

# بررسی مسیرهای بحرانی مطالعات امکان‌سنجی پروژه‌های معدنی

نوشته: دکتر احمد رضا صیادی \*

## A study of critical paths for feasibility studies of mining projects

By: Dr. Reza Sayadi \*

### چکیده:

تهیه و توسعه مدل جدیدی برای برنامه‌ریزی و اجرای مطالعات امکان‌سنجی پروژه‌های معدنی در دو مرحله پیش‌امکان‌سنجی و امکان‌سنجی، چارچوب اصلی این مقاله را تشکیل می‌دهد. این مدل ضمن سازمان‌دهی مجموعه فعالیت‌ها و ملاحظات لازم در این بررسی‌ها، سیستم منطقی مرحله‌ای بین فعالیت‌ها و اطلاعات در گردش بین آنها را بنیان می‌نهد. ویژگی‌های خاص پروژه‌های معدنی به ویژه پیچیدگی، زمان‌بری و پرهزینه‌بودن آنها، ایجاب می‌کند که برنامه‌ریزی و اجرای این مطالعات با شناخت کافی از رفتار فعالیت‌ها از دیدگاه مسیر بحرانی و فعالیت‌های بحرانی صورت گیرد. برای این منظور از طریق شبیه‌سازی‌های متعدد ضمن بررسی مسیرهای بحرانی ممکن، مسیرهای بحرانی با بیشترین بخت وقوع مورد بررسی قرار گرفت. همچنین فعالیت‌ها و زیرفعالیت‌های بحرانی ممکن که می‌توانند بیشترین احتمال وقوع را داشته باشند شناسایی شده‌اند. مدل حاضر می‌تواند به عنوان راهنما و ابزار موثری در طراحی و اجرای مطالعات امکان‌سنجی پروژه‌های معدنی به‌ویژه در خصوص پروژه‌های بزرگ معدنی مورد استفاده قرار گرفته و همچنین مبنایی برای تحقیقات بعدی در راستای توسعه نرم‌افزارهای معدنی در این زمینه‌ها باشد.

### Abstract

واژه‌های کلیدی: مطالعات امکان‌سنجی، مدل‌سازی، سازمان‌دهی، مسیر بحرانی، پروژه‌های معدنی

This work develops a model for design and realisation of prefeasibility and feasibility studies of a mining project. The model provides the structure of various necessary procedures to establish the feasibility studies and presents a logical system of task sequencing and information circulating between tasks.

The specifications of mining projects, particularly their duration, complexity and high costs, necessitate design and realisation of feasibility study based on the sufficient understanding of task behaviour and the critical path method view. For this purpose, critical paths with the highest frequency of occurrence were studied through several simulations. In addition, the critical tasks and subtasks with the most probability were identified. The model introduced in this paper can serve as a perfect tool in feasibility study of a mining project. It can also be used as a basis of future development of mining software.

**Keywords:** feasibility study, modeling, organisation, critical path, mining projects

\* Geological survey of Iran

### مقدمه

امکان‌سنجی بسیار زمان‌بر و پرهزینه بوده و تنوع داده‌ها و عدم قطعیت‌های مربوطه، مخاطرات فنی و اقتصادی زیادی را بر پروژه تحویل کرده و تصمیم‌های نامناسب می‌تواند پیامدهای سنگینی را در پی داشته باشد. طراحی و اجرای صحیح و قابل قبول این مطالعات علاوه بر داشتن منابع لازم (دانش فنی، نیروی انسانی و سرمایه)، مستلزم یک مدل برنامه‌ریزی و کنترل

گردش کار یک پروژه معدنی بر اساس مراحل متوالی متعددی استوار بوده و در طول هر مرحله لازم است نسبت به ادامه یا توقف پروژه تصمیم‌گیری گردد. فرایند مرحله‌ای تصمیم‌گیری در خلال پروژه معدنی مبتنی بر مطالعات امکان‌سنجی (feasibility study) است که در آن امکان‌پذیری پروژه از جنبه‌های مختلف فنی و اقتصادی بررسی می‌شود. انجام مطالعات

گزارش مطالعات هستند (Bouteloup 1984, IAEA)، ۴- گزارش مطالعات و تحقیقات دانشگاهی که به منظور توسعه مبانی مطالعات امکان‌سنجی و تهیه نرم افزارهای مربوطه ارائه می‌شوند (Nagle 1988, Sayadi 2000)، ۵- کتاب‌هایی که کم و بیش با موضوع ارتباط دارند (Hartmen 1992, Runge 1998، 1994، Bernit 1982, Bouteloup 1993, Duchene 1913, Mckenzie

### ۳- توسعه یک مدل سازمان‌دهی مطالعات امکان‌سنجی پروژه‌های معدنی

در این قسمت بیش از هر چیز ساختار و چارچوب مطالعات فنی و اقتصادی مورد نظر است. برای این منظور یک مدل سازمان‌دهی تهیه شده برای این مطالعات معرفی و مجموعه فعالیت‌ها و ارتباط داخلی بین آنها نشان داده خواهد شد. مدل مورد نظر مراحل مطالعات فنی و اقتصادی مقدماتی یا پیش‌امکان‌سنجی (Prefeasibility Study) و مطالعات فنی و اقتصادی یا امکان‌سنجی را در بر می‌گیرد که در این نوشتار به طور اختصار به ترتیب با PFS و FS نشان داده خواهند شد.

