International Journal of Industrial Engineering & Production Management (2014)

May 2014, Volume 25, Number 1
pp. 57-72

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

A New Algorithm for the Sensivity Analysis of Critical Path in Pert Networks Considering Project Risk

M.T. Taghavifard* **& S. Khezri**

Mohammad Taghi Taghavifard, *Associate Professor, College of Management and Accounting, Allameh Tabatabai University*
Shaghayegh Khezri, *MS in Industrial Engineering*

Keywords

Critical Path,
Pert, Sensitivity Analysis ,
Risk

ABSTRACT

Taking into account the uncertain time duration for each activity in a pert network, we would need to accept the notion that the critical path the project could vary a number of times during its execution. If this variations take place frequently during the project in an unpredictable manner, it could endanger the efficient managment of the project and in addition to lengthening the time frame of execution, it would result in financial burden.The objective of this article is to present an algorithm that potentially prevents the occurance of unpredictable events in the critical path. Using the proposed algorithm, after the identification of risk in each activity and the quantitative and qualitative analyses of the activities,we calculate the respective time durations considering the different events that could carry potential risk for the purpose of risk management. Furthurmore, a parameter called MVC identifies an interval and if the related activity duration falls in that interval, the critical path would be changed.Then through the techniques of Enginerring Economy and Decision Making, conclusions are drawn to whether allow the critical path to undergo variation under anticipated situation or not.

© 2014 IUST Publication, IJIEPM. Vol. 25, No. 1, All Rights Reserved

* **Corresponding author. Mohammad Taghi Taghavifard**
Email: *dr.taghavifard@gmail.com*

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــریت تولیـــد

شمـــاره ۱، جلـــد ۲۵، خـــرداد ۱۳۹۳
صفحـــه ۷۲-۵۸

نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید دانشگاه علم و صنعت ایران

ISSN: 2008-4870

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

الگوریتم جدیدی برای تحلیل حساسیت مسیر بحرانی در شبکه های پرت با درنظر گرفتن ریسک های موجود در پروژه

محمدتقی تقوی فرد* و شقایق خضری

کلمات کلیدی

مسیر بحرانی، پرت،
تحلیل حساسیت، ریسک

چکیده:

با پذیرش زمان احتمالی برای هر یک از فعالیت های پروژه در شبکه های پرت باید بپذیریم که مسیر بحرانی پروژه نیز ممکن است در طول اجرای آن به دفعات تغییر کند. درصورتیکه این تغییرات چند بار در طول پروژه و آن هم به صورت ناخواسته یا پیش بینی نشده اتفاق بیفتد مدیریت پروژه را دچار بحران جدی می کند و علاوه بر طولانی نمودن زمان پروژه هزینه سنگینی را نیز به ذینفعان آن تحمیل می نماید. هدف این مقاله ارائه الگوریتمی است که به عدم رخداد یا کاهش تغییرات ناخواسته در مسیر بحرانی پروژه کمک می نماید. در این الگوریتم، پس از شناسایی ریسک هر فعالیت و تحلیل کیفی و کمی جهت شناسایی ریسک های مهم و تاثیرگذار، زمان فعالیت ها با توجه به بروز هریک از حالات محتمل ریسک ها محاسبه شده و پس از آن با محاسبه پارامتری به نام MVC بازه ای را که هر فعالیت با قرار گرفتن در آن موجب تغییر مسیر بحرانی می شود، شناسایی کرده سپس با تکنیک های اقتصاد مهندسی و تصمیم گیری نتیجه گیری می شود که آیا در شرایط مختلف پیش بینی شده به مسیر بحرانی اجازه تغییر داده شود یا نه.

۱. مقدمه

پروژه ها به دلایل مختلف در اجرا موفق یا ناموفق هستند. البته توفیق و یا شکست بسیاری از آنها در گرو عوامل مشترکی است. با شناخت این عوامل، زمینه برای تقویت عوامل توفیق آمیز و رفع عوامل شکست آفرین فراهم می شود. یکی از عوامل موثر در اجرای پروژه ها وجود عدم قطعیت در پروژه هاست که می تواند مسیر بحرانی پروژه را تغییر داده و زمان و هزینه بیشتری به پروژه تحمیل نماید در نتیجه دستیابی به اهداف پروژه مستلزم شناسایی و مدیریت این عدم قطعیت هاست. پرسش اصلی این است: آیا راهی وجود دارد که بتوان تغییرات ناخواسته در مسیر بحرانی پروژه را به تغییراتی خواسته و از پیش تعیین شده تبدیل نمود؟ آیا می توان حساسیت مسیر بحرانی را با توجه به وقوع ریسک های مختلف تحلیل کرد؟ چگونه می توان بین استراتژی واکنش به ریسک و حساسیت مسیر بحرانی ارتباط برقرار نمود؟ شناسایی ریسک زمانی فعالیت ها و مدیریت این ریسک ها در ارتباط متقابل با آنالیز مسیر بحرانی معنا و مفهوم کاربردی به این پژوهش می دهد.

در پژوهش های صورت گرفته در زمینه برنامه ریزی و کنترل پروژه تاکنون، روش هایی که در کنار علمی بودن دارای جنبه کاربردی بوده و به یاری مدیران اجرایی پروژه بشتابند، کمتر به چشم می خورد. حتی مدیران بسیار قوی و لایق نیز در صورت

تاریخ وصول: ۹۰/۶/۳۰
تاریخ تصویب: ۹۱/۴/۱۷

*نویسنده مسئول مقاله: **دکتر محمدتقی تقوی‌فرد**، دانشیار، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی dr.taghavifard@gmail.com
شقایق خضری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، khezri.shaghayegh@gmail.com

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

نداشتن الگوی خوب تصمیم گیری و ابزار مناسب جهت پیش بینی و کنترل بحران پیش از وقوع، نمی توانند پروژه را به خوبی هدایت نمایند. وقوع بحران در نتیجه رخداد ریسک ها و سپس تصمیم گیری در مورد آن نه تنها زمان و هزینه بیشتری را به پروژه تحمیل می نماید، بلکه موجب ایجاد تشویش و اضطراب در تیم اجرایی پروژه و عدم تمرکز در اتخاذ بهترین تصمیم می گردد و این مشکلی است که در این مقاله به دنبال رفع آن هستیم.

اولین ملاحظات علمی برای دستیابی به روش های برنامه ریزی ، در اوایل قرن بیستم توسط هنری گانت و فردریک تایلور به عمل آمده است. این دو دانشمند برای برنامه ریزی پروژه ها از یک نمودار که محور افقی آن نشاندهنده عامل زمان و محور عمودی آن نشانگر فعالیت های لازم در اجرای پروژه بود استفاده نمودند.این نمودارها بعدا به نمودارهای گانت[1] و نمودارهای میله ای[2] مشهور شدند.

در سالهای دهه ۱۹۵۰، گروهی از دانشمندان علوم تحقیق در عملیات به فکر ایجاد روش های کاملتری برای برنامه ریزی پروژه ها افتادند.

چندی بعد شرکت تولیدی دوپان[3] یک گروه تحقیقاتی را مامور بررسی کاربردهای روش های جدید مدیریت در امور مهندسی شرکت نمود که نتیجه کار این گروه ابداع روش مسیر بحرانی (CPM) بود. این روش برای اولین بار در پروژه ساخت یک کارخانه برای شرکت دوپان، با سرمایه ای حدود ده میلیون دلار به کار گرفته شد.

آمار موجود از پروژه های نیروی دریایی که در گذشته اجرا شده بودند، نشانگر این حقیقت بود که همواره زمان و بودجه ای که برای پروژه ها صرف می شد بیش از مقادیر پیش بینی شده می بود.مدیریت پروژه با در نظر گرفتن حجم پروژه تصمیم گرفت برای برنامه ریزی پروژه یک گروه پژوهشی را ایجاد نماید تا این گروه روشی کارا و علمی برای این منظور ابداع نماید.این گروه روش PERT را در نیمه اول سال ۱۹۵۸ ارائه نمود.[۱].

مشکل کلیدی در مدیریت پروژه تصمیم گیری در مورد فعالیت هایی است که برای مدیریت مهمترین هستند و بهترین روش جهت مدیریت آنها.

وقتی زمان های فعالیت ها به صورت متغیر تصادفی مدل می شوند، معیارهای اهمیت این فعالیت ها بسیار پیچیده تر و استفاده از آنها مشکل تر می شود.

