پروژه می‌شود و تکمیل به‌موقع پروژه تاثیر مثبتی بر کاهش ریسک دارد (Li & Lu, 2012). افزایش بلایای طبیعی باعث افزایش ریسک برنامه‌ریزی می‌شود. از سوی دیگر آموزش کارکنان باعث افزایش توانایی کارکنان، بهره‌وری تولید و کیفیت ساخت می‌شود و ریسک زمان‌بندی را کاهش می‌دهد. بدین ترتیب، سه متغیر ورودی افزایش ساعات کاری کارکنان، تعداد کارکنان و بهبود کیفیت باعث می‌شود بهره‌وری تولید و کیفیت ساخت ارتقا یابد (Sun & Sun, 2012). مواد و مصالح بر کیفیت ساخت تاثیر دارد. کیفیت کار کارکنان متغیر ورودی است که بر کیفیت ساخت تاثیر دارد. بنابراین کیفیت کاری کارکنان بر تکنولوژی اثر دارد. افزایش تعداد کارکنان و ساعت کاری آنها تاثیرات مثبت زیادی دارد اما هزینه‌های زیادی را به دنبال دارد و موجب افزایش ریسک هزینه می‌شود. بلایای طبیعی موجب خسارات مالی زیادی می‌شود که موجب افزایش ریسک هزینه می‌شود.

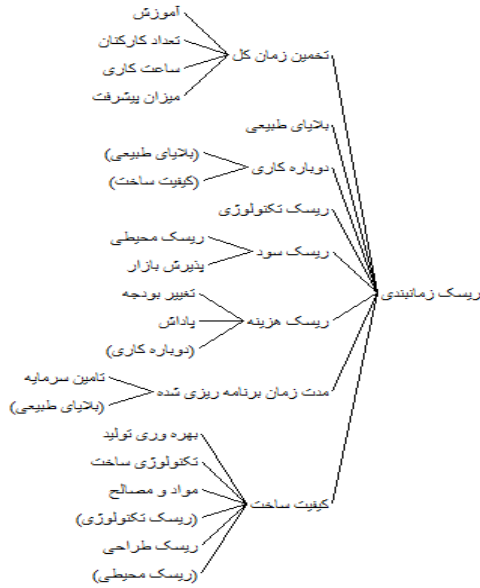
متغیرهای ورودی جزئیات ریسک پروژه محسوب می‌شوند. به علاوه باید ریسک‌های پروژه را از سطوح بالاتری بررسی کنیم. نرخ تورم و سود بر بودجه تاثیر دارد و موجب افزایش ریسک هزینه می‌شود. بدین ترتیب تمام این عوامل بر هزینه‌های عملیاتی تاثیر دارد و موجب افزایش ریسک سود می‌شود. اکثر پروژه‌های بزرگ از سوی دولت حمایت می‌شوند، بنابراین عوامل سیاسی تاثیر زیادی بر این پروژه‌ها دارند. تغییرات سیاسی موجب تغییر در ساخت پروژه می‌شود. بدین ترتیب ریسک هزینه و ریسک طراحی افزایش می‌یابد.

در نهایت روابط علی با استفاده از نرم‌افزار Vensim برای تعیین رابطه بین متغیرهای ثابت، فرعی و ورودی مشخص شده است که در نمودار ۱ نشان داده شده است. این روابط به صورت نمودار حالت جریان زیر می‌باشد.



نمودار ۲ حالت جریان

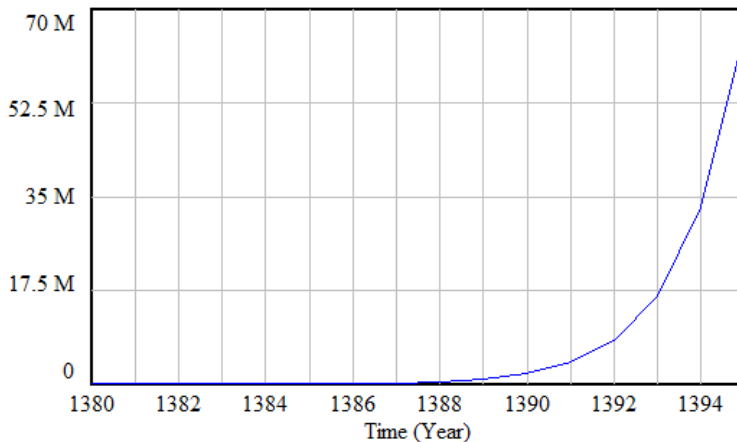
پس از اجرا نمودن مدل فوق در نرم‌افزار به نتایجی که در ذیل بدان اشاره می‌شود، دست پیدا کردیم. درخت علی معلولی بین متغیرها که پیشتر در مورد رابطه بین متغیرها صحبت گردید، در نمودار ۳ مشاهده می‌شود.