برای تهیه و تدوین این مدل لازم است به این سؤال‌ها پاسخ داده شود: چه فعالیت‌هایی در خلال مطالعات فنی و اقتصادی می‌بایست انجام شود؟ طی چه فرایندی انجام گیرد؟ کی و چگونه پروژه به پایان می‌رسد؟ هزینه آن چقدر می‌شود؟ اگر پروژه در زمان پیش‌بینی شده به انجام نرسد چه پیامدی دارد؟ پاسخ دو سؤال اول، هدف اولیه در تهیه مدل است. پاسخ سؤال‌های بعدی بستگی به پروژه در دست بررسی داشته و یک پاسخ عمومی نمی‌تواند داشته باشد. برای این منظور در قسمت‌های بعدی این نوشتار به بررسی مسیر بحرانی و حساسیت‌پذیری پروژه پرداخته خواهد شد.

ساختار پیش گفته طی سه مرحله زیر ایجاد گردد: (Sayadi 2000).

جزیه مطالعات امکان‌سنجی به تعداد زیادی قسمت اصلی: این قسمت‌ها در واقع محورهای اصلی مطالعات را تشکیل می‌دهد مثل زمین‌شناسی، معدن و ...

- ۱- تجزیه هر قسمت (فعالیت‌های اصلی) به تعدادی فعالیت فرعی مربوطه: این فعالیت‌ها تعیین‌کننده فعالیت‌های جزئی هر کدام از قسمت‌های اصلی (مانند فعالیت حفاری در قسمت زمین‌شناسی) می‌باشند.
  - ۲- تعیین رابطه بین قسمت‌های اصلی، بین فعالیت‌های اصلی و بین این قسمت‌ها و فعالیت‌های مربوطه: این امر در واقع تعیین روابط داخلی بین فعالیت‌ها و سیستم گردش اطلاعات بین آنها است.
- عمل تجزیه و ایجاد روابط، مشروط به موارد متعددی بوده که در اینجا فرصت پرداختن به آنها وجود ندارد (Sayadi 2000) با این روش، تمام

پروژه کارآمد و در نهایت اداره صحیح فعالیت‌ها (tasks) است. در این نوشتار به این مهم توجه گردیده و ضمن ارائه یک مدل جدید برای برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی و اجرای مجموعه فعالیت‌های مطرح در مطالعات امکان‌سنجی پروژه‌های معدنی، مسیرهای بحرانی (critical paths) ممکن در این مطالعات مورد بررسی قرار گرفته و از طریق شبیه‌سازی‌های متعدد، مسیرهای بحرانی با بیشترین بخت وقوع شناسایی شده‌اند.

### ۲- مطالعات امکان‌سنجی

گستره مطالعات امکان‌سنجی پروژه‌های معدنی از بررسی یک کانسار تا بازار فروش بوده (شکل ۱) و دارای ویژگی چند بعدی فنی (کانه، کانسار، استخراج، فرآوری و ...)، اقتصادی (بازار، ارزش محصول و ...)، مالی (تامین اعتبار، سهام‌داران و ...)، سیاسی (شرایط سیاسی اجتماعی و ...)



شکل ۱: مطالعات امکان‌سنجی [۱۴]

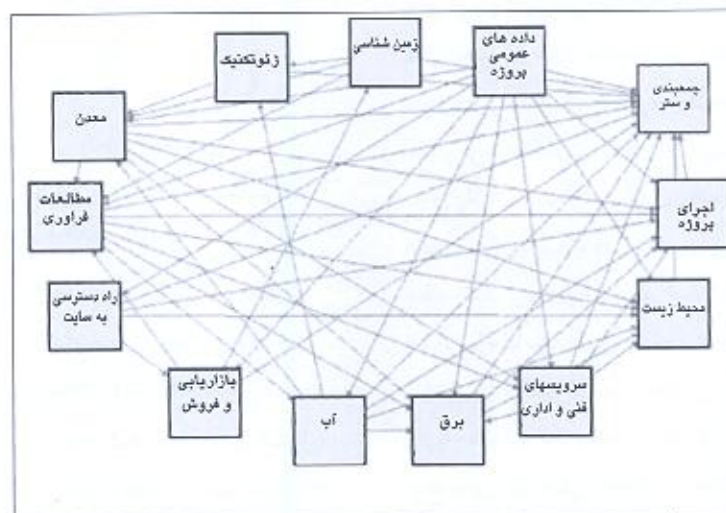
زیست محیطی (تأثیرات زیست محیطی، هزینه‌های مربوطه و ...) است. مطالعات امکان‌سنجی پروژه‌های معدنی، متناسب با طبیعت پروژه عمل نموده و بدین جهت بصورت دقیق تدوین نشده‌اند. اکثر منابع علمی در این زمینه، در ارتباط با تحقیقات و پروژه‌های انجام شده توسط شرکت‌های معدنی بوده که متناسفانه منتشر نمی‌شوند ولی منابع متعددی وجود دارد که کم و بیش محتوی و مشخصات این مطالعات را توصیف می‌نمایند. به طور کلی این منابع و مقالات را می‌توان در ۵ دسته طبقه‌بندی نمود (نمونه‌هایی از این منابع در قسمت مآخذ این مقاله آمده است): ۱- منابعی که مطالعات امکان‌سنجی را در قالب یک پروژه مورد تعریف می‌کنند (Barbier 1981, Calcix 1981, Renardet, 1983)، ۲- منابعی که داده‌ها و فعالیت‌های مورد نیاز را در قالب یک "بازنگری" یا یک "صورت‌ریز" (Check list) معرفی می‌کنند (Gentry 1984, Hartman 1992, Smith 1994) - ۳- منابع داخلی شرکت‌های معدنی و سازمانها که در واقع قواعد یا راهنمای ارزیابی و تهیه

قالب ۸۰ فعالیت و مجموعه مطالعات امکان‌سنجی (FS) به صورت ۱۳۰ فعالیت سازمان‌دهی گردید. به این ترتیب برای هر فعالیت فرعی، فعالیت‌های پیش‌نیاز و پس‌نیاز تعیین شد. شکل‌های ۳ و ۴ به ترتیب مدل سازمان‌دهی مطالعات پیش‌امکان‌سنجی و امکان‌سنجی را نشان می‌دهند [۱۴].

