شرکت ملی صنایع مس ایران
بخش مهندسی معدن سرچشمه

خودآموز مقدماتی نرم افزار معدنی
NPV Scheduler

توسط:
مرتضی خسروی

شهریور ۱۳۹۰



بنام خدا

بررسی نرم افزارهای معدنی از جمله روشهای موثر در آشنائی با نحوه مدلسازی، طراحی و اجرای طرحهای معدنی است. این مجموعه به تمامی علاقه مندان علوم معدنی کشور تقدیم میگردد. از تمامی خوانندگان محترم تقاضا دارد نقصها و اشکالات این متن را به آدرس زیر منتقل کنند.

مرتضی خسروی
کارشناس ارشد کامپیوتر و خدمات فنی
ایران، رفسنجان، مجتمع مس سرچشمه
تلفن: 8-2882007 (98391+)
فکس: 2882002 (98391+)
پست الکترونیکی: Khosravi_m@nicico.com

استفاده از این متن با ذکر منبع بلااشکال است.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

بخش اول- موضوعات مورد بحث

مفهوم برنامه زمان بندي استخراج با بيشترين ارزش خالص فعلي ۱

منظور از مدل اقتصادي چيست؟ ۷

منظوراز پيتهاي لرچ- گريسمان چيست؟ ۹

مقصود از "توالي بهينه استخراج" چيست؟ ۱۱

مقصود از "وهله هاي استخراجي[1]" چيست؟ ۱۴

برنامه زمان بندي وهله هاي استخراجي ۱۶

نرم افزار Mine Flow Optimizer و هدف آن ۱۸

نرم افزار Material Allocation Optimizer و هدف آن ۲۱

نرم افزار Geological Risk Analysis و هدف آن ۲۳

گروه نرم افزاري NPV Scheduler ۲۶

بخش دوم- خودآموز NPV

مقدمه ۱

وارد نمودن داده ها به نرم افزار ۴

ايجاد مدل اقتصادي ۹

بهينه سازي پيت ۱۵

تنظيمات ايجاد وهله هاي استخراجي ۲۰

بهينه كردن برنامه زمان بندي ۲۲

بهينه كردن روند جريان مواد معدني ۲۶

تخصيص بهينه مواد معدني ۳۰

اضافه كردن هزينه هاي سرمايه اي به پروژه ۳۶

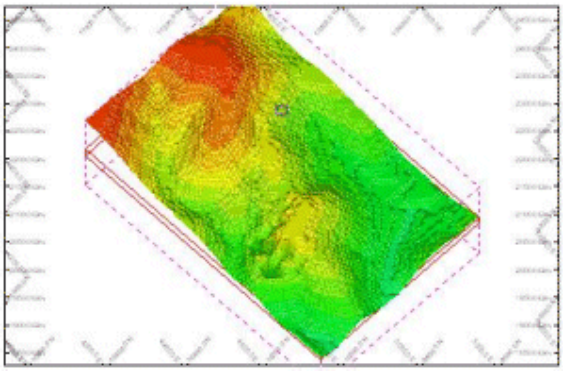
تحليل باربري ۴۰

[1] -Pushback

NPV Scheduler Introduction

An overview of the NPV Scheduler application and background information

مفهوم برنامه زمان بندي استخراج با بيشترين ارزش خالص فعلي:



تعيين بهترين و بهينه ترين طرح راهبردي براي يك معدن روباز مستلزم حل مسائل رياضي پيچيده اي است كه به متغيرهاي زيادي وابسته اند. از جمله اين متغيرها ميتوان به موارد زير اشاره نمود:

- مشخصات زمين شناسي ماده معدني (نظير نحوه توزيع عيار، عناصر مزاحم و ...)
- شرائط اقتصادي معدنكاري (نظير هزينه ها، ارزش محصول و نرخ تنزيل)
- شرائط پايداري شيب يا ديواره هاي معدن، ترفيق ماده معدني، حداقل عرض معدنكاري، ميزان بازيابي در آسياها و ...

هدف تمامي برنامه هاي زمان بندي استخراج در معادن اين است كه توالي استخراج را به طور واضح به نحوي تعيين كنند كه در نهايت بيشترين ارزش خالص فعلي در طول عمر معدن حاصل گردد.

بمنظور بدست آوردن پيت بهينه با بيشترين ميزان ارزش خالص فعلي با دو مفهوم متفاوت و متعارض *طراحي معدن* و *تعيين برنامه زمان بندي استخراج* روبرو ميشويم. كشمكش بين اين دو مفهوم منجر به طرح مسئله اي به ظاهر غيرقابل حل ميشود: *از آنجا كه ارزش هر بلوك ماده معدني در زمانهاي مختلف متفاوت است، بهترين زمان براي برداشت يك بلوك بخصوص از ماده معدني را تعيين كنيد؟* بمنظور حل كاربردي اين مسئله از نرم افزار NPV Scheduler استفاده ميكنيم.

بطور مختصر در يك برنامه زمان بندي استخراج بهينه بايستي توازن بين ارزش محصول (بطور عملي و با در نظرگرفتن تمامي نيازمنديهاي معدنكاري نظير هزينه هاي فرآوري، ايمني معدن و ...) و هزينه ها برقرار گردد. نحوه استخراج منابع به معناي اينكه چه زمان و چگونه بخشي از كانسار بعنوان ماده معدني استخراج

شود در بقاي عمليات معدنكاري نقش مهمي دارد. كنترل موثر برنامه زمان بندي استخراج، (بالا بردن ارزش خالص فعلي) تعيين كننده ميزان موفقيت عمليات معدنكاري است.

چرا نقش زمان مهم است؟

در اوائل اهميتي به ارزش زماني پول در روشهاي بهينه سازي داده نمي شد و جريان نقدينگي تنزيلي پول در آنها در نظر گرفته نمي شد.

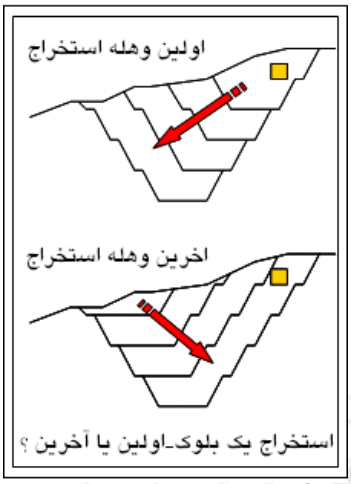
مفهوم تنزيل در تمامي كسب و كارها مفهوم مهمي است و متضمن كوتاهي دوره بازگشت و حداكثري عايدات است. معدنكاري نيز از اين مورد استثنا نبوده و اهميت موضوع در معدنكاري با ريسك بالا دوچندان است. با يك حساب سرانگشتي معلوم ميشود كه بالاترين عيارها بايستي (هرجا امكان دارد) در زودترين زمان ممكن برداشت شوند. در اين صورت شرايط اقتصادي مواد معدني بهتر بوده و عايدات بيشتري نصيب بهره بردار ميشود. بعنوان يك مثال ملموس در اين زمينه ميتوان گفت مثلا در حاليكه قيمت طلا امروز فلان مقدار در هر گرم است، چه تضميني وجود دارد ۵ سال ديگر و در عمق بيشتري بتوان همين فروش را داشت.