مشکل کلیدی با همه معیارهای موجود این است که آنها اهمیت را در یک عدد خلاصه می کنند و نتیجه اینکه یافتن محدوده و رنجی از زمان فعالیت که ممکن است قابل قبول یا غیر قابل قبول باشد برای مدیران مشکل می شود[۲].

فکر و اهمیت مسیر بحرانی در مدیریت پروژه دارای تاریخچه مفصلی در تحقیقات و عمل می باشد. اندکی پس از معرفی مسیر بحرانی در CPM و PERT ، وان اسلایک (۱۹۶۳) پیشنهاد داد که زمان فعالیت ها را به صورت متغیرهای تصادفی مدل کنند و از شبیه سازی مونت کارلو برای حل شبکه فعالیت های غیر قطعی منتج شده استفاده کرد. پس از آن به دلیل آنکه هیچ ضمانتی برای وجود یک مسیر بحرانی مشخص و دائمی در شبکه فعالیت های غیر قطعی وجود ندارد. وان اسلایک، استفاده از" بحرانیت فعالیت" (احتمال اینکه فعالیتی بتواند روی مسیر بحرانی قرار گیرد) را پیشنهاد نمود[۳].

تحقیقات بعدی بر راه های تخمین موثر تر یا بحرانیت تقریبی فعالیت ها تمرکز کردند. اخیرا محققان تکیه بر بحرانیت فعالیت ها را مورد بررسی قرار دادند. ویلیامز (۱۹۹۲) دو مفهوم را برای بیان اهمیت و حساسیت معرفی کرد: اول اینکه زمان تکمیل پروژه به زمان فعالیت حساس است و تغییر در زمان فعالیت می تواند زمان کل پروژه را تغییر دهد. راه دوم می تواند این باشد که عدم قطعیت در زمان فعالیت به زمان تکمیل غیر قطعی پروژه کمک می کند.

بحرانیت فعالیت ها مفهوم اول را خوب به تسخیر می کشد ولی مفهوم دوم را خیر. برای به تسخیر در آوردن مفهوم دوم ویلیامز شاخص بحرانیت را تعریف کرد که همبستگی بین زمان تکمیل پروژه و زمان فعالیت را نشان می دهد [۴]. چو و یوم (۱۹۹۷) از رویکرد طراحی آزمایش ها (DOE) برای ارزیابی حدودی مفهوم دوم استفاده کردند[۵].

المغربی، فتحی و تینر (۱۹۹۹) برای ارزیابی مفهوم اول از رویکردی بر پایه DOE بهره جستند. مزیت استفاده از رویکردهای DOE این است که به طور طبیعی به برخی ارتباطات مابین و اثرات تعاملی اجازه آزمایش شدن می دهد [۶].

باومَن (۲۰۰۱) نگاه به بحرانیت پروژه را به سمت دیگری معطوف کرد و آن استفاده از بحرانیت Due date (احتمال اینکه یک فعالیت روی مسیر بحرانی باشد و پروژه تا Due date تمام نشود.) و همبستگی بین این مطلب با زمان فعالیت می باشد. سپس این محقق از منحنی های حساسیت برای کشیدن نمودار معیار عملکرد پروژه یا حتی معیار اهمیت فعالیت به عنوان تابع زمان فعالیت استفاده نمود.

یکی از این نوع منحنی ها، منحنی زمان تکمیل مورد انتظار پروژه به عنوان تابعی از زمان فعالیت است که با کمک شبیه سازی قابل رسم است[۷].

1 Gantt Charts
2 Bar Charts
3 Du Pant

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

۲. کلیات

از آنجایی که فهم بهتر و راحتتر الگوریتم پیشنهادی ، در گرو آشنایی کاملتری با روش پرت و مدیریت ریسک می باشد، در این قسمت با مروری بر شناسایی ریسک ها، فرآیند مدیریت آنها، تحلیل کیفی و کمی ریسک ها و برنامه ریزی واکنش به آنها و نیز گام های تصمیم گیری، مقدمه ای جهت ایجاد این آمادگی فراهم شده است.

۲-۱. روش پرت

همانطور که در تاریخچه روش های برنامه ریزی بیان شد، روش پرت نخستین بار در اواخر دهه ۵۰ میلادی توسط مالکوم و همکاران در مدیریت یکی از پروژه های بزرگ و پیچیده وزارت دفاع آمریکا که هدف آن طراحی و ساخت موشک پولاریس بود، به عنوان ابزار برنامه ریزی و کنترل مطرح شد و مورد استفاده قرار گرفت. با بکارگیری روش پرت مدیریت این پروژه موفق شد تا از زمان اجرای این پروژه قریب ۲ سال بکاهد [۸].

در پرت ، میزان منابع مورد نیاز فعالیت ها نظیر زمان اجرای آنها ، متغیرهای تصادفی در نظر گرفته می شوند.از این رو موفقیت روش برنامه ریزی و کنترل پروژه در گرو صحت و دقت برآوردهای منابع است [۸] .

در محاسبات CPM تاریخی منحصر به فرد برای تکمیل پروژه ها تعیین می شود. ولی برای اعضای پروژه محرز است که علیرغم دقتی که در تخمین زمان ها به عمل آمده است، تاریخ تعیین شده نمی‌تواند قطعی باشد.

در شرایطی که در جوامع عوامل گوناگون اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و ... برخوردار از تغییراتی سریع هستند و همچنین در جوامعی با پیشرفت سریع فن آوری ، شرایط اجرای پروژه ها نیز دستخوش تغییرات بوده و بنابراین بهتر است ضمن برنامه ریزی، مشخصه های زمانی و سایر مشخصه های پروژه ، توام با احتمال بیان شوند[۱].

۲-۲. رویکرد مبتنی بر اندیشه اولیه پرت

برآوردهای زمان فعالیت ها عاملی برای متغیر بودن زمان اجرای یک پروژه یعنی متغیر T است. طراحان روش پرت در ابتدا توزیع بتا را به عنوان توزیع زیربنایی مناسبی جهت مدل سازی احتمالی زمان اجرای فعالیت ها پیشنهاد کردند. توزیع بتا متعلق به خانواده ای از توزیع های نمایی با دو پارامتر است و الگوهای احتمالی مفیدی برای متغیرهایی با دامنه تغییرات (a,b) فراهم می کند.

توزیع بتا در دامنه a تا b دارای چگالی احتمال زیر است:

$$f(x)=\frac{(x-a)^{\alpha-1}(b-x)^{\beta-1}}{b(\alpha,\beta)(b-a)^{\alpha+\beta-1}} \qquad a<x<b \ ,\alpha,\beta>0 \tag{۱}$$

میانگین، واریانس، و نمای توزیع بتا به شرح زیر می باشد:

$$\mu=\frac{a\beta+b\alpha}{\alpha+\beta} \tag{۲}$$

$$\sigma^2=\frac{(b-a)^2\alpha\beta}{(\alpha+\beta)^2(\alpha+\beta+1)} \tag{۳}$$

$$m=\frac{b(\alpha-1)+a(\beta-1)}{\alpha+\beta-2} \tag{۴}$$

برای این منظور در شبکه پرت از شخص خبره خواسته می شود تا برای زمان اجرای هر فعالیت ، سه برآورد ارائه دهد. بنابراین شخص خبره با درنظر گرفتن شرایط محیطی حاکم بر پروژه ، برای هر فعالیت سه برآورد زمانی با نام های برآورد خوش بینانه، محتمل و بدبینانه ارائه می دهد

به کمک برآوردهای خوش بینانه، محتمل و بدبینانه، میانگین و واریانس زمان اجرای فعالیت ها محاسبه می شود. برای ساده سازی محاسبات ، می توان از روابط ساده سازی شده زیر استفاده می شود:

$$E(t)=\frac{a+4m+b}{6} \tag{۵}$$

$$\sigma_t^2=\frac{(b-a)^2}{36} \tag{۶}$$

ضمنا این تقریب ها که به تقریب های اصلی پرت معروفند بر این فرض مبتنی هستند که t در دامنه $[a,b]$ دارای توزیع بتا با چگالی، میانگین، واریانس و نمای اولیه پرت است[۸].

جهت بدست آوردن پارامترهای α و β هر فعالیت در شبکه پرت با توجه به زمان های سه گانه فعالیت ها می توان از روش ارائه شده توسط Grubbs استفاده نمود [۹].

Grubbs مراحل زیر را پیشنهاد می دهد:

۱. برای هر فعالیت (a,m,b) را تعیین کنید.

۲. میانگین توزیع بتا را برابر میانگین پرت قرار داده و با مقدار ثابت فرض کردن a,b معادله را تشکیل دهید.