فعالیت‌های ضروری برای انجام مطالعات امکان‌سنجی یک پروژه معدنی در ۱۳ قسمت برای حالت PFS و ۱۶ قسمت برای حالت FS خلاصه و جمع‌بندی گردید (جدول ۱). در ادامه، ضمن ایجاد روابط داخلی بین قسمت‌های اصلی (شکل ۲)، مجموعه مطالعات پیش‌امکان‌سنجی (PFS) در

جدول ۱: قسمت‌های مختلف مطالعات امکان‌سنجی پروژه های معدنی

مطالعات امکان‌سنجی (FS)		مطالعات پیش‌امکان‌سنجی (PFS)	
۱- کلیات	۹- راه دسترسی به ساختگاه	۱- کلیات	۹- آب
۲- مطالعات حقوقی و مالیات	۱۰- بازاریابی و فروش	۲- مطالعات حقوقی و مالیات	۱۰- برق
۳- زمین شناسی و ذخیره	۱۱- آب	۳- زمین شناسی و ذخیره	۱۱- خدمات اداری و مسکن
۴- ژئوتکنیک	۱۲- برق	۴- ژئوتکنیک	۱۲- محیط زیست
۵- معدن	۱۳- خدمات اداری و مسکن	۵- معدن	۱۳- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری
۶- مطالعات کانه‌آرایی	۱۴- محیط زیست	۶- مطالعات کانه‌آرایی	
۷- کارخانه کانه‌آرایی	۱۵- اجرای پروژه	۷- راه دسترسی به ساختگاه	
۸- سد باطله	۱۶- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری	۸- بازاریابی و فروش	



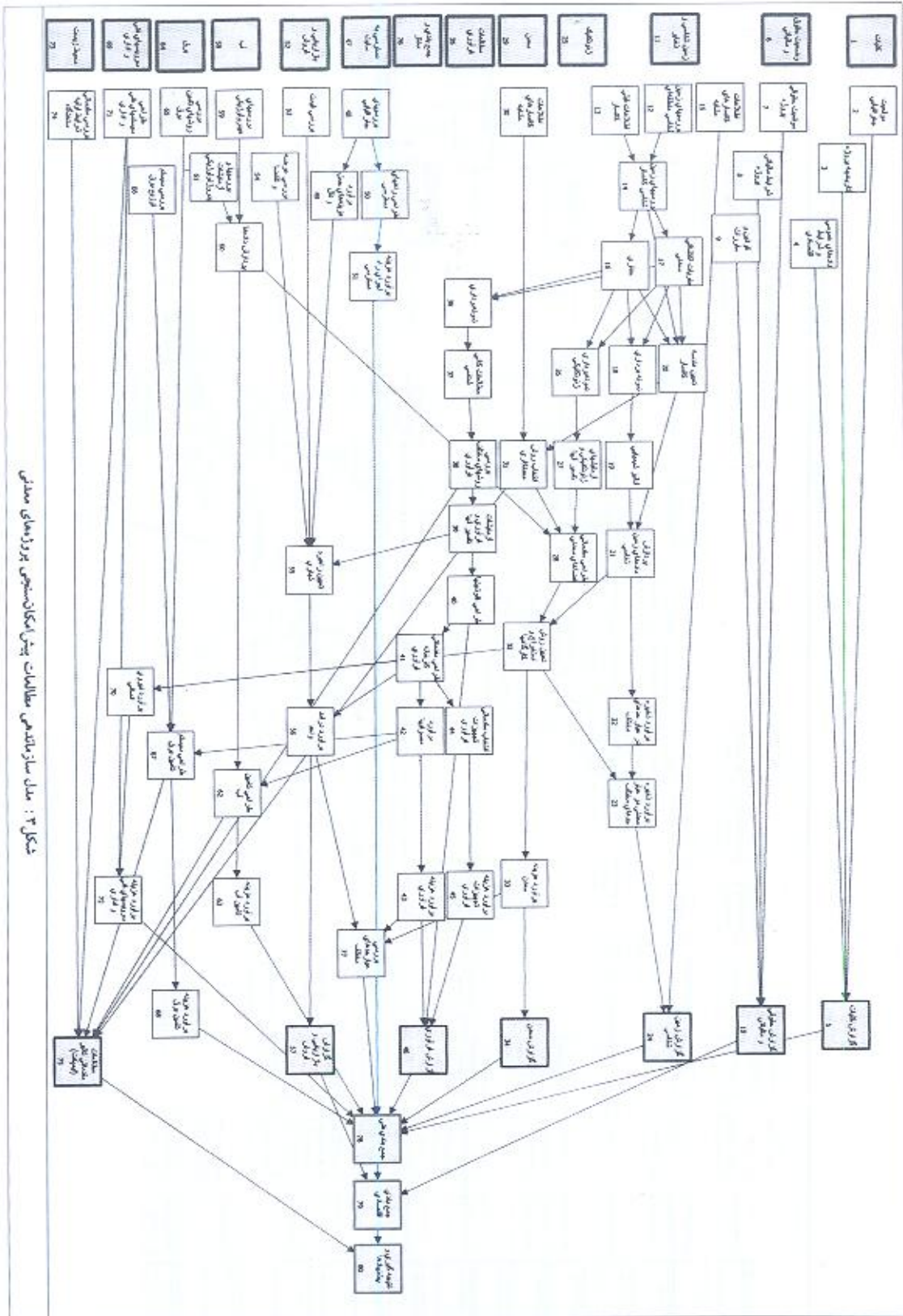
شکل ۲: بخشهای اصلی مطالعات امکان‌سنجی و روابط داخلی بین آنها