در تنزيل مفهوم ارزش زماني پول مستتر است. به اين معنا كه داشتن مقدار پولي مشخصي (مثلا در نظر بگيريد قيمت محصول تا آخر عمر معدن ثابت بماند) در زمان فعلي قدرت خريد بيشتري نسبت به چند سال آينده به شما ميدهد.

مفهوم تنزيل پا را از اين نيز فراتر نهاده و تشخيص نوع ذخيره كه دربردارنده برنامه زمان بندي استخراج است را با مقدار معادل پول بيان كرده و آنرا بعنوان هدف نهائي دربر ميگيرد. اين عدد است كه نقش اصلي را بازي ميكند. حتي در صورتي كه قيمت توليدات در طول عمر معدن ثابت بمانند، درآمد امروز معدن در مقايسه با درآمد سالهاي آتي ارزش بيشتري دارد (اگرامروز ۱۰ واحد پول داشته باشيد، قدرت خريد بالاتري نسبت به ده سال آينده خواهيد داشت). تنزيل فرآيندي است كه اثر اين حقيقت را درنظر مي گيرد.

با در نظر داشتن اين موضوع، جهت محاسبه پيت نهائي، ابتدا ارزش يك بلوك ماده معدني (حجم محدوه اندازه گيري شده) بايستي تنزيل داده شود. در غير اينصورت عمليات معدنكاري در طول عمر معدن بطور پيوسته سوددهي كمتري خواهد داشت يعني حتي با هر فاز استخراجي مشابه با فازهاي قبلي ارزش كمتري در زمان واقعي استخراج بدست مي آيد. اين در حالي است كه مهندسين طراح معدن، در مراحل ابتدائي تحليل برنامه زمان بندي استخراج، هيچ ايده اي از توالي استخراج سلولهاي مدل ماده معدني نداشته و بنابراين روش دقيقي براي تعيين ميزان تنزيل هر سلول مدل در اختيار ندارند.

بعنوان مثال يك بلوك باطله را در سطح بالائي معدن مطابق شكل زير در نظر بگيريد:



در شكل بالا بلوك باطله زردرنگ را هم ميتوان در سالهاي اوليه استخراج معدن برداشت و هم استخراج آن ميتواند در يك بازه زماني۲۰ ساله به اولين مراحل باطله بردار آخرين وهله استخراجي معدن موكول شود. ملاحظه ميكنيد كه با وجود اين اختلاف، تعيين ميزان تنزيل براي ارزش اين بلوك و نهايتا ارزش آن در كل پروژه كار مشكلي است.

نرم افزار NPV Scheduler چگونه مشكل تنزيل را حل ميكند

نرم افزار NPV Scheduler با تعيين توالي استخراج به نحوي كه از نظر تئوري بيشترين ارزش خالص فعلي بدست آيد، به حل نحوه تنزيل ارزش يك بلوك مي پردازد. نرم افزار NPV Scheduler اين امكان را به مهندسين طراح ميدهد كه با استفاده از توالي بهينه استخراج[1] و اضافه نمودن تدريجي اثرات محدودكننده هاي معدنكاري (زاويه پايداري شيب، حداقل عرض معدنكاري و ...) به طرح كاربردي معدن و برنامه زمان بندي استخراج دست پيدا كنند.

اگرچه اعمال اثرات محدودكننده هاي معدني از نظر تئوري موجب كاهش ارزش خالص فعلي طرح ميشود اما اين اثرات در جهت دستيابي مهندسين به طرح استخراجي عملي با بيشترين ارزش خالص فعلي تحت شرائط روز معدنكاري مي باشند. همچنانكه اثرات اين محدودكننده ها به مرور به طرح اضافه ميشود، مجددا توالي بهينه استخراج محاسبه ميگردد.

[1] -*Optimal Extraction Sequence* (OES)

نرم افزار NPV Scheduler و توالي بهينه استخراج

روندي كه نرم افزار NPV Scheduler بمنظور بدست آوردن بالاترين ارزش خالص فعلي از لحاظ تئوري (در يك بازه زماني قابل قبول) اتخاذ ميكند اينست كه بزرگترين قلمروهاي كانسار با بيشترين ارزش تا كمترين ارزش را تعيين و با تمايل به استخراج اين قلمروها به همين ترتيب، بمنظور رسيدن به بيشترين ارزش خالص فعلي كار را ادامه ميدهد. اين موضوع با اصل كلي استخراج هرچه زودتر مقادير با ارزش بالا، بمنظور نيل به بيشترين ارزش خالص فعلي سازگار است. در مرحله بعد، بطور پي در پي قلمروهاي كوچكتري درون قلمروهاي بزرگتر قبلي و با در نظر گرفتن محدودكننده هاي معدنكاري تعيين شده تا در مجموع به طرح عملي معدن با بيشترين ارزش خالص فعلي نائل شود.

لازم به ذكر است در برخي موارد رسيدن به بيشترين ارزش خالص فعلي هدف بهينه معدنكاري نيست. بويژه در صنايع معدني كه در آنها تنها ارزش خود ماده معدني به تنهائي تعيين كننده نيست. فاكتورهاي اساسي در تعيين استراتژي بهينه استخراج يك معدن سنگ آهك بطور بنيادي با فاكتورهاي طرح بهينه استخراج يك معدن طلا متفاوت است. مثلا ارزش ذاتي سنگ آهك خيلي زياد نيست و استخراج يك ذخيره سنگ آهك ميتواند متاثر از نداشتن ناخالصي در آن باشد. بنابراين ارزش ذاتي درمورد معدن سنگ آهك ممكن است مربوط به نداشتن ناخالصي در آن باشد.

بنابراين در نرم افزارNPV Scheduler اين امكان وجود دارد تا طرح استراتژيك بر اساس ساير محدوديتهاي طراحي نظير حداكثر عمر ذخيره، حداقل نمودن ناخالصي ها، ماندگاري و پايداري خوراك آسياها و ... بهينه گردد. بنابراين اگرچه پايه نرم افزار جهت بدست آوردن طرح بهينه كانسارهاي فلزي ريخته شده اما نرم افزار NPV Scheduler توانائي استخراج طرحهاي بهينه براي صنايع معدني را نيز دارد.