۳.واریانس توزیع بتا را برابر واریانس پرت قرار داده و با مقدار ثابت فرض کردن a,b معادله را تشکیل دهید.

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

۴.دستگاه معادلات بالا را حل کرده و α و β را بدست آورید.

$$\frac{a\beta+b\alpha}{\alpha+\beta}=\frac{a+4m+b}{6} \quad (۷)$$

$$\frac{(b-a)^2\alpha\beta}{(\alpha+\beta)^2(\alpha+\beta+1)}=\frac{(b-a)^2}{36} \quad (۸)$$

زمانی که زمان فعالیت دارای توزیع متقارن باشد داریم:

$$m=\frac{a+b}{2} \quad (۹)$$

که با جایگزینی در معادله بالا و حل دستگاه، نتیجه $\alpha=\beta=4$ حاصل می شود[۹].

۲-۳. فرآیند مدیریت ریسک

استاندارد PMBOK فرآیند مدیریت ریسک را با شش مرحله معرفی کرده است:

برنامه ریزی مدیریت ریسک؛ تصمیم گیری در رابطه با چگونگی رویکرد، برنامه و اجرای فعالیت های مدیریت ریسک یک پروژه

شناسایی ریسک؛ به تعیین و احراز هویت ریسک های موثر بر پروژه و همچنین مستند سازی ویژگی های آن می پردازد.

تحلیل کیفی ریسک؛ به اولویت بندی ریسک ها به منظور تحلیل یا اقدام متعاقب بعدی با در نظر گرفتن ارزیابی و ترکیب احتمال وقوع آنها و اثراتشان می پردازد. تحلیل کمی ریسک؛ به تحلیل عددی اثر ریسک های شناسایی شده بر اهداف پروژه می پردازد.

برنامه ریزی پاسخ به ریسک؛ به توسعه گزینه ها و اقدامات برای افزایش فرصت ها و کاهش خطرات تهدید کننده اهداف پروژه می پردازد[۱۰].

۲-۴. تکنیک های مدل سازی و تحلیل کمی ریسک

تکنیک های متداول مورد استفاده در تحلیل کمی ریسک عبارتند از :

- **تحلیل حساسیت؛** تحلیل حساسیت به تعیین انواع ریسک که از بیشترین پتانسیل تاثیرگذاری بر پروژه برخوردارند کمک می کند. این تحلیل ، گستره ای از تاثیر را که عدم قطعیت هر یک از عناصر پروژه بر هدف موردنظر، اگر تمامی عناصر عدم قطعیت دیگر در مقدار نرمال خود باشند، تعیین می کند. نمودار تورنادو از جمله نمایشگرهای متداول تحلیل حساسیت است که برای مقایسه اهمیت نسبی متغیرها (متغیرهایی که در مقایسه با موقعیت های پایدارتر از عدم قطعیت بیشتری برخوردار هستند) مفید می باشند[۱۰].
- **تحلیل ارزش پولی مورد انتظار؛** تحلیل ارزش پولی مورد انتظار (EMV) نوعی مفهوم آماری است که طی آن نتیجه میانگین با توجه به اتفاق یا عدم اتفاق سناریوهای آینده محاسبه می شود(یعنی تحلیل در شرایط عدم قطعیت).EMV با ضرب کردن ارزش هر یک از نتایج ممکن در احتمال به وقوع پیوستن آن و جمع کردن آنها محاسبه می شود. استفاده متداول در این نوع تحلیل، در تحلیل درخت تصمیم می باشد[۱۰-۱۱].
- **تحلیل درخت تصمیم؛** تحلیل درخت تصمیم معمولا با استفاده از نوعی نمودار درختی تصمیم انجام می پذیرد که در آن وضعیت مورد نظر و الزامات هر یک از گزینه های در دسترس و سناریوهای ممکن نشان داده می شوند.در این نوع تحلیل ، هزینه هر یک از گزینه های در دسترس ، احتمالات مربوط به هریک از سناریوهای ممکن و مزایای هر یک از مسیرهای منطقی لحاظ می شوند. حل درخت تصمیم ، EMV (یا هر سنجش دیگر مورد نظر سازمان) را برای هر یک از گزینه ها درحالیکه تمامی مزایا و تصمیمات متعاقب آن کمی شده اند ، فراهم می سازد [۱۰-۱۱-۱۲].

- **مدل سازی و شبیه سازی؛** در فرآیند شبیه سازی از نوعی مدل که عدم قطعیت های توصیف شده در سطح جزئیات مشخصی از پروژه را به اثرات احتمالی آنها بر اهداف پروژه تبدیل می کند، استفاده می شود. شبیه سازی ها عموما با استفاده از تحلیل مونت کارلو انجام می شوند. در یک شبیه سازی، مدل پروژه چندین بار محاسبه می شودکه مقادیر ورودی آن به صورت تصادفی از یک تابع توزیع احتمالی (برای مثال هزینه اجرای پروژه یا زمان فعالیت های زمانبندی) برای هر یک از تکرارها و هر یک از متغیرها انتخاب می شوند. یک توزیع احتمال (برای مثال هزینه کل یا تاریخ تکمیل) محاسبه می شود [۱۰].

۳. الگوریتم پیشنهادی

هدف این مرحله ارائه الگوریتم تعیین سلسله مراتب انجام کار جهت تحلیل حساسیت مسیر بحرانی در شبکه پرت پروژه با در نظر گرفتن ریسک هایی که ممکن است در طول پروژه در هر یک از فعالیت ها به وقوع بپیوندد، می باشد. در حقیقت هدف از این کار، تحت کنترل درآوردن مسیر بحرانی و مدیریت آن جهت جلوگیری از تغییرات غیر منتظره و پیش بینی نشده در پروژه می باشد که ممکن است مسیر بحرانی را تغییر داده و زمان و هزینه بیشتری را بدون برنامه ریزی و آگاهی قبلی به پروژه تحمیل

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

نماید. در واقع هدف، عدم تغییر مسیر بحرانی نیست بلکه تغییر آن با آگاهی و تجزیه و تحلیل قبلی بوده و قرار گرفتن در وضعیت بحران را به نحو بسیار مطلوبی کاهش می دهد.

مراحل الگوریتم پیشنهادی را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:

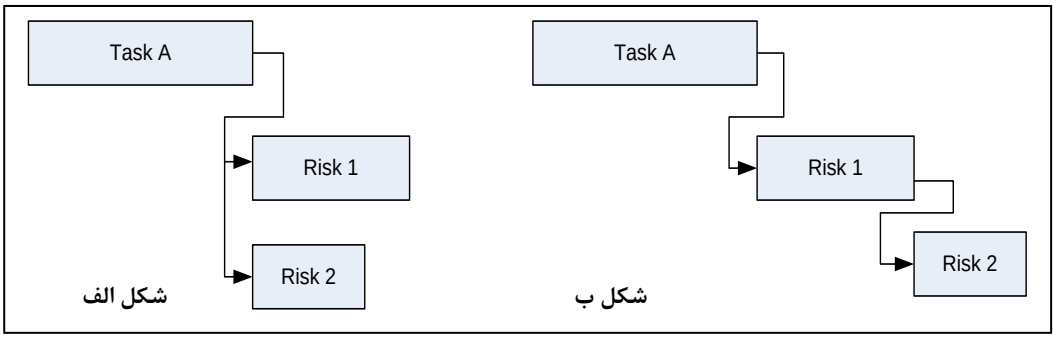
❖ **مرحله اول: شناسایی ریسک‌های موجود و تهیه فهرستی از ریسک های هر فعالیت به کمک روش های طوفان فکری، مصاحبه، بازنگری اسناد و مدارک پروژه های مشابه و ایجاد فهرست ریسک های نمونه[۱۳]**

علامت اختصاری R_{X-n} را جهت نمایش ریسک n ام فعالیت X در نظر می گیریم و هر یک از کارشناسان خبره ، تیم مدیریت پروژه و ریسک، ریسک های موجود را از طریق طوفان فکری و مصاحبه مشخص و یادداشت می نمایند. در این روش می توانیم جهت دقت بیشتر در ارزیابی از تکنیک دلفی استفاده کرده تا نظرات به نظرات افراد صاحب نظرتر و باتجربه تر نزدیکتر شود. پس از تعیین ریسک های خاص هر فعالیت و جهت رتبه بندی آنها می توان از ماتریس ارزیابی ریسک برای رتبه بندی ریسک ها و انتخاب ریسک هایی با اولویت بالاتر استفاده نمود. برای کاهش محاسبات در این الگوریتم بهتر است از ریسک هایی با اهمیت بسیار کم صرف نظر شود. میزان اهمیت و درجه بندی آن می تواند نسبت به پروژه و دیدگاه مدیران آن متفاوت بوده و لازم است" اهمیت بسیار کم" در تعریف آنها کاملا مشخص گردد.