### ۱-۳- مطالعه مسیرهای بحرانی ممکن مطالعات

#### امکان‌سنجی یک پروژه معدنی

مختلف و ممکن برای مطالعات امکان‌سنجی یک پروژه معدنی شبیه‌سازی شده و نیز تعیین محتمل‌ترین مسیرها و فعالیت‌های بحرانی است. این طریقه بررسی، تحلیل‌گر را در فهم بهتر رفتار پروژه و پیچیدگی آن از دیدگاه مسیر بحرانی باری کرده و فعالیت‌های بالقوه بحرانی را مشخص می‌نماید. علاوه بر این، نتایج آن می‌تواند در برنامه‌های شبیه‌سازی مطالعات امکان‌سنجی بکار گرفته شود.

بطور اصولی مطالعه مسیر بحرانی یک پروژه بر اساس این فرض‌ها استوار است: سیاهه فعالیت‌ها (tasks)، روابط بین فعالیت‌ها و دوره زمانی اجرای آنها. فرضیه مدت زمان اجرای فعالیت‌ها می‌تواند در پروژه‌های مختلف تغییر کرده و با این دیدگاه نمی‌توان یک مسیر بحرانی کلی برای این مطالعات تعیین نمود. در واقع، هدف در اینجا، بررسی مسیرهای بحرانی







### ۲-۳- تعیین مسیر بحرانی یک مثال شبیه‌سازی شده

مدل سازمان‌دهی نشان داده شده در شکل‌های ۳ و ۴ می‌تواند یک مدل مبنا برای تعیین مسیر بحرانی یک پروژه فرضی یا تعریف طول دوره اجرای هر فعالیت، بدست دهد. برای این منظور ضمن مراجعه به پروژه‌های واقعی و مشاوره با متخصصین مربوطه و با تعریف فرضیه‌های نسبتاً واقع‌گرایانه (برای دوره اجرای فعالیت‌ها)، می‌توان یک مسیر بحرانی پایه را برای نمونه در دست بررسی تعیین نمود. با این روش، برای زیر فعالیت‌های اصلی، این ویژگی‌ها قابل تعریف هستند: روابط مرحله‌ای بین فعالیت‌ها (نمای عمومی و تقدم و تاخر فعالیت‌ها، پیامدها)، مسیر بحرانی (تأثیر زمان اجرای فعالیت‌ها)، توزیع زمان آغاز فعالیت‌ها، آزادی عمل فعالیت‌های غیر بحرانی، منابع مورد نیاز (نیاز به پرسنل و هزینه مربوط به اجرای فعالیت‌ها).

با در نظر گرفتن طبیعت و تنوع زیاد مدت زمان اجرای فعالیت‌های مختلف یک مطالعه فنی و اقتصادی، مجموعه این فعالیت‌ها در دو گروه دسته‌بندی شده‌اند. اولین دسته، مجموعه فعالیت‌های قابل اجرا در یک دفتر مهندسی را در بر می‌گیرد. گروه دوم، فعالیت‌های لازم به اجرا در ساختگاه پروژه (مثل فعالیت حفاری یا آزمایشات صحرایی) یا در آزمایشگاه (مانند فعالیت تجزیه شیمیایی) را تشکیل داده به‌طوری که زمان انجام آنها بستگی زیادی به نوع و ویژگی‌های پروژه در دست مطالعه دارد. این عامل مانعی برای کلیت دادن به فرضیه‌ها می‌باشد. برای کم کردن این مشکل، فعالیت‌های این گروه به‌وسیله فعالیت‌های "اکساب داده‌ها با نتایج آنها" با یک دوره زمانی محدود جایگزین شده‌اند (بدین ترتیب می‌توان گفت که مسیر بحرانی تعیین شده در واقع مسیر بحرانی مطالعات فنی و اقتصادی انجام شده در یک دفتر مهندسی است).

با این روش، برای مثال مورد نظر، تعدادی فرض‌های پایه تهیه و یک مسیر بحرانی اولیه برای مطالعات پیش‌امکان‌سنجی (شکل ۵) و امکان‌سنجی (شکل ۶) این مثال تعیین گردید.

در حالت PFS، مسیر بحرانی از فعالیت‌های قسمت زمین‌شناسی شروع می‌شود. مسیر فوق از طریق فعالیت انتخاب روش معدنکاری ادامه یافته و مجدداً با ادامه مسیر در طول چند فعالیت مربوط به قسمت زمین‌شناسی به قسمت جمع‌بندی و نتیجه‌گیری می‌رسد (شکل ۵، گزینه ۷۱).