نرم افزار NPV Scheduler براي ايجاد توالي بهينه استخراج، روشي عملي را دنبال ميكند. هر يك از سرفصلهاي زير مراحل انجام اين كار را نشان ميدهند:

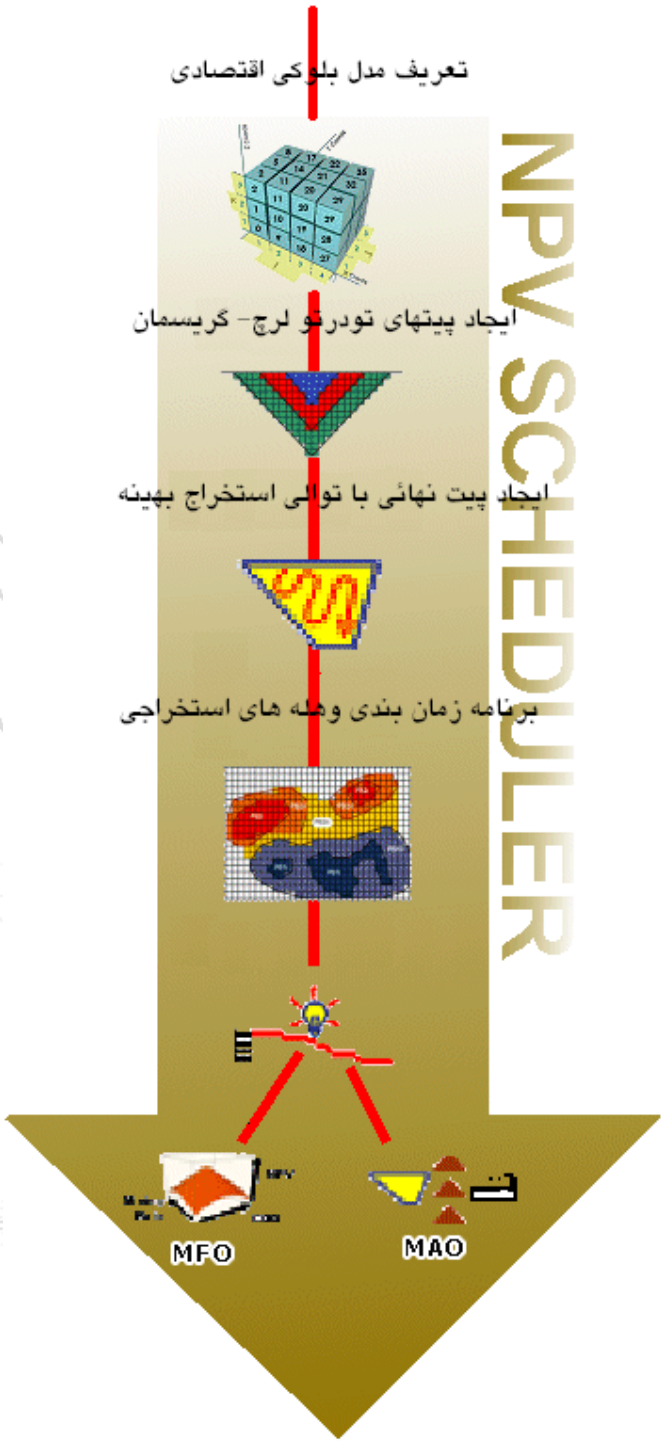
- تعريف **مدل اقتصادي** براي سناريوي عمر معدن. براي اينكار با توجه به پارامترهاي هزينه ها و ارزش ماده معدني و روش فرآوري براي هر يك از سلولهاي مدل بلوكي در طول عمر معدن يك ارزش اقتصادي تعريف ميشود.
- ايجاد يك سري **پيتهاي تودرتوي لرچ- گريسمان** كه اغلب از آنها به فازهاي استخراج ياد ميشود كه مجموعه اي از پيتهاي نهائي با توجه به پارامترهاي اقتصادي هستند.

- استفاده از توالي بهينه استخراج و پيتهاي لرچ-گريسمان بمنظور ايجاد **وهله هاي استخراجي**[2] **با توالي بهينه استخراج** كه در آن به هر بلوك يك وهله استخراجي نسبت داده خواهد شد.
- تعيين **برنامه زمان بندي استخراج** هر يك از وهله هاي استخراجي بمنظور دستيابي به اهداف كلان استخراج و در نظر گرفتن محدودكننده هاي معدنكاري و استفاده از اين نتايج جهت تصحيح پارامترهاي ايجاد وهله هاي استخراجي.

با استفاده از ساير نرم افزارهاي اين گروه ميتوان اين فرآيند را براي شرائط بخصوص ادامه داده و به نتايج مورد نظر رسيد.

- با استفاده از نرم افزار **Mine Flow Optimizer** ميتوان تعيين نمود كه چگونه با شتاب دادن به نرخ معدنكاري بمنظور بدست آوردن هر چه سريعتر ماده معدني با عيار بالاتر ميتوان به مقادير بالاتري از ارزش خالص فعلي دست يافت و نتيجتا ماده معدني با عيار كمتر را در دامپهاي كم عيار بمنظور فرآوري در آينده ذخيره نمود.
- در مواردي كه براي ذخائر معدني- صنعتي چند روش مختلف فرآوري داريم چگونه از نرم افزار **Material Allocation Optimizer** استفاده كنيم تا مقصد هر بلوك را بمنظور مخلوط نمودن مواد معدني مشخص سازيم.
- در مواردي كه بلوك زمين شناسي مشروطي شبيه سازي شده است كه قطعيت ندارد، چگونه از نرم افزار **Geological Risk Analysis** بمنظور تعيين عدم قطعيت طرح معدن كه بخاطر عدم اطمينان به مدل زمين شناسي داريم استفاده كنيم.

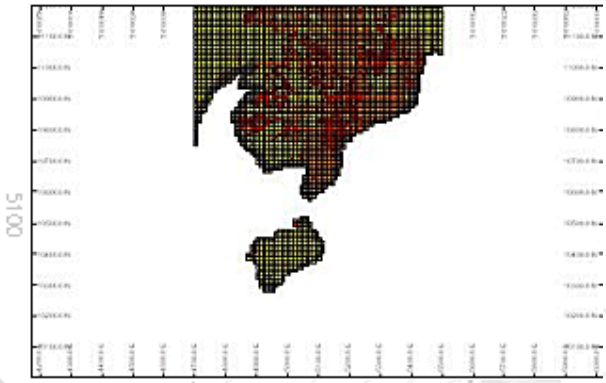
[2] -Pushback


تعریف مدل بلوکی اقتصادی
ایجاد پیتهای تودرتو لرچ- گریسمان
ایجاد پیت نهائی با توالی استخراج بهینه
برنامه زمان بندی وهله های استخراجی
MFO
MAO
NPV SCHEDULER

About the Economic Model

Background information about the Economic Model

منظور از مدل اقتصادي چيست؟



يك مدل اقتصادي در حقيقت همان مدل زمين شناسي است كه شناسه يا فيلد ارزش نيز به آن اضافه شده است. بعبارت ديگر مدلي است كه در آن هر بلوك ارزش ريالي مخصوص به خود را داراست.