نمودار ۳ درخت علی معلولی متغیرها

این شبیه‌سازی در طی سال‌های ۱۳۸۰ الی ۱۳۹۵ برای پروژه‌های شرکت پیاده‌سازی شد. همان‌گونه که در نمودار درخت مشاهده می‌شود، ریسک زمان‌بندی دارای بالاترین اهمیت و اولویت در بین ریسک‌های دیگر می‌باشد. بدین منظور گراف ریسک زمان‌بندی، در طی سال‌های ۱۳۸۰ الی ۱۳۹۵ در نمودار ۴ قابل مشاهده است.

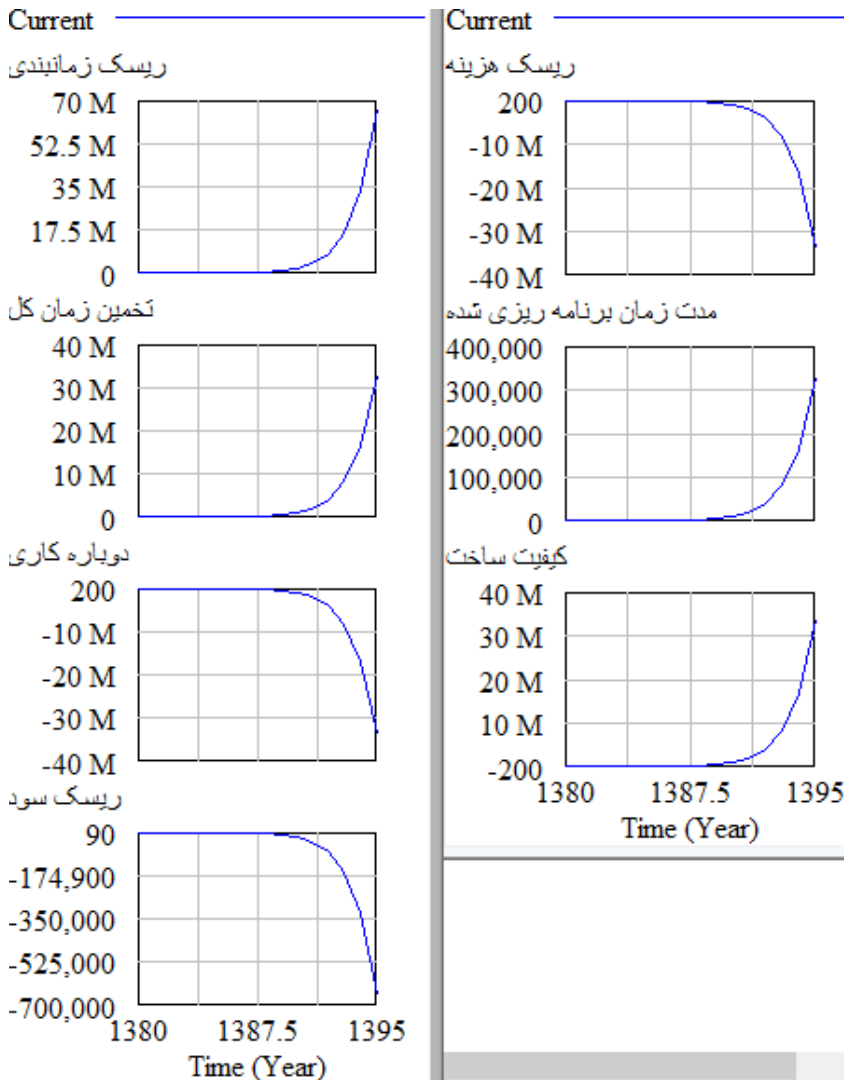
ریسک زمانبندی



Current : ریسک زمانبندی

نمودار ۴ گراف ریسک زمان‌بندی

همان‌طور که در نمودار ۴ مشاهده می‌گردد، ریسک زمان‌بندی در طی سال‌های متوالی افزایش یافته و این مورد از جهات مختلفی است که بیشتر در مورد رابطه بین متغیرها ذکر گردید. نمودارهای سرشاخه‌های اصلی که بر روی ریسک زمان‌بندی تاثیر می‌گذارند، در نمودار ۵ مشاهده می‌شود.