در حالت FS، شروع مسیر بحرانی همانند حالت PFS بوده و پس از طی چند فعالیت مربوط به قسمت معدن به فعالیت‌های قسمت برق می‌رسد. مسیر بحرانی با گذشتن از چند فعالیت مربوط به قسمت اجرای پروژه در قسمت جمع‌بندی به پایان می‌رسد (شکل ۶، گزینه ۷۱).

### ۳-۳- شناسایی دیگر مسیرهای بحرانی ممکن

برای شناسایی دیگر مسیرهای بحرانی ممکن، شبیه‌سازی‌های متعددی از طریق تغییر زمان اجرای فعالیت‌های قرار گرفته بر روی مسیر بحرانی اولیه انجام گردید. این امر از طریق کاهش دوره زمان اجرای یک فعالیت بحرانی (critical task) برای اینکه به فعالیت غیر بحرانی تبدیل شود و همچنین افزایش دوره زمانی یک فعالیت غیر بحرانی برای اینکه به فعالیت بحرانی تبدیل گردد، صورت گرفت. این تغییرات بصورت اصولی بر روی تمام فعالیت‌ها صورت پذیرفت. بدین ترتیب مجموعه مسیرهای بحرانی ممکن شناسایی و سرشماری شده و با تحلیل آماری آنها، احتمال وقوع مسیرهای بحرانی با بیشترین بخت برآورد گردید. برای سهولت کار، در ضمن سرشماری تنها گزینه‌های با بیش از یک بار وقوع در نظر گرفته شدند.

### ۳-۳-۱- شناسایی مسیرهای بحرانی ممکن مطالعات

#### پیش‌امکان‌سنجی (PFS)

در مجموع با ۳۱ بار شبیه‌سازی، ۱۵ نوع مسیر بحرانی مختلف شناسایی گردید که از آن بین، ۷ مورد بیش از یک بار تکرار شدند. در اینجا تنها مسیرهای بحرانی با بیشترین احتمال وقوع نشان داده شده است (شکل ۵ گزینه‌های ۷۱ الی ۷۵). نتایج شبیه‌سازی را می‌توان با معرفی فعالیت‌های فرعی بحرانی با بیشترین احتمال وقوع، نشان داد (شکل ۷). شماره‌های مندرج در نمودار مربوط به شماره فعالیت‌های ذکر شده در شکل ۳ است. شکل ۸، توزیع احتمال بحرانی بودن را برای ۱۳ قسمت اصلی مطالعات امکان‌سنجی (PFS) مندرج در جدول ۱ نشان می‌دهد. به عنوان مثال قسمت‌های زمین‌شناسی و جمع‌بندی در تمام حالت‌ها و قسمت‌های ژئوتکنیک و معدن به ترتیب در بیش از ۴۰ و ۶۰ درصد حالت‌های شبیه‌سازی شده در مسیر بحرانی قرار می‌گیرند.

### ۳-۳-۲- شناسایی مسیرهای بحرانی ممکن مطالعات

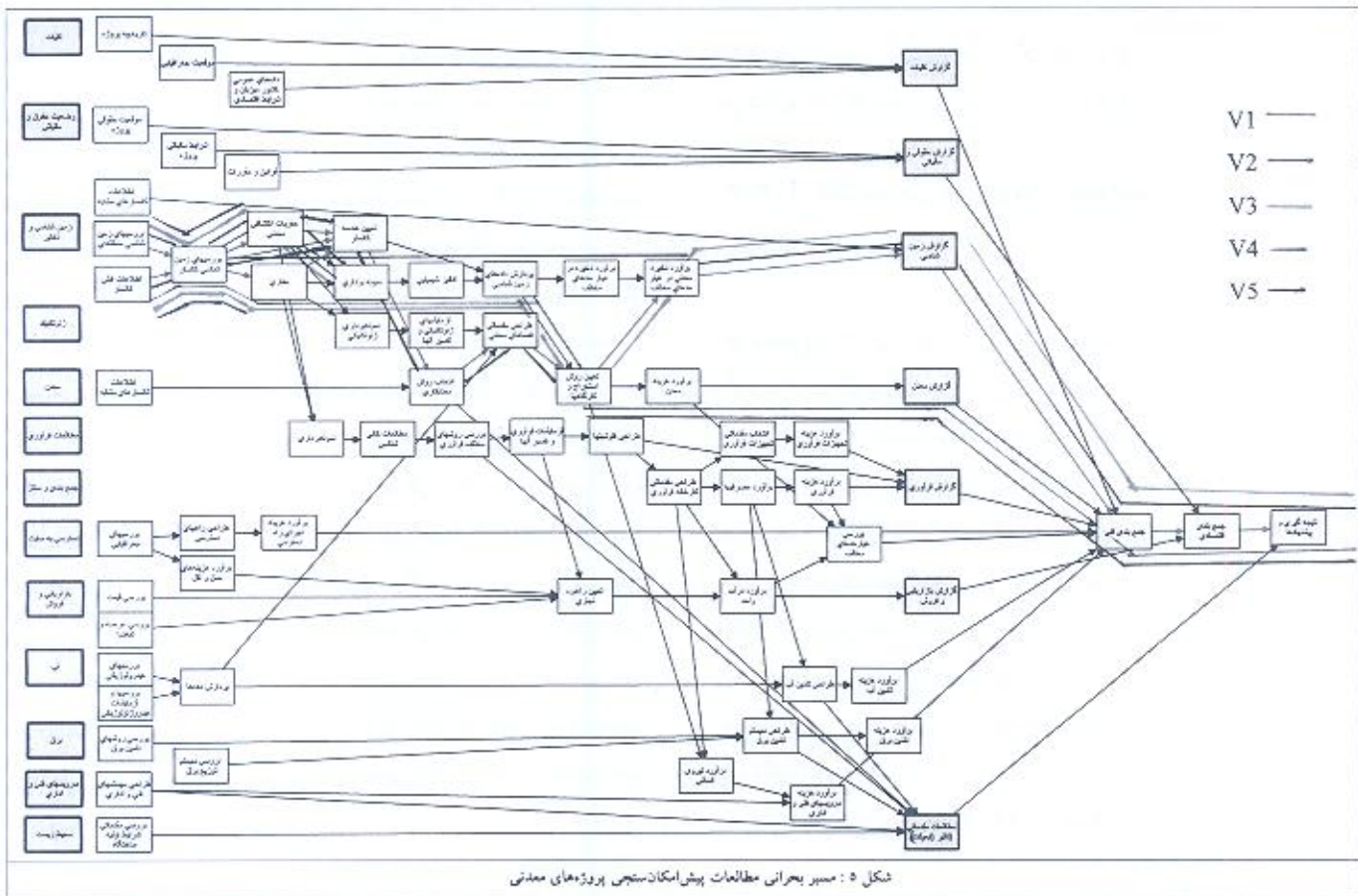
#### امکان‌سنجی (FS)