مدل اقتصادي با استفاده از پارامترهاي هزينه و قيمت ماده معدني در طول عمر معدن ساخته شده و هزينه ذاتي فرآوري هر بلوك ماده معدني با توجه به نوع ماده معدني و روش فرآوري ويژه آن بلوك در آن محاسبه شده است. ارزش هر بلوك در خود نرم افزار NPV Scheduler قابل محاسبه است اما چنانچه مدلي توسط هر روش ديگري به هريك از بلوكهايش يك ارزش داده باشد ميتواند بعنوان يك مدل اقتصادي كامل مورد استفاده قرار گيرد. پارامترهائي كه در بدست آوردن ارزش هر بلوك استفاده ميشوند به قرار زير هستند:

- **قيمت فروش**[3] تك تك محصولاتي كه در ضمن عمليات فرآوري بدست مي آيند. كه البته ضريب درصد بازيافت اين مواد از بلوك ماده معدني را نيز بايستي در نظر گرفت.
- **هزينه واحد معدنكاري**[4] (ماده معدني يا باطله) و هزينه واحد فرآوري (ماده معدني) و هر نوع ضريب تنظيم كننده اين هزينه
- **ترفيق**[5] و **ميزان بازيافت**[6] ماده معدني

[3] - **selling price**
[4] - **cost of mining**
[5] - **dilution**
[6] - **recovery**

- **هزينه واحد بازسازسي**[7] محيط زيست براي باطله
- هزينه هاي اضافي براي **فرآوري** بيشتر هر تن ماده معدني

مدل اقتصادي نقطه شروع كار نرم افزار NPV Scheduler است. با توجه به اطلاعات اقتصادي موجود در اين مدل، نرم افزار با توجه به اصل كلي **برداشت مواد معدني با عيار بيشتر (هرجا كه امكان پذير است) زودتر از مواد معدني با عيار كمتر** بمنظور رسيدن به حداكثر ارزش خالص فعلي كار خود را شروع كرده و مجموعه اي از فازهاي معدنكاري تعريف ميشوند.

چنانچه فرض را بر اين بگذاريم كه بدست آورن حداكثر ارزش خالص فعلي هدف پروژه است، ترتيب فازهاي معدنكاري بدست آمده از نرم افزار معرف اولين دسته بنديهاي با بالاترين ارزش و بيانگر اولين مرحله توالي بهينه استخراج است.

اين فازهاي معدنكاري، مجموعه اي از پيتهاي تودرتو هستند كه مجموعا از آنها به پيتهاي لرچ-گريسمان ياد ميشود كه دومين مرحله كار نرم افزار هستند.

[7] - **rehabilitation**

About Lerch-Grossman Pits
Introducing the concept of nested LG Pits

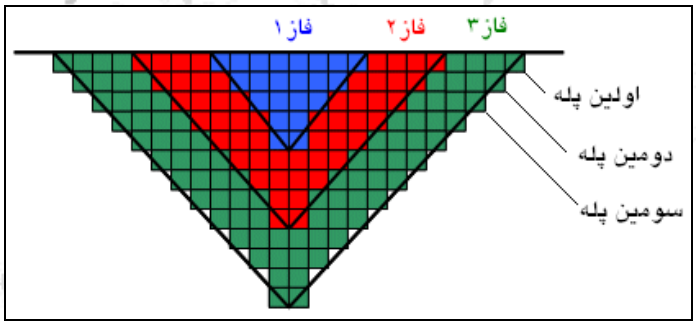
منظوراز پيتهاي لرچ- گريسمان چيست؟

پيتهاي لرچ- گريسمان را كه به نام فازهاي استخراجي نيز مي شناسيم، مجموعه پيتهاي محاسبه شده اي هستند كه قاعده كلي **استخراج بلوكهاي با بالاترين ارزش** را به روش موثري دنبال ميكنند.

از روش لرچ-گريسمان بمنظور تعيين "پيت نهائي" معدن با توجه به ارزش و هزينه معدنكاري و نيز ساير پارامترهاي مهندسي نظير محدوديت شيب ديواره استفاده ميشود. "پيت نهائي" فاز استخراجي محاسبه شده اي است كه درآن بيشترين منفعت با توجه به هزينه هاي معدنكاري حاصل ميشود. عوامل زيادي هستندكه در محاسبه "پيت نهائي" موثرند بعنوان مثال نوسانات قيمت محصول از اين جمله است.