نمودار ۵ عوامل اصلی تاثیرگذار بر روی ریسک زمان‌بندی

همان‌گونه که مشاهده می‌گردد، تخمین زمان کل که با ریسک زمان‌بندی رابطه مستقیمی دارد، نیز در طی سال‌های متمادی افزایش می‌یابد. در نتیجه ریسک سود نیز کاهش می‌یابد چرا که وقتی که تخمین زمان کل انجام پروژه افزایش یابد، هزینه‌های پروژه نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه سود کاهش می‌یابد. به طبع تخمین زمان کل، مدت برنامه‌ریزی شده و کیفیت ساخت نیز افزایش پیدا می‌کند.

اگر بخواهیم به عنوان نتیجه مثبتی در طی سال‌های متمادی انجام پروژه‌ها در این مدل نگاهی بیاندازیم، متوجه می‌شویم که طی این سال‌ها دوباره کاری‌ها کاهش یافته و توانسته‌ایم با توجه به این که ریسک زمان-بندی دارای اهمیت و اولویت ضروری برای پروژه‌ها می‌باشد، دوباره کاری‌ها را کاهش داده و دوباره کاری‌ها به عنوان عامل دیگری برای افزایش ریسک زمان‌بندی نباشد بلکه آن را کاهش دهد.

اما آن موردی که در ادامه در پی آن هستیم، این است که چه راهکارهایی بیاندیشیم تا بتوانیم ریسک زمان‌بندی پروژه‌ها را کاهش دهیم؟

یکی از مواردی که به وضوح در گراف ریسک زمان‌بندی نیز مشاهده می‌گردد، این است که این ریسک در طی سال ۱۳۸۸ به بعد برای پروژه‌های انجام شده افزایش یافته است. یکی از عوامل اصلی که می‌توان بدان اشاره نمود که باعث این چنین مشکلی شده است این است که تهدیدات خارج از پروژه‌ها و رکودی که در سطح کشور شکل گرفت، باعث این مورد شده است. تهدیدات خارجی بر روی ریسک‌های محیطی و هزینه، پذیرش بازار و هزینه‌های عملیاتی اثر سو گذاشته است، و بیشترین تاثیر را ریسک سود بر روی ریسک زمان-بندی نهاده است. اما راهکاری که شرکت می‌تواند در راستای این امر بردارد، این است که می‌توان با کوچکتر کردن شرکت و انجام پروژه‌هایی که دارای قطعیت بالاتری می‌باشند، می‌توان تهدیدات خارجی بر سازمان را کاهش داد و از سوی دیگر ریسک زمان‌بندی را کاهش داد.

یکی دیگر از عواملی که می‌تواند بر روی ریسک زمان‌بندی تاثیر بسزایی بگذارد، بلایای طبیعی است. مواقعی که بلایای طبیعی رخ می‌دهد، تخمین زمان کل و مدت زمان برنامه‌ریزی شده افزایش می‌کند و این افزایش باعث افزایش هزینه‌های عملیاتی و کاهش سود می‌گردد. یکی از گفتمان‌ها در این رابطه این است که نمی‌توان بر بلایای طبیعی کنترلی داشت. درست است اما اگر بتوان بر ملاک‌ها و معیارهای انتخاب پروژه‌ها، بلایای طبیعی موقعیت فیزیکی انجام پروژه‌ها را نیز به عنوان معیاری طبیعی در کنار بقیه معیارها و ملاک‌ها در نظر گرفت، می‌توان دارایی‌های شرکت را از خطر بلایای طبیعی دور نگه داشت و در نهایت ریسک زمان‌بندی را کاهش داد.