❖ **مرحله دوم: تخمین زمان فعالیت ها به صورت سه زمانه با توجه به ریسک های موجود و سری یا موازی بودن آنها در صورت وقوع**

در این مرحله می توان در ابتدا تخمین زمان فعالیت ها را با توجه به ریسک های تخصیص داده شده به آنها در نظر گرفته و سپس زمان هر فعالیت را با توجه به وقوع توام ریسک های آن به صورت سری یا موازی ، تخمین زد. شکل زیر دو حالت از حالت های وقوع ریسک را نشان می دهد.

در حالت الف ریسک یک و دو درصورت رخداد توام، همپوشانی داشته و در نهایت فقط زمانی برابر زمان ریسک اول به فعالیت اضافه خواهد شد ولی در حالت ب، وقوع ریسک دو، زمانی علاوه بر ریسک یک به فالیت اضافه خواهد کرد که در نهایت به اندازه مجموع زمان ایجاد شده به سبب وقوع ریسک یک و دو به زمان فعالیت A اضافه خواهد شد. علاوه بر دو حالت شرح داده شده حالت های دیگری نیز می تواند وجود داشته باشد که ریسک ها در بخشی از زمان یکدیگر همپوشانی داشته باشند.



شکل ۱. دو حالت از حالات وقوع ریسک

با توجه به آنچه در کلیات راجع به تخمین های مربوط به توزیع بتا شرح داده شد، مقدار α و β هر فعالیت را با روش گرابز[1] بدست آورده و توزیع بتای مربوط به آنها را شناسایی می کنیم.

❖ **مرحله سوم: رسم گانت چارت پروژه و بدست آوردن مسیر بحرانی اولیه ، با استفاده از رویکرد مبتنی بر اندیشه اولیه پرت (با استفاده از میانگین فعالیت ها)[۸]**

❖ **مرحله چهارم: حرکت دادن خط عمودی فرضی بر روی گانت چارت [۱۴]**

[1] *Grubbs*

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

خط عمودی فرضی ای را در نظر گرفته و از ابتدای گانت چارت به سمت انتها حرکت می دهیم. هر جا که این خط بیش از یک فعالیت را قطع کرد، قابل بررسی می باشد. در این حالت، فعالیت های غیر بحرانی قطع شده را برای انجام مرحله بعد در نظر می گیریم. در واقع هدف از این کار شناسایی فعالیت هایی است که در طول پروژه همزمان با فعالیت بحرانی در حال انجام می باشند و احتمال تغییر مسیر بحرانی با افزایش زمان آنها وجود خواهد داشت.

❖ **مرحله پنجم: محاسبه پارامتر MVC**

در این مرحله، پارامتری با عنوان "حداقل مقدار برای بحرانی شدن" به صورت مجموع میانگین و شناوری فعالیت های غیر بحرانی محاسبه می شود[۸].

❖ **مرحله ششم: تعیین بازه $[MVC_x, b_x]$ برای فعالیت X**

بازه $[MVC_x, b_x]$ بازه ایست که فعالیت X را بحرانی کرده و مسیر بحرانی را به سمت دیگری هدایت می کند.در اینجا b_x بدبینانه ترین زمان فعالیت X می باشد. اگر MVC_x بزرگتر از b_x باشد به این معنی می باشد که فعالیت X بحرانی نخواهد شد زیرا مقداری که از آن مقدار به بعد فعالیت بحرانی می شود ، از بدبینانه ترین مقدار فعالیت X هم بیشتر است. در نتیجه زمان این فعالیت هیچگاه به زمان مذکور نمی رسد. در این تحقیق از احتمال ناچیزی که زمان فعالیت X می تواند از مقدار خوش بینانه کمتر و از مقدار بدبینانه بیشتر شود صرف نظر شده و فرض می شود که هیچ فرصت و تهدید پنهانی پروژه را تهدید نخواهد کرد.

❖ **مرحله هفتم: جدا کردن ریسک هایی که سبب قرار گرفتن زمان فعالیت X در این بازه ها و انحرافش از میانگین شده است**

❖ **مرحله هشتم: محاسبه احتمالات لازم جهت تصمیم گیری[۱۵]**

❖ **مرحله نهم: تعیین معیارها و تصمیم گیری در مورد تغییر یا عدم تغییر مسیر بحرانی[۱۵]**

لغات عدم قطعیت و ریسک به دفعات در ادبیات مفاهیم احتمالی یافت می شود. این دو لغت و یا لغت های مترادف آنها در واقع تصمیم گیری در شرایط عدم قطعیت با هدف تعادل بخشیدن به ریسک های مربوط به فعالیت ها را منجر می شوند.ریسک به تنهایی دارای دو جزء می باشد:

احتمال اینکه اتفاقی بیفتد و ضرری که در صورت بروز آن اتفاق نتیجه می شود. و همین دو جزء ، اجزای تصمیم گیری را می سازند [۱۵].

افزایش زمان تکمیل پروژه سبب ایجاد دو نوع هزینه خواهد شد. نوع اول هزینه های بالاسری و هزینه های متوسط روزانه انجام پروژه و دوم جریمه تعیین شده از سوی کارفرما که به ازای هر روز دیرکرد در پروژه ایجاد می شود. در این صورت هزینه های افزوده شده به پروژه ، شامل این دو هزینه، با افزایش تعداد روزها افزایش می یابد.

در این حالت اتخاذ تصمیمی که بتواند هزینه کمتری به پروژه تحمیل کرده و اعتبار و آبروی سازمان را کمتر در معرض تهدید قرار دهد، از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد.

مدیریت بحران پروژه در هر لحظه قبل از شروع پروژه و در حین اجرای آن هدف اصلی این تحقیق می باشد.در این حالت مدیریت ریسک پروژه موظف است که با حرکت بر روی شبکه فعالیت ها مانند آنچه در بالا توضیح داده شد، فعالیت های قابل بررسی را شناسایی کرده و سریعا تصمیم مناسب را در خصوص تغییر یا عدم تغییر مسیر بحرانی در صورت وقوع ریسک های شناسایی شده اتخاذ نماید. در واقع هدف از این کار کاهش یا حذف کامل اتفاقات محتملی است که قبل از وقوع در مورد آن فکر نشده و تصمیمی گرفته نشده است.

تصمیم به عدم تغییر مسیر بحرانی مستلزم بکارگیری یکی از استراتژی های مقابله با ریسک (اجتناب از ریسک، کاهش اثر ریسک و یا انتقال ریسک) می باشد.