پيتهاي تودرتو و شرائط اقتصادي

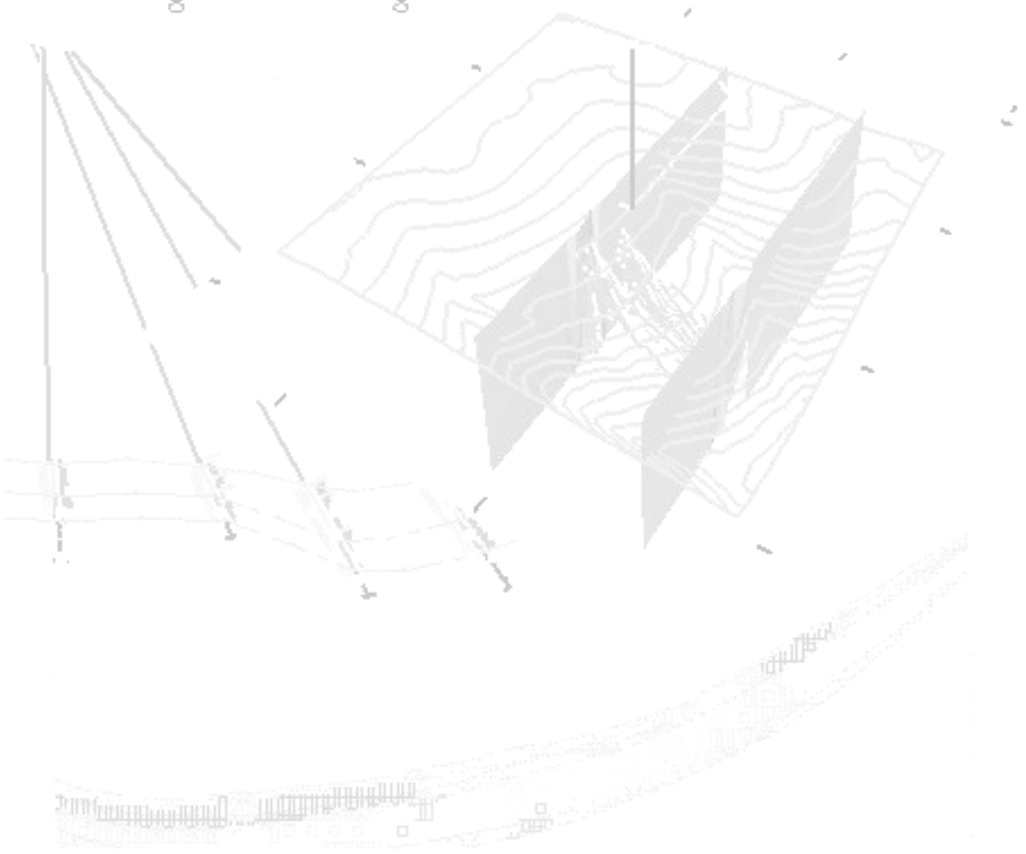
بنابرآنچه گفته شد، قيمت هر يك از دارائيها يا محصولات فرآوري شده پتانسيل تغيير هندسه پيت نهائي را دارد چرا كه تغيير قيمت محصولات ميتواند در اقتصادي نمودن يا عدم اقتصادي كردن استخراج يك بلوك موثر باشد. با تغيير پارامترهاي اقتصادي مجموعه اي از پيتهاي تودرتوي لرچ- گريسمان بوجود خواهد آمد كه هر پيت معرف محدوده هندسي "پيت نهائي" با ارزش اقتصادي بيشينه در شرائط روز قيمت/هزينه ها است. بعنوان مثال شكل زير را در نظر بگيريد:



در اين شكل محدوده آبي رنگ، (كوچكترين پيت) معرف پيتي ممكنه اي است كه ميتواند در سالهاي ابتدائي استخراج بيشترين ارزش را برگرداند. اين پيت حتي در بدترين شرائط اقتصادي (كمترين ارزش محصول) نيز داراي ارزش اقصادي است. محدوده سبز رنگ، (بزرگترين پيت) معرف پيتي با بيشترين عمر بهره برداري در بهترين شرائط اقتصادي است. در نتيجه ترتيب پيتهاي تودرتو معرف بيشترين تا كمترين ارزش هر تن ماده معدني معدنكاري شده اند. در اين مثال محدوده سبزرنگ معرف "پيت نهائي" براي بيشترين قيمت محصول است.

در مثال فوق محدوده هاي تعيين شده بوسيله رنگها، معرف محدوده هاي نهائي پيتها هستند. محدوده سبزرنگ پيت كلي با عمق و عرض بيشتر بوده و شرائط اقتصادي خوب موجب بوجود آمدن آن گرديده است. از آنجا كه قيمت محصولات در طول زمان دستخوش تغيرات است، محدوده گسترش پيت نيز همراستاي با شرائط جديد اقتصادي تغيير ميكند.

تفاوت بين هر يك از پيتها با پيت قبلي را يك فاز مي ناميم. چنانچه فرض را بر اين بگذاريم كه بدست آورن حداكثر ارزش خالص فعلي هدف پروژه است، ترتيب فازهاي معدنكاري بدست آمده از نرم افزار، معرف اولين دسته بنديهاي با بالاترين ارزش و بيانگر اولين مرحله توالي بهينه استخراج است.





About the Optimal Extraction Sequence

What is an OES, and how is it calculated?

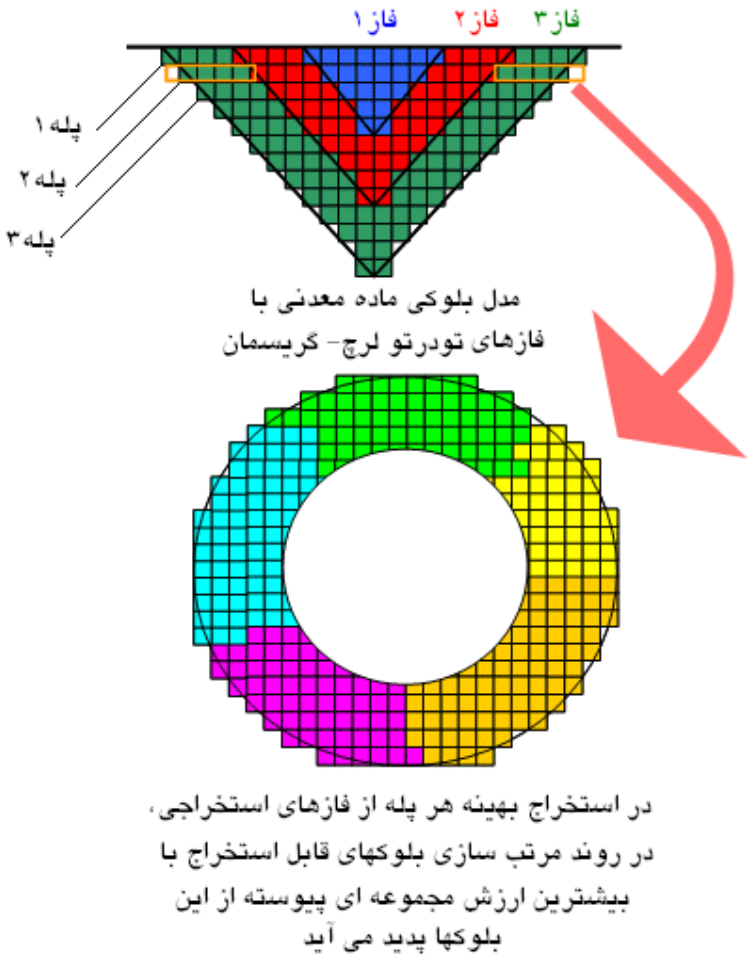
مقصود از "توالي بهينه استخراج" چيست؟

محاسبه پيت نهائي منجر به ارائه مفهوم فازها شد. ميتوان هر فاز استخراجي را متشكل از برشهاي افقي دانست كه در آن بلوكهاي زمين شناسي در هر لايه قرار دارند. توالي بهينه استخراج مدل بلوكي كه متضمن بيشترين ارزش خالص فعلي است، با در نظر گرفتن ترتيب هر فاز استخراجي و سپس استخراج از بالا به پائين هر برش افقي در فاز همراه است. اين قضيه بر پايه اين حقيقت استوار است كه در معادن روباز استخراج بايستي از طرف سطح به پائين صورت پذيرد.