۵. نتیجه‌گیری

اگر پروژه‌ای به خوبی اجرا شود نقش مهمی در توسعه اقتصاد اجتماعی دارد. تحلیل ریسک پروژه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است اما مسئله پیچیده‌ای است. در ساخت پروژه عوامل ریسک زیادی دخیل هستند که باید آنها را مورد بررسی قرار دهیم. روش‌های موجود معمولاً عوامل ریسک را از نظر کیفی بررسی می‌کنند که از این طریق نمی‌توان آینده را پیش‌بینی کرد. مدل دینامیک سیستم در تحلیل ریسک با استفاده از نرم‌افزار Vensim روابط علی ریسک و متغیرها را نشان داد. نمودار رابطه علی به صورت کیفی ارائه شده است که در تحلیل ریسک پروژه بسیار کارآمد است.

همان‌طور که در نتایج دیده می‌شود، ریسک زمان‌بندی دارای بالاترین اولویت در بین ریسک‌های موجود می‌باشد. این ریسک طبق نمودار گرافی که از نتایج نرم‌افزار برگرفته شده است، در طی سال‌های ۱۳۸۸ الی ۱۳۹۵ به دلایل محیطی و تهدیدات خارج از سازمان و دیگر عوامل افزایش محسوسی پیدا نموده است. عوامل این افزایش ریسک تحلیل شد و راهکارهایی جهت کاهش اثر این عوامل و در نتیجه کاهش ریسک زمان-بندی، ارائه گردید.

منابع

- اصولی، سیدحسین (۱۳۸۴). راهنمای پیکره‌ی دانش مدیریت پروژه، تهران، انتشارات مرکز تحقیقات و توسعه مدیریت پروژه شرکت ملی صنایع پتروشیمی.
- Amer M., Jiayin P., Zayed T. (2008). Assessing risk and uncertainty inherent in Chinese highway projects using AHP. *International journal of project management*. 26, pp. 408-19.
- EbrahimnejadSadoullah, MousaviSeyedMeysam, SeyrafianpourHamed. (2010). Risk identification and assessment for build-operate-transfer projects: A fuzzy multi attribute decision making model. *Expert Systems with Applications*. 37, pp. 575-586.
- Forrester, J.W. (1985) *Industrial Dynamics: A Breakthrough for Decision Makers*. Harvard Business Review, 36, 37-66.
- Forrester, J.W. (1968) *Industrial Dynamics*. Productivity Press, Cambridge.
- GoncaTuncel, GulgunAlpan. (2010). Risk assessment and management for supply chain networks. *Computers in Industry*. 61, pp. 250-259.
- HanspetterKrane. AsbjornRolstadas. Nils O,Olsson.(2010). Categorizing Risks In Seven Large Project- Which Risks Do the Projects Focus On?. *Project Management Journal*; Mar 2010; ABI/INFORM Global. PG 81.

8. Homer J, St. Clair C. A model of HIV transmission through needle sharing. *Interfaces*. 1991;213:26-49.
9. Jorion, Philippe, *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*, 2nd. ed., McGraw Hill, 2000.
10. 2000.
11. Land, Richard, (2007). *Project Risk Management Handbook (Threats and Opportunities)*, 2nd ed., Press: Office of Statewide Project Management Improvement (OSPMI), 2007.
12. Li, C.B. and Lu, G.S. (2012) *System Engineering. Theory & Practice*, 32, 2731-2739.
13. Nieto-Morote.A, Ruz-Vila.F.(2010). A fuzzy approach to construction project risk assessment. *International Journal of Project Management*.
14. PMI (Project Management Institute)., (2004). *a Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, Pennsylvania, Newtown Square.
15. Rehan, R., Knight, M.A., Unger, A.J.A., et al. (2013). Development of a System Dynamics Model for Financially Sustainable Management of Municipal Watermain Networks. *Water Research*, 47, 7184-7205. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2013.09.061>
16. Serman, John. D. (2000). *Business Dynamics*, Massachusetts Institute of Technology Sloan School of Management.
17. Sun Yijian, Huang Rufu, Chen Dalilin, Li Hongnan. (2008). Fuzzy Set- Based Risk Evaluation Model for Real Estate Projects. *Tsinghua Science and Technology*. 13, pp. 158-164.
18. Sun, Y.C. and Sun, F.H. (2012) On Project Risk Characteristics and Prevention. *Journal of Shenyang Jianzhu University*
19. (Social Science), 14, 386-388.
20. Tang, C. S., (2006). Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 103 (2), 451-488.
21. Zeng J., Smith N.J. (2007). Application of Fuzzy Based Decision Making Methodology to Construction Project Risk Assessment. *International Journal of Project Management*. Vol. 25, pp. 589-600.