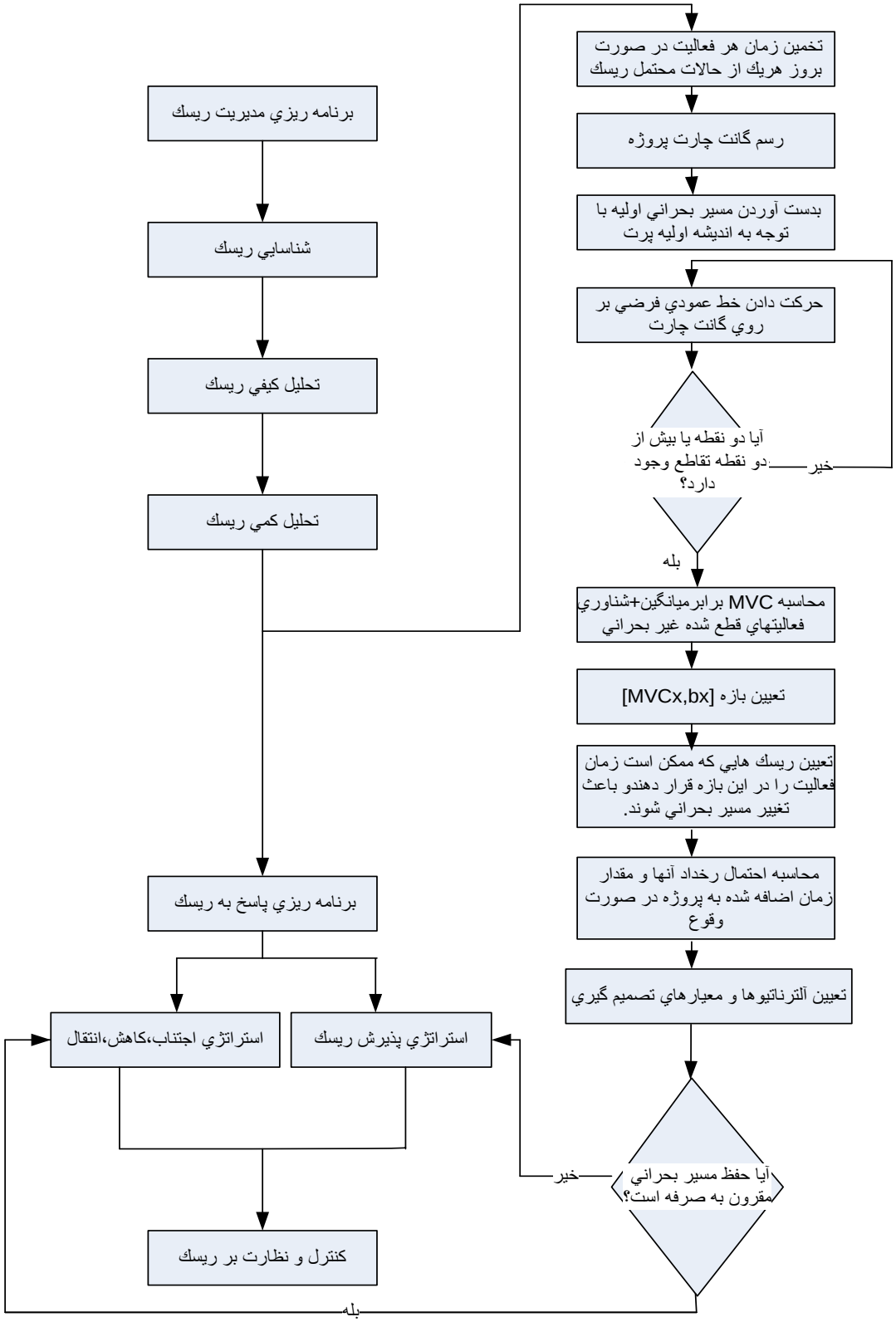
در این مرحله ضروری است که تیم مدیریت ریسک پروژه نسبت به شناسایی دقیق ریسک آن بازه و نحوه مدیریت آن بررسی دقیق به عمل آورده و کم هزینه ترین سیاست را در قبال رسیک ها شناسایی و تخمین بزند.

❖ **مرحله دهم: تصمیم گیری نهایی با استفاده از روش "ارزش پولی مورد انتظار"**

در این مرحله با استفاده از تکنیک EMV (ارزش پولی مورد انتظار) ارزش هر آلترناتیو را محاسبه کرده و بسته به هزینه یا درآمد بودن آن، به ترتیب آلترناتیوی با کمترین یا بیشترین مقدار را انتخاب می نمایم.

در مرحله ۱ و ۲ الگوریتم نقش مدیران پروژه و تیم مدیریت ریسک بسیار برجسته می باشد و نقش مهمی را در نتیجه گیری درست از الگوریتم ایفا می کند. برای مطالعه در مورد خصوصیات مدیران موفق پروژه و تیم آنها می توانید به منبع [۱۳-۱۴] مراجعه نمایید.

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]



شکل ۲. فلوچارت الگوریتم پیشنهادی

برای روشن شدن مراحل بعدی ابتدا مثال زیر را در نظر بگیرید: پروژه ای با اطلاعات زیر داریم:

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

جدول ۱. جدول فعالیت ها،روابط و زمان سه گانه آنها در مثال

فعالیت	پیش نیاز	زمان اجرای فعالیت		
		خوش بینانه(a)	محتمل(m)	بدبینانه(b)
A	-	۱۰	۱۷	۱۹
B	A	۱۵	۱۶	۳۰
C	B	۸۰	۹۰	۱۰۰
D	B	۳۰	۳۲	۵۰
E	D	۱۱	۱۸	۲۱
F	E	۶	۱۵	۲۵
G	E	۸	۲۰	۳۰
H	G	۷	۱۸	۲۳
I	F	۹	۱۰	۲۰
J	G	۹	۱۹	۳۷
K	F	۳	۱۵	۲۲
L	G	۷	۱۶	۱۸
M	B	۲۰	۳۰	۴۵
N	M	۲۵	۳۵	۳۹
O	N	۲۰	۲۸	۲۹

❖ **مرحله اول:**

در مثال فوق، مدیران با تجربه پروژه ریسک های محتمل در وقوع هر یک از فعلیت ها را شناسایی می نمایند. به عنوان مثال، تیم مدیریت رسیک پروژه در مورد فعالیت A به این نتیجه رسیدند که این فعالیت را دو ریسک R_{A-1} و R_{A-2} و فعالیت B را سه ریسک R_{B-1} ،R_{B-2} و R_{B-3} بیشتر از همه تهدید می نماید این به این معنی است که یا ریسک دیگری وجود ندارد و یا ریسک کلی آنها طبق تعریف، بسیار ناچیز بوده و می توان از آن صرف نظر کرد.

❖ **مرحله دوم:**

برای روشن تر شدن این مرحله، می توان جدولی مشابه جدول ۲ را ترتیب داد.

در این جدول ابتدا ریسک های مربوط به هر فعالیت شناسایی می شود. در این مرحله می توان ابتدا با استفاده از ماتریس ارزیابی ریسک، ریسک ها را طبقه بندی نمود و از در نظر گرفتن ریسک هایی که دارای احتمال و اثر کم و خیلی کم - یعنی در گوشه سمت چپ و پایین ماتریس- هستند صرف نظر کرد. سپس تلفیق حالات محتمل از وقوع آنها در نظر گرفته می شود.

به عنوان مثال زمانی که دو ریسک مهم برای فعالیت X شناسایی شود، یا هیچیک از آنها رخ نخواهد داد، یا فقط یکی از آنها به وقوع می پیوندد و یا هر دو با هم اتفاق خواهند افتاد. پس از این مرحله، احتمال بروز هر یک از این حالات محاسبه می شود. به منظور این هدف لازم است ابتدا کارشناسان و افراد مسلط به پروژه و تصمیم گیرندگان با تجربه احتمال وقوع هر یک از ریسک های شناسایی شده برای هر فعالیت و نیز زمان های سه گانه هر فعالیت در صورت وقوع هر یک از حالات محتمل را تخمین بزنند که در این صورت با استفاده از اصل اشتراک و با فرض مستقل بودن ریسک ها در هر فعالیت، احتمال وقوع هر یک از حالات محتمل محاسبه می شود.

سپس با مشخص کردن حالتی که بیشترین احتمال وقوع را دارد، محتمل ترین زمان آن را به عنوان محتمل ترین زمان کل فعالیت در نظر می گیریم همچنین حد بالا و پایین زمان فعالیت را نیز می توان برابر کمترین و بیشترین تعداد روزهای محتمل برای وقوع آن فعالیت به خصوص، در نظر گرفت.

به عنوان مثال مانند آنچه در جدول ۲ مشاهده می شود، فرض می کنیم که کارشناسان احتمال وقوع R_{A-1} را ۰،۷ و احتمال وقوع R_{A-2} را ۰،۶ تخمین زده اند در این صورت احتمال اینکه هیچکدام از ریسک ها به وقوع نپیوندند، برابر است با:

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

$$P(\emptyset) = P(R_{A-1}' \cap R_{A-2}') = P(R_{A-1}').P(R_{A-2}') = 0.3 \times 0.4 = 0.12$$
$$P(R_{A-1}) = P(R_{A-1} \cap R_{A-2}') = P(R_{A-1}).P(R_{A-2}') = 0.7 \times 0.4 = 0.28$$
$$P(R_{A-2}) = P(R_{A-2} \cap R_{A-1}') = P(R_{A-2}).P(R_{A-1}') = 0.6 \times 0.3 = 0.18$$
$$P(R_{A-1} \cap R_{A-2}) = P(R_{A-1}).P(R_{A-2}) = 0.7 \times 0.6 = 0.42$$