بمنظور تعيين ترتيب استخراج بلوكها در يك فاز استخراجي، ابتدا بلوكهاي پله بالائي بر اساس ارزش بلوكها مرتب ميشوند. سپس بمنظور بالا بردن ارزش خالص فعلي سعي ميشود بلوكهاي با بيشترين ارزش جهت استخراج انتخاب شوند. اين در حالي است كه ارزشي كه بلوكها بر اساس آن مرتب شده اند همان ارزش اقتصادي بلوك بوده و از نقطه نظر معدنكاري نميتواند معيار مناسبي جهت توالي استخراج بلوكها باشد چراكه در اينصورت بلوكها بصورت اتفاقي و رندوم استخراج خواهند شد.

بنابراين لازم است بلوكها را با معيار مناسب تر و پيشرفته تري مرتب نمود كه ما از آن به عنوان "ميزان نزديكي" بلوك ياد مي كنيم. از اين معيار بمنظور تخمين موقعيت بلوك در توالي استخراج استفاده ميشود. بطور خلاصه ميتوان گفت در هر پله ابتدا بلوك داراي بيشترين ارزش اقتصادي انتخاب ميشود، سپس بلوكهاي باقيمانده بر اساس معيار مركبي كه در آن هم ارزش بلوك و هم ميزان نزديكي به اولين بلوك در نظر گرفته شده است مرتب ميشوند. اين معيار مركب همان "ميزان نزديكي" است. با تعيين بلوك استخراجي دوم، اين عمليات با در نظر گرفتن بلوك دوم بعنوان بلوك مبنا براي ساير بلوكها تكرار ميشود. به همين ترتيب توالي بهينه استخراج در پله هاي يك فاز نيز بدست مي آيد.

براي درك بيشتر اين مفهوم شكل زير را در نظر بگيريد:



در روند استخراج بلوكهاي قابل برداشت با بيشترين ارزش، با برداشت يك بلوك روند استخراج بطور قابل ملاحظه اي تغيير خواهد كرد. مثلا يك بلوك با ارزش ذاتي نسبتا كم بخاطر قرار گرفتن در مجاورت بلوكي با ارزش بالا استخراج شده و موجب ميشود بلوكهاي استخراجي بعدي از پله هاي بالاتر انتخاب شوند. اين موضوع در استخراج عملي كانسار توسط پرسنل عملياتي نيز ديده ميشود. يكي از نتايج اين عمليات رياضي، اين است كه تمايل داردگروههاي بزرگ و به هم چسبيده اي از بلوكهاي استخراجي پديد آورد كه در نهايت منجر به ارائه راه حل عملي و موثر معدنكاري خواهد شد.

بنا به آنچه گفته شد استفاده از فاكتور عملي "ارزش يا ميزان نزديكي" (البته با در نظر گرفتن محدوديت شيب ديواره ها) موجب ايجاد توالي استخراج عملي در امر استخراج معدن خواهد شد.

اين فرآيند در هر پله از فاز استخراجي مورد نظر ادامه پيدا ميكند تا درنهايت شكل كامل پيت حاصل گردد. توالي استخراج بلوكهاي ماده معدني كه به اين روش بدست مي آيد همان توالي بهينه استخراج است كه موجب ميشود بيشترين ارزش خالص فعلي عملي پيت نهائي بدست آيد.

نرم افزار NPV Scheduler **دو بار توالي بهينه استخراج را تعيين ميكند. كه در مرحله دوم اين فرآيند كامل تر ميشود. توالي بهينه استخراج اولي محدوديتهاي مهندسي عملي را درنظر نميگيرد و بنابراين تنها توالي بهينه استخراج را خارج از دنياي واقعي و بصورت تئوري ارائه ميكند.**

به همين علت از اين توالي بهينه استخراج تحت عنوان "توالي بهينه استخراج پيت نهائي" ياد ميكنيم. در ادامه در جريان فرآيند تعيين برنامه زمان بندي، در ايجاد وهله هاي استخراجي محدوديتها و الزامات عملي در استخراج در نظر گرفته شده و توالي جديدي ايجاد خواهد شد كه از آن به " توالي بهينه استخراج وهله هاي استخراجي" ياد ميكنيم.

بعلاوه ساير نرم افزارهاي گروه NPV Scheduler **نظير** Mine Flow Optimizer (MFO) **نيز تواليهاي استخراجي بهينه ارائه ميدهند.**



مقصود از "وهله هاي استخراجي[8]" چيست؟

بطور مختصر يك وهله استخراجي محدوده طراحي شده اي از معدن است كه در يك دوره برداشت، استخراج ميشود. بعبارت ديگر محدوده طراحي شده اي از معدن است كه طي يك عمليات برداشته ميشود.

پس از بدست آمدن توالي بهينه استخراج پيت نهائي، ميتوان به ايجاد وهله هاي استخراجي پرداخت. هدف بنيادي و پايه در اينجا ايجاد محدده اي است كه اهداف اوليه اي نظير ميزان تناژ يا حداقل عرض مورد نياز براي معدنكاري را برآورده كند.

در ايجاد وهله هاي استخراجي علاوه بر محدوديتهاي فوق پارامترهاي ديگري كه ميتوان در نظر گرفت تا به هر چه عملي تر نمودن آنها كمك شود، ميتواند شامل موارد زير باشد:

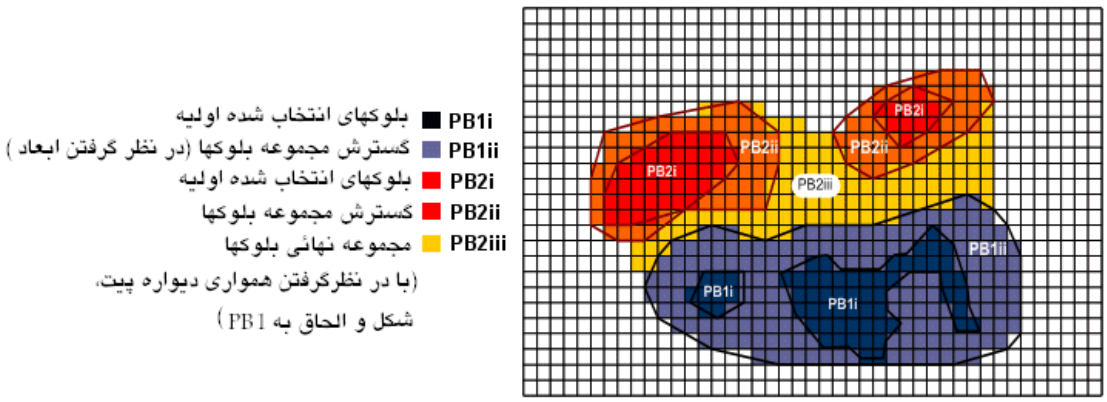
- تعيين ابعاد عملي و موجه مقاديري از ماده معدني كه بين پوسته پيت نهائي و پوسته هر وهله استخراجي باقي مي ماند. ما به اين بخشها "باقيماند" مي گوئيم.
- تعيين ميزان هموار و صافي ديواره هاي پيت بمنظور عملي نمودن امكان حفاري و انفجار و معدنكاري
- بعلاه در اين مرحله ميتوان امكان برداشت عملي وهله هاي استخراجي از لحاظ برداشت از بالا به پائين را كنترل نمود و اطمينان حاصل كرد كه مجموعه بلوكهاي سازنده هر بلوك، مجموعه اي به هم پيوسته ويكپارچه باشد.