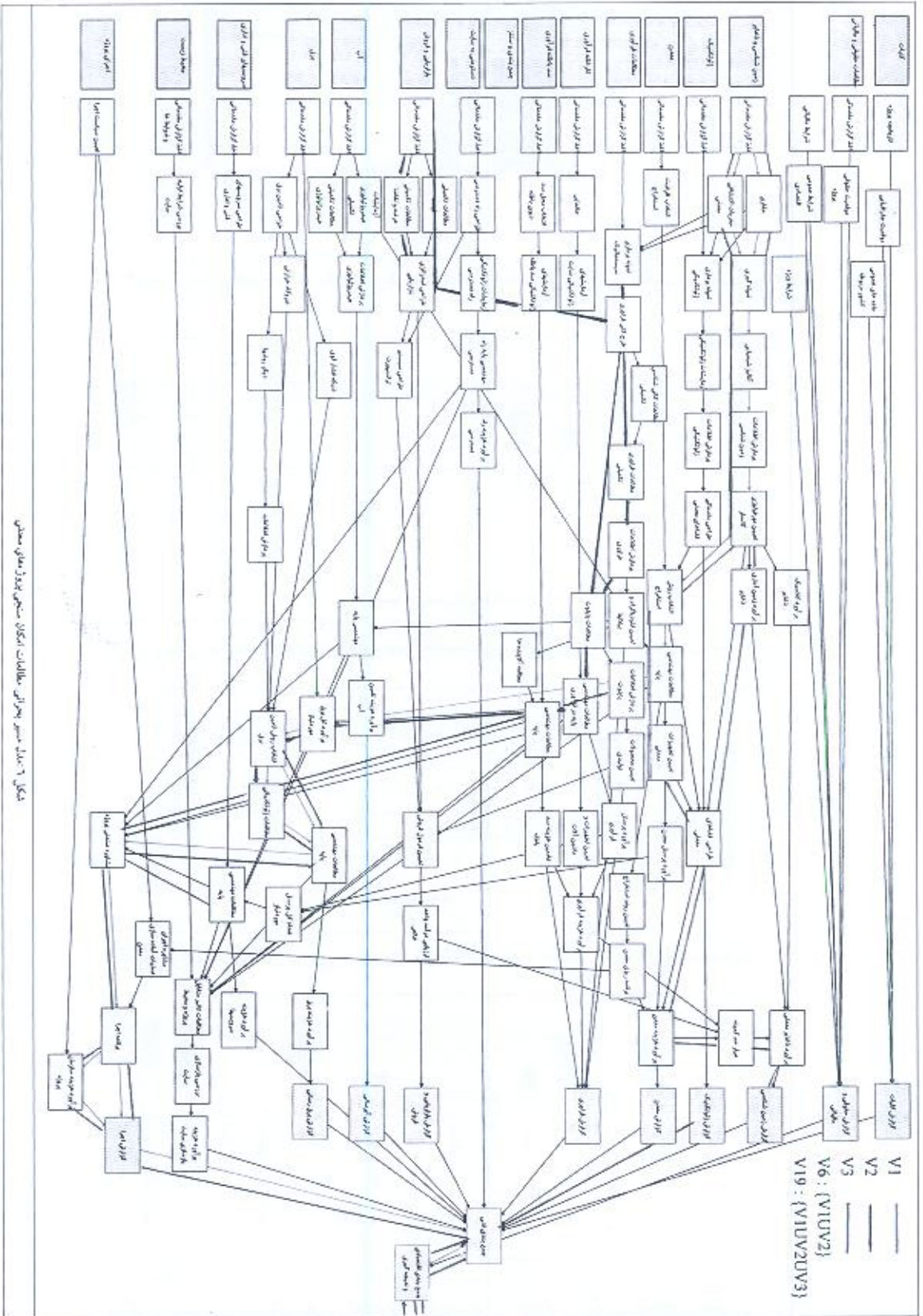
با انجام ۲۵ مورد شبیه‌سازی، ۱۰ گزینه مختلف و از آن جمله ۵ گزینه با بیش از یک بار وقوع مشاهده گردید (شکل ۶). این گزینه‌ها به ترتیب بیشترین احتمال وقوع، عبارتند از: ۷۱، ۷۲، ۷۶ و ۷۹. به عنوان مثال گزینه شماره ۷۱ در ۴۰ درصد حالت‌های شبیه‌سازی شده، مشاهده گردید. لازم به

روی مسیر بحرانی قرار می‌گیرند.