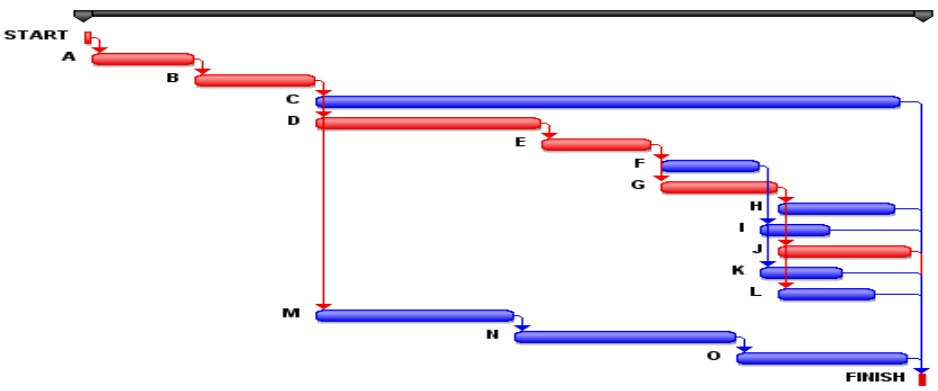
جدول ۲. تخمین زمان فعالیت ها در مثال

فعالیت	ریسکهای شناسایی شده	حالات محتمل	احتمال بروز حالات محتمل	زمان فعالیت در صورت بروز هر یک از حالات محتمل	زمان فعالیت A
		$\emptyset$	0.12	(۱۰،۱۰،۱۱)	(10,17,19)
A	R_{A-1}	R_{A-1}	0.28	(۱۴،۱۳،۱۱)	
	R_{A-2}	R_{A-2}	0.18	(۱۳،۱۴،۱۶)	
		$R_{A-1}\&R_{A-2}$	0.42	(۱۶،۱۷،۱۹)	
		$\emptyset$	۰،۱۲۸	(80,82,85)	(80,90,100)
		R_{C-1}	۰،۵۱۲	(85,90,92)	
		R_{C-2}	۰،۰۳۲	(۸۶،۸۷،۸۹)	
C	R_{C-1}	R_{C-3}	۰،۰۳۲	(۹۰،۹۲،۹۴)	
	R_{C-2}	$\& R_{C-2}R_{C-1}$	۰،۱۲۸	(۸۸،۹۰،۹۳)	
	R_{C-3}	$\& R_{C-3}R_{C-1}$	۰،۱۲۸	(۹۱،۹۳،۹۵)	
		$\& R_{C-3}R_{C-2}$	۰،۰۰۸	(۹۲،۹۴،۹۶)	
		$\& R_{C-1}\&R_{C-2}$ R_{C-3}	۰،۰۳۲	(۹۳،۹۷،۱۰۰)	
		$\emptyset$	۰،۰۶	(۲۰،۲۰،۲۱)	(20,30,45)
M	R_{M1}	R_{M-1}	۰،۱۴	(۲۱،۲۳،۲۵)	
	R_{M2}	R_{M-2}	۰،۲۴	(۲۴،۲۸،۳۰)	
		$R_{M-1}\&R_{M-2}$	۰،۵۶	(29,30,45)	

از آنجایی که احتمال وقوع" هر دو ریسک با هم" نسبت به حالات دیگر بیشتر است، محتمل ترین زمان آن به عنوان محتمل ترین زمان فعالیت A در نظر گرفته می شود. می توان از روش های دیگر هیوریستیک نیز جهت بدست آوردن محتمل ترین زمان فعالیت استفاده نمود.

با فرض احتمال ۰،۸ برای وقوع R_{C-1} و احتمال ۰،۲ برای وقوع R_{C-2}و R_{C-3} مقدار ۹۰ روز به عنوان محتملترین زمان وقوع فعالیت C بدست می آید و با فرض احتمال ۰،۷ برای وقوع R_{M-1} و ۰،۸ برای وقوع R_{M-2} محتملترین زمان برای وقوع فعالیت C ، ۳۰ روز تعیین می شود.

❖ **مرحله سوم:**

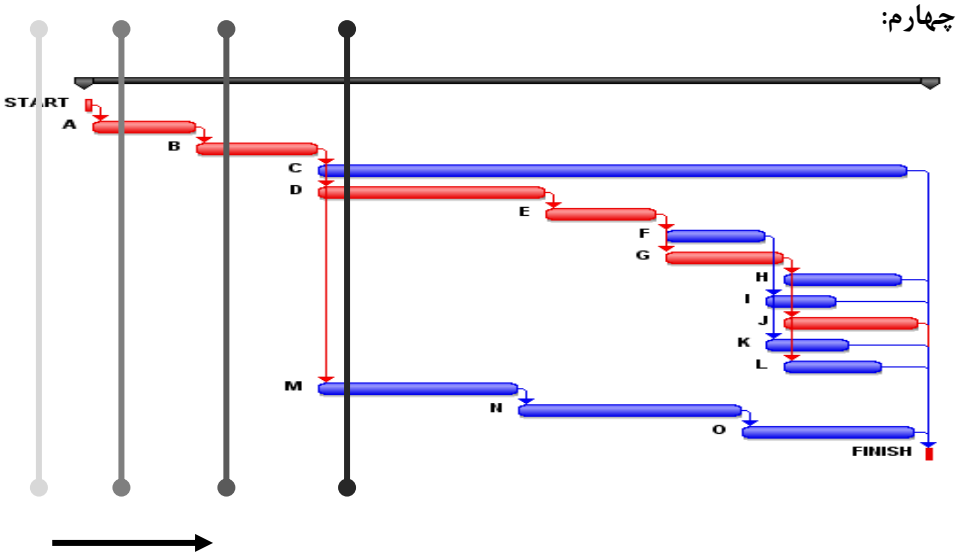


شکل ۳. گانت چارت مثال

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

همانطور که مشاهده می شود مسیر A-B-D-E-G-J بر اساس میانگین زمان فعالیت ها مسیر بحرانی می باشد.

❖ **مرحله چهارم:**



شکل ۴. گانت چارت مثال با در نظر گرفتن خط فرضی

همانطور که در تصویر بالا مشهود است اولین باری که خط عمودی فرضی بیش از دو نقطه را قطع می کند در چهارمین حرکت می باشد. بنابراین فعالیت های C و M جهت بررسی انتخاب می شوند.

❖ **مرحله پنجم**

در این مرحله پارامتر MVC را برای فعالیت های غیر بحرانی قطع شده توسط خط فرضی، محاسبه می کنیم. در مثال بالا دو فعالیت غیر بحرانی M و C را داریم که می توانند بحرانی شوند. برای هر یک از این دو فعالیت پارامتر MVC را محاسبه می کنیم.

$$MVC_C = 2 + 90 = 92$$
$$MVC_M = 30.83 + 0.33 = 31.16$$

❖ **مرحله ششم**

در مثال بالا از آنجایی که بدبینانه ترین زمان برای انجام فعالیت M ، ۴۵ روز و برای انجام فعالیت C ، ۱۰۰ روز است (b_M=45 و b_C=100) ، بازه $[31.16,45]$ برای فعالیت M و بازه $[92,100]$ برای فعالیت C بازه ایست که اگر زمان این فعالیت ها در این بازه ها قرار بگیرد مسیر بحرانی از A-B-D-E-G-J به A-B-M-N-O و یا A-B-C تغییر می یابد.

❖ **مرحله هفتم**

این ریسک ها از لیست ریسک فعالیت ها که در ابتدا زمان فعالیت ها بر اساس آن تخمین زده شده بود، استخراج می شود. با مراجعه به ریسک هایی که فعالیت M ممکن است در معرض آنها قرار بگیرد، نتیجه می شود که اگر هر دو ریسک R_{M-2} و R_{M-1} اتفاق بیفتد می تواند زمان فعالیت را در حد فاصل ۳۱،۱۶ و ۴۵ قرار دهد.

❖ **مرحله هشتم**

برای بدست آوردن احتمالات ابتدا لازم است که پارامترهای توزیع جهت هر یک از فعالیت های پروژه محاسبه شود. جدول زیر به روشن شدن انجام این محاسبات کمک می کند.