سپس نرم افزار با مرتب نمودن مجدد توالي بهينه استخراج، به ايجاد مجموعه به هم پيوسته اي از بلوكهاي قابل استخراج كه شكل معدني عملي را ايجاد كند مي پردازد. اينكار را براي حالات مختلف انجام داده و با مقايسه حالات مختلف حالت بهينه انتخاب ميشود. از اين فرآيند قبلا نيز عينا در ايجاد توالي بهينه استخراج با استفاده از ارزش يا ميزان نزديكي بلوكها بمنظور ايجاد بلوكهاي پيوسته استفاده شد.

بخاطر استفاده از اين روش، ايجاد وهله هاي استخراجي سريع بوده و در نظر گرفتن باقيمانده ها و ميزان صافي و هموار ديواره ها در كنار دستيابي به اهداف توليد كاربر را به ايجاد پيتي عملي، قابل دسترس و با ابعاد مناسب مطمئن مي سازد.

[8] -Pushback

شكل زير مراحلي را كه طي آن نرم افزار به انتخاب بلوكها، الحاق آنها به هم بمنظور ايجاد شكلي پيوسته، در نظر گرفتن بلوكهاي باقيمانده و الحاق دو وهله استخراجي بمنظور رسيدن به طرحهاي عملي معدني مي پردازد را نشان ميدهد:



ايجاد وهله های استخراجی کاربردی (ديد از بالا- نقشه)

در اين شكل محدوده هاي **PB2i** معرف مجموعه بلوكهاي استخراجي تعيين شده بوسيله نرم افزار با استفاده از توالي بهينه استخراج هستند. بمنظور رسيدن به تناژ مورد نظر، اين بلوكها با بلوكهاي سري بعد يكي شده و محدوده **PB2ii** را تشكيل ميدهند. بمنظور ايجاد سطح هموار ديواره پيت، با اتصال بيشتر بلوكها، محدوده اين وهله استخراجي (شماره۲) به وهله استخراجي پائيني (شماره۱) متصل و محدوده **PB2iii** براي اين وهله استخراجي ايجاد مي گردد.

لازم به ذكر است كه در عمل وهله استخراجي كه بدين صورت طراحي ميگردد ندرتا پس از پايان يافتن وهله استخراجي قبلي بطور كامل در يك دوره زماني استخراج ميگردد. به زبان ساده تر، به هنگام استخراج هر يك از اين وهله هاي استخراجي معمولا بمنظور آماده سازي بستر استخراج وهله بعدي كه معمولا در عمق بيشتري قرار دارد مقداري نيز از آن وهله برداشت ميگردد.

بنابراين اهميت وهله هاي استخراجي، نه تنها بعنوان محدوده هاي فيزيكي در طراحي معدن است بلكه در درجه اول نشان دادن محدوده هائي است كه از نظر اقتصادي برداشت آنها با اهميت تر است. نهايتا تصميمات مديريتي در مورد اين محدوده ها تعيين كننده روند استخراج خواهد بود. معمولا بخاطر نياز به آماده سازي لازم است تصميمات مديريتي در مورد زمان بازنمودن يك وهله استخراجي گرفته شود. بنابراين در نظرگرفتن شرائط روز معدنكاري است كه ميتواند با در نظر گرفتن محدوده وهله هاي استخراجي منجر به ارائه برنامه زمان بندي استخراج گردد.



برنامه زمان بندي وهله هاي استخراجي:

تا اين مرحله با استفاده از نرم افزار، با توجه به توالي بهينه استخراج و شرائط برداشت عملي موفق به ارائه وهله هاي استخراجي شديم.

بخشي از نرم افزار كه وظيفه تعيين برنامه زمان بندي استخراج را دارد، تحت عنوان زمان بند يا **Scheduler** شناخته ميشود، وظيفه يافتن برنامه زمان بندي عملي براي وهله هاي استخراجي را بر عهده دارد. از نظر ارزش خالص فعلي و به لحاظ تئوري بهترين حالت استخراج وهله هاي استخراجي يكي پس از ديگري است. متاسفانه اين حالت از نظر عملي به ندرت قابل اجرا است چرا كه در اينصورت اهدافي نظير يكنواختي و پيوستگي ميزان توليد با نسبت باطله برداري قابل كنترل، امتزاج ماده معدني و باطله، كنترل ناخالصي توليد و ... برآورده نميشوند.