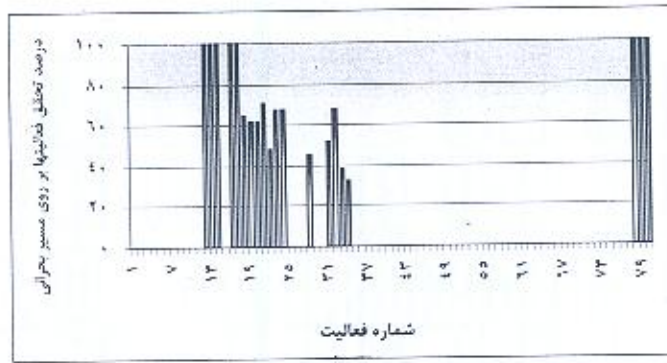
شکل ۱۰ توزیع احتمال بحرانی بودن را برای ۱۶ قسمت اصلی مطالعات امکان‌سنجی (FS) مندرج در جدول ۱ نشان می‌دهد. در این شکل، درصد تحقق هر قسمت اصلی (گروه فعالیت‌ها) بر روی مسیر بحرانی نشان داده شده است. به عنوان مثال قسمت‌های زمین‌شناسی، معدن، آب و برق در بیش از ۸۰ درصد حالات، در مسیر بحرانی قرار می‌گیرند.

تذکر است که گزینه‌های V6 و V19 به صورت ترکیبی از گزینه‌های دیگر ظاهر شده‌اند:  $V6 = \{V1 \cup V2\}$  و  $V19 = \{V1 \cup V2 \cup V3\}$ . نتیجه این تحلیل را می‌توان برای تمام فعالیت‌های بحرانی نیز نشان داد (شکل ۹). در این شکل، احتمال قرارگیری هر پیک از ۱۳۰ فعالیت پروژه بر روی مسیرهای بحرانی نشان داده شده است. به عنوان مثال در بیش از ۸۰ درصد حالات شبیه‌سازی، حدود ۱۳ فعالیت (متعلق به قسمتهای مختلف) بر

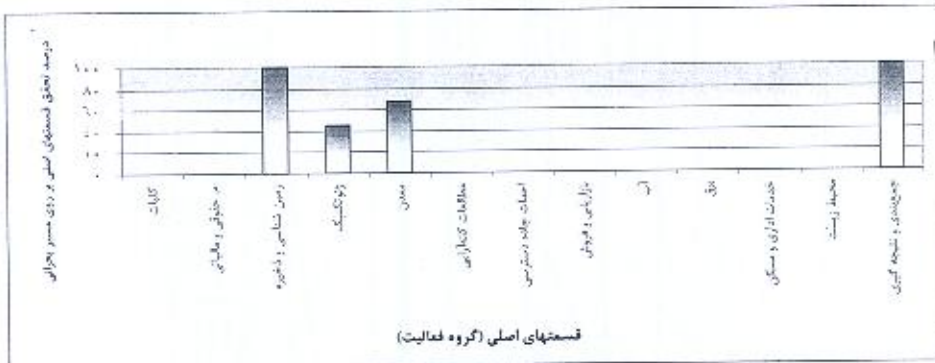




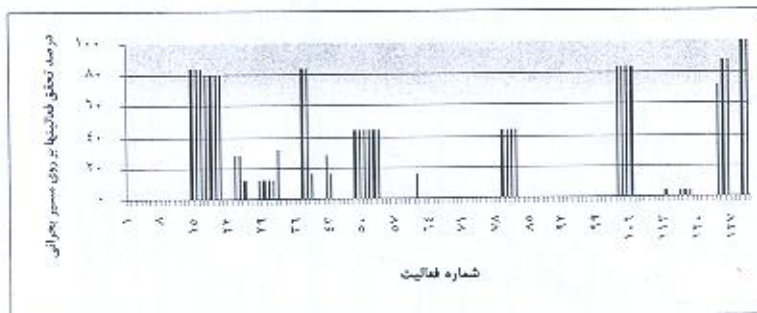
شکل ۶-۱-۱: شبکه مسیر بحرانی مطالعات امکان سنجی پروژه های معدنی



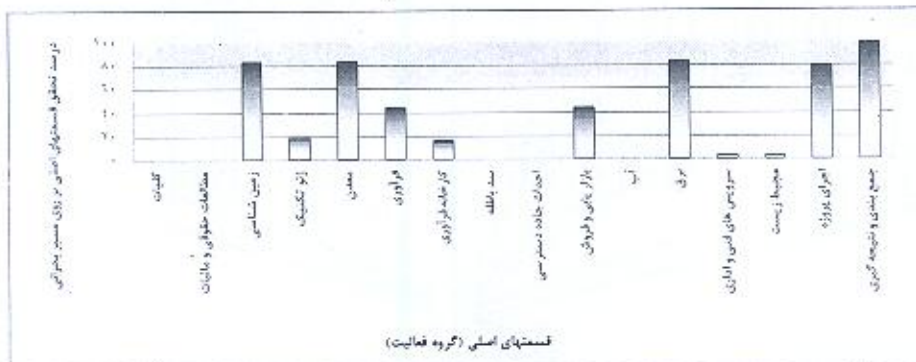
شکل ۷: بررسی مسیرهای بحرانی مطالعات پیش‌امکان‌سنجی و احتمال قرارگیری فعالیت‌های اصلی بر روی آنها