جدول ۳. جدول محاسبه پارامترهای فعالیت ها در مرحله هشتم الگوریتم

Task name	Time Estimates			Duration (Beta)	Total Slack	Symmetric	Grubbs estimates	
	a	m	b				α	β
A	10	17	19	16.17d	0d	No	4.635574	2.129858
B	15	16	30	18.17d	0d	No	1.054617	3.940938

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

ادامه جدول ۳. جدول محاسبه پارامترهای فعالیت ها در مرحله هشتم الگوریتم

Task name	Time Estimates			Duration (Beta)	Total Slack	Symmetric	Grubbs estimates	
	a	m	b				α	β
C	80	90	100	90d	2d	Yes	4	4
D	30	32	50	34.67d	0d	No	1.269333	4.170667
E	11	18	21	17.33d	0d	No	4.661333	2.698667
F	6	15	24	15d	10.83d	Yes	4	4
G	8	20	30	19.67d	0d	No	4.224894	3.742049
H	7	18	23	17d	3.33d	No	4.648438	2.789063
I	9	10	20	11.5d	13.5d	No	1.209617	4.112697
J	9	19	37	20.33d	0d	No	3.105928	4.567541
K	3	15	22	14.17d	10.83d	No	4.538951	3.18404
L	7	16	18	14.83d	5.5d	No	4.543451	1.836714
M	20	30	45	30.83d	0.33d	No	3.397333	4.442667
N	25	35	39	34d	0.33d	No	4.670554	2.594752
O	20	28	29	26.83d	0.33d	No	4.236854	1.343393

حال احتمال اینکه زمان فعالیت M در بازه $[31.16,45]$ قرار گیرد را محاسبه می کنیم:

M دارای توزیع بتا با $\alpha = 3.4$ و $\beta = 4.44$ و $a = 20, b = 45$ می باشد لذا داریم:

$\mathcal{P}(31.16 < T_M < 45) = F(45) - F(31.16)$ =1-0.54 = 0.46

و C نیز دارای توزیع بتا با $\alpha = 4$ و $\beta = 4$ و $a = 80, b = 100$ می باشد لذا داریم:

$\mathcal{P}(92 < T_C < 100) = F(100) - F(92)$=1-0.71=0.29

حال نوبت آن است که هریک از فعالیت های M و C به طور جداگانه مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرند همانطور که نتیجه شد، احتمال اینکه مسیر بحرانی به سمت فعالیت M تغییر یابد، ۴۶ درصد بوده که در این صورت مدت زمان فعالیت M با احتمالات زیر مقادیر صحیح بین ۳۱،۱۶ و ۴۵ را می پذیرد. مقادیر این احتمالات با استفاده از توزیع بتا محاسبه می شود. همچنین در این مدل مقرر شده است که تعداد روزها در صورت اعشاری شدن حتما به سمت بالا گرد شوند. مثلا ۳،۲ روز را ۴ روز در نظر می گیریم.

جدول ۴. جدول محاسبه احتمال رخداد هر فعالیت در هریک از مقاطع زمانی در مرحله هشتم الگوریتم

x	$\mathcal{P}(T_M = x) = \mathcal{P}((x-1) < T_M \leq x)$	$\mathcal{P}(T_M = x)$
32	$\mathcal{P}(T_M = 32) = \mathcal{P}(31 < T_M \leq 32)$	0.085
33	$\mathcal{P}(T_M = 33) = \mathcal{P}(32 < T_M \leq 33)$	0.080
34	$\mathcal{P}(T_M = 34) = \mathcal{P}(33 < T_M \leq 34)$	0.072
35	$\mathcal{P}(T_M = 35) = \mathcal{P}(34 < T_M \leq 35)$	0.063
36	$\mathcal{P}(T_M = 36) = \mathcal{P}(35 < T_M \leq 36)$	0.052
37	$\mathcal{P}(T_M = 37) = \mathcal{P}(36 < T_M \leq 37)$	0.041
38	$\mathcal{P}(T_M = 38) = \mathcal{P}(37 < T_M \leq 38)$	0.031

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

39	$\mathcal{P}(T_M = 39) = \mathcal{P}(38 < T_M \leq 39)$	0.022
40	$\mathcal{P}(T_M = 40) = \mathcal{P}(39 < T_M \leq 40)$	0.014
41	$\mathcal{P}(T_M = 41) = \mathcal{P}(40 < T_M \leq 41)$	0.008
42	$\mathcal{P}(T_M = 42) = \mathcal{P}(41 < T_M \leq 42)$	0.004
43	$\mathcal{P}(T_M = 43) = \mathcal{P}(42 < T_M \leq 43)$	0.001
44	$\mathcal{P}(T_M = 44) = \mathcal{P}(43 < T_M \leq 44)$	0.0003
45	$\mathcal{P}(T_M = 45) = \mathcal{P}(44 < T_M \leq 45)$	0.000015

به راحتی می توان دریافت که اگر زمان فعالیت M به ۳۲ روز افزایش یابد ۱ روز به زمان تکمیل پروژه اضافه می گردد حال اگر این زمان به ۳۳ روز تغییر یابد زمان اضافه شده به دو روز افزایش می یابد و نهایتا ۴۵ روز برای فعالیت M ، افزایش زمان ۱۴ روز را در پی خواهد داشت.

❖ مرحله نهم

برای فهم بهتر ، مرحله دهم الگوریتم را در گره M به صورت عددی بررسی می نماییم.

جدول ۵. جدول تصمیم گیری مثال طرح شده با استفاده از الگوریتم ارائه شده

x	$p(T_N = x)$	تعداد روزهای اضافه شده به کل پروژه	متوسط هزینه یک روز پروژه	کل هزینه اضافه شده	جریمه هر روز تاخیر مطابق با قرارداد	کل جریمه	هزینه کاهش/اجتناب/ انتقال ریسک*	کل هزینه اضافه شده × p(Tm=x)	کل جریمه× p(Tm=x)
32	0.085	1		100,000,000		5,000,000		8,522,279	426,114
33	0.080	2		200,000,000		10,000,000		15,980,767	799,038
34	0.072	3		300,000,000		15,000,000		21,649,335	1,082,467
35	0.063	4		400,000,000		20,000,000		25,067,029	1,253,351
36	0.052	5		500,000,000		25,000,000		26,073,910	1,303,695
37	0.041	6		600,000,000		30,000,000		24,812,618	1,240,631
38	0.031	7	100,000,000	700,000,000	5,000,000	35,000,000	200,000,000	21,696,267	1,084,813
39	0.022	8		800,000,000		40,000,000		17,344,919	867,246
40	0.014	9		900,000,000		45,000,000		12,494,599	624,730
41	0.008	10		1,000,000,000		50,000,000		7,885,005	394,250
42	0.004	11		1,100,000,000		55,000,000		4,134,912	206,746
43	0.001	12		1,200,000,000		60,000,000		1,618,707	80,935
44	0.0003	13		1,300,000,000		65,000,000		365,439	18,272
45	0.000015	14		1,400,000,000		70,000,000		20,720	1,036
				جمع				187,666,506	9,383,325

* MIN (Cاجتناب, Cانتقال, Cکاهش)

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

در این قسمت بحث می توان از یکی از تکنیک های مدل سازی و تحلیل کمی ریسک که در قسمت قبل شرح داده شد، استفاده نمود. آلترناتیوهای تصمیم گیری و معیارهای آن در جدول زیر نشان داده شده است. درصورتی که ارزش هریک از معیارها برای مدیران پروژه متفاوت باشد می توان وزن های مختلفی را برای آنها در نظر گرفت. سطر W در جدول زیر مقدار وزن را در مثال بالا نشان می دهد که کاملا اختیاری و طبق نظر تیم های تصمیم گیرنده سازمان می باشد.

A_1: عوض شدن مسیر بحرانی A_2: عوض نشدن مسیر بحرانی

جدول ۶. جدول مرحله نهایی تصمیم گیری در مثال

W	0.25	0.25	0.3	0.2
آلترناتیوها / معیارها	هزینه اضافی تحمیل شده	جریمه	هزینه کاهش اثر ریسک	اعتبار شرکت
A1	187,666,506	9,383,325	0	10,000,000
A2	0	0	200,000,000	-15,000,000

در جدول بالا کلیه آیتم ها هزینه بوده و هزینه منفی نشاندهنده سود می باشد و بنابراین کمتر بودن آنها مدنظر قرار می گیرد.

مواردی که در جدول بالا به عنوان شاخص تعریف شده است زمان، هزینه و کیفیت بوده است. کاهش کیفیت پروژه می تواند به اعتبار شرکت لطمه زده و آینده کاری آن را تهدید نماید.[۱۰]

وزن معیارها کاملا بستگی به شرایط شرکت و دیدگاه مدیران ارشد و سهامداران و ذی‌نفعان آن دارد. وزن اعتبار شرکت نیز به همین صورت می باشد.

برخی مدیران ساخت برند معتبر و حفظ آن را در درجه اول اهمیت قرار می دهند و در جایی که تصمیماتی سود بیشتر داشته ولی ضربه ای هر چند کوچک به این نام و در نتیجه آن آینده کاری شرکت وارد سازد را اتخاذ نخواهند کرد.

در مثال بالا ارزش اعتبار شرکت کمی کمتر از هزینه هاییست که ممکن است در اثر وقوع ریسک به پروژه تحمیل گردد.