شکل ۸: بررسی مسیرهای بحرانی مطالعات پیش‌امکان‌سنجی و احتمال قرارگیری قسمتهای اصلی بر روی آنها



شکل ۹: بررسی مسیرهای بحرانی مطالعات امکان‌سنجی و احتمال قرارگیری فعالیت‌های بر روی آنها



شکل ۱۰: بررسی مسیرهای بحرانی مطالعات امکان‌سنجی و احتمال قرارگیری قسمتهای اصلی بر روی آنها

#### ۴-آزمون مدل

به منظور آزمون مدل و فرایند عمل مربوطه، از داده های یک کانسار نمونه‌ی مس و روی که به روش زیرزمینی قابل استخراج بوده استفاده شد. پروژه مورد مطالعه در نزدیکی یکی از شهرهای نسبتاً بزرگ فرانسه واقع بوده و زیرساخت‌های ضروری به سهولت در دسترس می‌باشد. این کانسار در لایه‌های آتشفشانی رسوبی قرار گرفته و در ارتباط با سنگهای ولکانیک روشن مانند ریولیتها است و به طور کلی متعلق به گروه ذخایر توده‌ای سولفور می‌باشد که قسمت مهمی از تولید جهانی مس، سرب و روی را شامل می‌شود. کانسار مورد بررسی دارای ۷۰۰ الی ۹۰۰ متر طول و ۵ تا ۲۰ متر ضخامت می‌باشد. شیب کلی در حدود ۳۵ درجه جنوب خاوری است. ذخیره کانسار بالغ بر ۴/۱ میلیون تن با عیار ۴/۹۵ درصد مس، ۸/۵ درصد روی و بیش از ۲۰ گرم در تن نقره می‌باشد. در این راستا تمام بخش‌های مدل به تفکیک کنترل و بررسی شده و نتیجه مطلوب بدست آمد.

#### ۵- نتیجه گیری

هدف اصلی این نوشتار تهیه و توسعه مدلی برای طراحی، سازمان‌دهی و کنترل پروژه مطالعات فنی و اقتصادی پروژه‌های معدنی است. از جمله مشکلات کار، طبیعت خاص این مطالعات، زمینه‌های متنوع تحت بررسی و تنوع زیاد داده‌ها، تدوین ساختار کلی و سازمان مجموعه فعالیت‌های مطالعات فنی و اقتصادی پروژه‌های معدنی است. در این راستا مدل مورد نظر از طریق تجزیه اصولی مطالعات فنی و اقتصادی پروژه‌های معدنی به یک سری فعالیت اصلی و زیر فعالیت‌های مربوطه و همچنین تعیین روابط داخلی بین فعالیت‌ها تهیه گردید. مسیرهای بحرانی ممکن از طریق شبیه‌سازی‌های متعدد مورد بررسی و مسیرهای با بیشترین احتمال وقوع شناسایی گردید. این مدل می‌تواند به عنوان راهنما و ابزاری در طراحی و اجرای مطالعات فنی و اقتصادی پروژه‌های معدنی به کار گرفته شده و همچنین مبنایی برای تحقیقات بعدی در راستای توسعه نرم‌افزارهای معدنی باشد.

#### Reference

- BARBIER, J.F., 1981-L'étude de faisabilité dans le processus de développement d'un projet minier, Séminaire d'Economie et de Stratégie Minières, Ecole des Mines de paris.
- BERNIT, P., 1982- Exploitation des mines et carrière, Ecole des Mines d'Ales.
- BOUTELOUP, R., 1984 - Règles d'évaluation des projets miniers, BRGM.
- BOUTELOUP, R., 1993- Etudes de faisabilité des projets miniers, Ecole des Mines de Nancy.
- CALEIX, C., 1981- Une étude de faisabilité, Séminaire d'Economie et de Stratégie Minières, Ecole des Mines de paris.
- DUCHENE, M., 1993- Economie de l'Entreprise minière, Ecole des Mines de Paris.
- GENTRY, D. W. et al., 1984 - Mine Investment Analysis, Ch. 2, pp. 20-24, AIME.
- HARTMAN, H., 1992 - Mining Handbook, ch. 2.5, pp., 100, & ch. 6.2, pp. 395, SME.
- IAEA, Guidebook on the development of projects for uranium mining and ore processing, International Atomic Energy Agency.
- MACKENZI, B.W., 1994 - The economics of mineral exploration, Course notes, Queen's University.
- NAGLE, A., 1988- Aide à l'estimation des parametres economiques d'un projet minier dans les études de pré-faisabilité, Thèse de doctorat, Ecole des Mines de Paris.
- RENARDET, P., 1983- Une étude de faisabilité, Séminaire d'Economie et de Stratégie Minières, Ecole des Mines de paris.
- RUNGE, L., C., 1998- Mining economics and strategy, SME.
- SAYADI, A. R., 2000- Modélisation des études de faisabilité technico-économiques d'un projet minier, Thèse de doctorat, Ecole des Mines de Paris.
- SMITH, L. D., 1994 - Checklist for economic evaluations of mineral projects, CIM Bull., Vol. 87, N° 983.