❖ مرحله دهم

حال در اینجا با استفاده از تکنیک EMV (ارزش پولی مورد انتظار) داریم:

$$L(A_1) = (0.25 * 187,666,506) + (0.25 * 9,383,325) + (0.2 * 10,000,000) = 51،262،458$$

$$L(A_2) = (0.3 * 200,000,000) + (0.2 * -15,000,000) = 57,000,000$$

که $L(A)$ هزینه ناشی از هر یک از آلترناتیوهاست.

$$EMV(1) = 51.262.458 * 46\% = 23,580,731$$
$$EMV(2) = 57.000.000 * 54\% = 30.780.000$$

در نتیجه مورد اول انتخاب خواهد شد زیرا هزینه کمتری را تحمیل خواهد کرد.یعنی با توجه به شرایط موجود، رها کردن و اجازه عوض شدن مسیر بحرانی بر تلاش و هزینه کردن جهت ممانعت از تغییر آن ترجیح دارد و استراتژی منتخب، استراتژی پذیرش ریسک خواهد بود. در صورتی که شرایط تصمیم گیری در بالا ، رای به عوض نشدن مسیر بحرانی دهد، یکی از استراتژی های اجتناب، کاهش یا انتقال بسته به هزینه ای که به پروژه تحمیل خواهد کرد و مدت زمانی که از فعالیت موردنظر کم خواهد کرد، انتخاب می شود. این کار برای همه فعالیت ها تا

$$M = (20,30,45)$$
$$P(31.16 < T_M < 45) = 46\%$$

با استفاده از توزیع بتا داریم:

$$P(A1) = 46\%$$
$$P(A2) = 54\%$$

همانطور که در بالا محاسبه شد، از آنجایی که احتمال تغییر مسیر بحرانی ۴۶٪ می باشد ، با لحاظ کردن احتمال وقوع در هزینه های بالا خواهیم داشت:

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

انتهای پروژه ادامه می یابد و تحلیل و تصمیم گیری لازم با درنظر گرفتن ریسک های محتمل انجام می شود.

۴. نتیجه گیری

شناسایی فعالیت های بحرانی در شبکه پروژه زمانی که فعالیت ها زمانی قطعی دارند کار سهل و آسانی می باشد ولی تحت زمان غیرقطعی بسیار دشوار و گیج کننده خواهد بود. در دنیای واقعی و در میان انبوهی از عدم قطعیت ها ، یافتن فعالیت هایی که نیاز به توجه بیشتر و مدیریت بهتر دارند سهم بسزایی در موفقیت یا شکست پروژه ها ایفا خواهد کرد.

با توجه بیشتر به ادبیات موضوع می توان دریافت که روش هایی که تاکنون جهت یاری رساندن به مدیران پروژه ارائه شده است بیشتر تئوری بوده و بکارگیری بیشتر این روش ها در واقعیت عملا غیر ممکن خواهد بود.

در این تحقیق سعی شده است که با ارائه یک الگوریتم هیوریستیک و عملی مراحل مدیریت زمان پروژه با در نظر گرفتن ریسک ها و عدم قطعیت های موجود، تشریح و حساسیت مسیر بحرانی در این شرایط تحلیل شود و با درنظر گرفتن هزینه و اعتبار شرکت که سایر پارامترهای مهم در تصمیم گیری مدیران می باشد، بهترین تصمیم اتخاذ گردد و تا اندازه بسیار زیادی از وقوع اتفاقات غیر منتظره که گاها به شکست های سنگین و غیرقابل جبران منجر می شود، پیشگیری نماید.

مسیر بحرانی معمولا بر اساس زمان مورد نیاز هر فعالیت و شناوری آن و با در نظر گرفتن فعالیت های پیش نیاز محاسبه می‌شود.

در این حالت مسیری که دارای شناوری نبوده و طولانی ترین زمان برای تکمیل پروژه را داراست، مسیر بحرانی نامیده می شود ولی گه گاه در اجرای پروژه با فعالیت هایی روبرو می شویم که به دلیل مشکلات مالی و عدم تامین بودجه مورد نیاز و یا بروز عوامل تاثیر گذار (ریسک ها)، به موقع به اتمام نمی رسند و در حالی که بر روی مسیر بحرانی قرار نداشته اند، مسیر بحرانی پروژه را تعویض نموده و مسیری دیگر باعث به تاخیر افتادن زمان اتمام پروژه می شود.

در این مقاله الگوریتمی ارائه شده است که تنها به فاکتور زمان اکتفا نکرده و ریسک ها را نیز در تغییر مسیر بحرانی موثر می داند. این الگوریتم با تحلیل حساسیت این مسیر و محاسبه احتمال تغییر آن، میزان افزایش هزینه پروژه و کاهش اعتبار شرکت را با این احتمالات تلفیق کرده و به عنوان معیارهای تصمیم گیری در انتخاب استراتژی واکنش به ریسک، دخیل می‌کند.

۵. پیشنهاد برای تحقیقات آتی

از آنجایی که تخمین زمان فعالیت ها با درنظر گرفتن ریسک ها بسیار به نظر اشخاص وابسته است، یافتن راهی که به تخمین دقیق تر منجر شود و خطاهای انسانی نقش کمتری در آن ایفا نماید، بسیار حایز اهمیت می باشد. نکته دیگری که می تواند شکاف مطالعاتی مهمی تلقی شود، مطالعه بر روی تغییر همزمان دو یا چند فعالیت در پروژه، در صورت وقوع ریسک مشترک می باشد. همچنین از آنجایی که درصورت بزرگ بودن شبکه یافتن فعالیت های موازی و مقایسه آنها مشکل می باشد، ارائه برنامه نرم افزاری جهت تسهیل کار و کاهش زمان تحلیل بسیار مثمر ثمر خواهد بود. یکی از مزایای الگوریتم ارائه شده، انعطاف پذیری آن می باشد. از آنجایی که موارد تاثیر گذار در هر پروژه بسته به نوع آن و نیز نگرش مدیران و ذینفعان آن بسیار متنوع می باشد، می توان معیارهای بیشتری را جهت تصمیم گیری نهایی در آن لحاظ نموده و نتایج کامل تری را دریافت نمود. به عنوان مثال می توان علاوه بر تصمیم گیری بر اساس هزینه ، زمان و کیفیت مواردی مانند محدوده را نیز لحاظ نمود .

مراجع

[۱] حاج شیر محمدی، علی، "مدیریت و کنترل پروژه"، مرکز انتشارات واحد صنعتی اصفهان، ۱۳۷۸.

[۲] طارقیان، حامد رضا، "برنامه ریزی و کنترل پروژه-مفاهیم و روش ها"، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۸.

[۳] راهنمای گستره دانش مدیریت پروژه"، مؤسسه مدیریت پروژه PMI، ترجمه: ذکایی آشتیانی، محسن، حسینی، سید حسین، چاپ سوم، ۲۰۰۴.

[4] Bowman R. A., "*Sensitivity Curves for Effective Project Management*", Naval Research Logistics (NRL), Vol. 50, No. 5, 2003, pp. 481-497.

[5] Van Slyke R.M., "*Monte carlo methods and the PERT problem*", Vol. 11, 1963, pp. 839-860.

[6] Williams T.M., "*Criticality in stochastic networks*", Journal of the Operational Research society, Vol. 43, 1992, pp. 353-357.

[7] Cho J.G. & Yum B.J., "*An uncertainty performance measure of activities in PERT networks*", International Journal of Production Research, Vol. 35, No. 10, 1997, pp. 2737-2758.

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]

[8] Elmaghraby S.E., Fathi Y., & Taner M.R., "*On the sensitivity of project variability to activity mean duration*", International Journal of Production Economics, Vol. 62, 1999, pp. 219-232.

[9] Bowman R.A., "*Due date-based metrics for activity importance in stochastic activity networks*", Annals of Operations Research, Vol. 102, 2001, pp. 39-48.

[10] Williams F.E. "*PERT Completion Times Revisited*", Informs Transactions of Education, Vol. 6, No. 1, 2005, pp. 21-34.

[11] Schuyler J., *Risk and Decision Analysis in Projects*, Project Management Institute, 2nd edition, June 2001.

[12] Lewis J.P., *Mastering Project Management: Applying Advanced Concepts to System Thinking, Control Evaluation, Resource Allocation*, McGraw-Hill, 2nd edition, 2008.

[13] Ghattas R.G. & Mckee S.L., *Practical Project Management*, Prentice Hall, 2001.

[14] Nicholas J.M., *Project Management for business and Engineering Principles and practice*, Butterworth-Heinemann, 2nd edition, 2004.

[15] Moder J.J., Philips C.R., Davis E.W., *Project Management with CPM, PERT and Precedence Diagramming*, Van Nostrand, New York, 1983.

[Downloaded from www.iust.ac.ir on 2024-09-15]