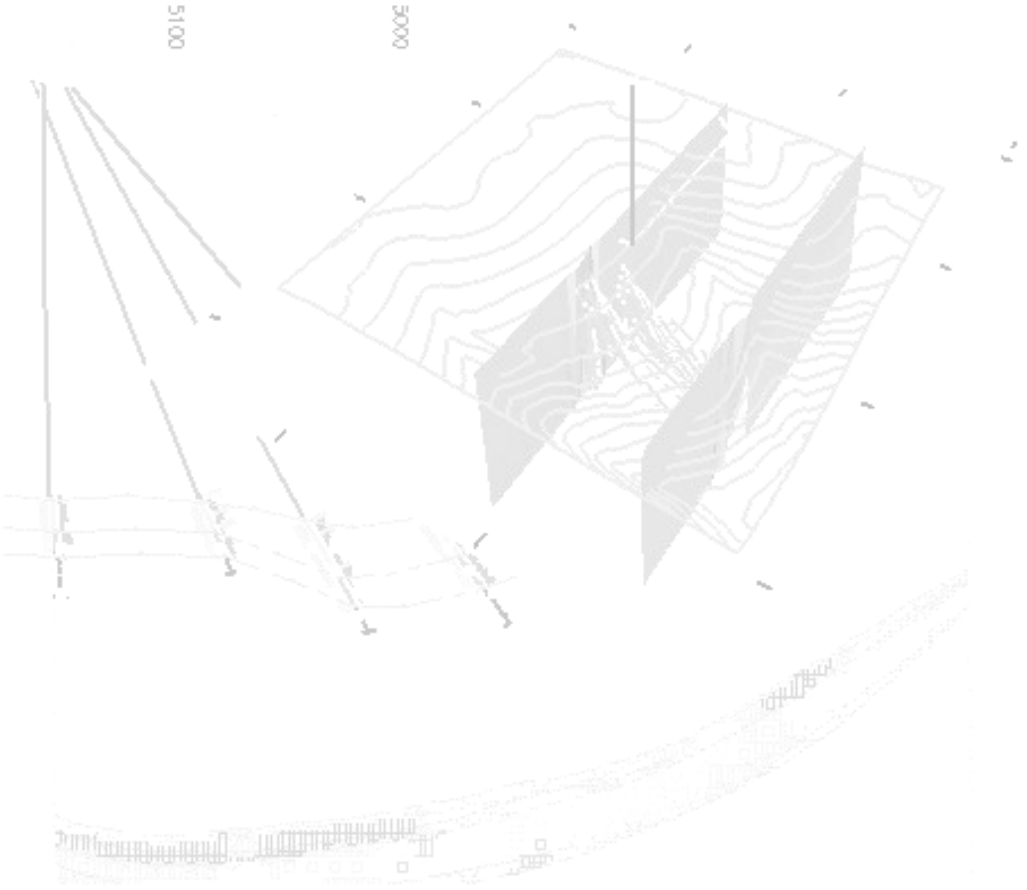
زمان بند يا scheduler با امكان معدنكاري دو يا چند وهله استخراجي بطور همزمان و در نظر گرفتن ساير اهداف معدنكاري به شما اجازه ميدهد تا ابزار عملي تري در اختيار داشته باشيد. در اينجا نيز مشابه با قبل با مفهوم پله ها يا بطور دقيقتر پله هاي وهله هاي استخراجي در يك مدل برنامه ريزي پويا سروكار داريم كه به بررسي راه حل هاي مختلف ممكنه مي پردازد. به اين صورت راه حل هاي مختلفي كه اهداف استخراج نظير ميزان توليد، ساعت كاميون و ... را تامين ميكند بدست آمده و نهايتا راه حلي با بهترين ارزش خالص فعلي يا راه حلي با بهترين حالت نزديكي به اهداف مورد نظر انتخاب ميگردد.

در اين سيستم ميتوانيد هر متغير مورد نظر از شناسه هاي (فيلدهاي) مدل اقتصادي يا حتي تركيبي از آنها را كه به زبان رياضي بيان ميشود بعنوان هدف تعيين نمائيد. بنابراين هر يك از اهداف ميزان معدنكاري، ساعت كاميون، خروجي آسياها، نسبت باطله برداري و ... را ميتوان بعنوان هدف برنامه زمان بندي تعيين نمود. كاربر براي هر يك از اين متغيرها حد بالائي و پائيني و ميزان هدف ايده آلي را تعيين مي نمايد و سيستم براي يافتن راه حل بهينه (در صورت امكان) كه تمامي اهداف مورد نظر را پوشش دهد جستجو مي نمايد چنانچه راه حل مناسبي وجود نداشته باشد، اين قيود را در نظر نميگيرد.

نتيجه برنامه زمان بندي، استخراج بلند مدت معدن است كه راهبردي بودن آن بخاطر در نظر گرفتن بيشترين ارزش خالص فعلي است. كاربردي بودن آن بخاطر اينست كه شكل معدن و محدوديت شيب ديواره را در نظر مي گيرد. دستيافتني است چراكه با توجه به ظرفيت تجهيزات معدن و كارخانه فرآوري ارائه ميشود.

در يك كلام ميتوان گفت برنامه زمان بندي شده بهينه اي است كه ماكزيمم ارزش خالص فعلي را بصورت عملي و دست يافتني محقق ميكند.

اين سيستم توالي بهينه استخراج را دوباره تعيين ميكند. به هر بلوك سال استخراج، شماره مقصد بلوك و شماره وهله استخراجي سازگار با برنامه زمان بندي، نيز نسبت ميدهد. اين توالي بهينه استخراج است كه از آن ميتوان در نرم افزارMine Flow Optimizer استفاده نمود.





نرم افزار Mine Flow Optimizer و هدف آن

گفتيم زمان بند يا Scheduler برنامه زمان بندي شده عملي را در اختيار كاربر قرار ميدهد كه اهداف توليد را در نظر گرفته و استفاده از حداكثر ظرفيت فرآوري موجود را تامين ميكند.

ميتوان از نرم افزار Mine Flow Optimizer، جهت تعيين اين كه "چگونه ميتوان با شتاب دادن به عمليات معدنكاري و فرآوري زودتر مواد معدني عيار بالا باز هم ميزان ارزش خالص فعلي را افزايش داد" استفاده كرد.

نقطه شروع اين كار كجاست؟ عوامل محدود كننده زيادي در تعيين برنامه زمان بندي معدن وجود دارد. يكي از اين عوامل ظرفيت كارخانه فرآوري است. كارخانه فرآوري اغلب ظرفيت توليد ثابت و مشخصي دارد كه توان عملياتي معدن را در يك بازه زماني مثلا يكساله محدود ميكند. فراموش نكنيد كه يكي از قوانين طلائي در استخراج معدن، بازگشت بيشترين ارزش در كوتاهترين زمان ممكن است. (تعيين بيشترين ارزش خالص فعلي) بطور كلي معني اين حرف اين است كه (هرجا از نظر فيزيكي ميسر است) مواد معدني عيار بالا پيش از كم عيارها برداشت شوند. در اين صورت است كه كارخانه فرآوري در طول عمر معدن بسيار موثرتركار خواهد كرد.



بهینه سازی روند جریان مواد معدنی

چنانچه اين مواد معدني با عيار بالا، بجاي موادي كه توسط Scheduler براي فرآوري تعيين شده بودند، تحت عمليات فرآوري قرار گيرند، ميزان ارزش خالص فعلي افزايش خواهد يافت. نرم افزار MFO در عمليات بهينه سازي خود اين موضوع را نيز لحاظ ميكند كه ماده معدني كه زودتر از موعد خود استخراج ميشود آيا به دامپ باطله فرستاده شود يا در انبار كم عيار ذخيره شود. و نيز در صورتي كه قرار است در انبار ذخيره كم عيار قرار گيرد، چه زماني بايستي فرآوري شود.

بهينه سازي عيار حد

لازم به ذكر است كه افزايش توليد بمنظور استخراج هرچه زودتر مواد معدني عياربالا، موجب بالا رفتن عيار حد در طول اين دوره برداشت بيشتر از ماده معدني خواهد شد. روش NPV Scheduler براي بهينه سازي نرخ معدنكاري يا عيار حد در مقايسه با روش سنتي بهينه سازي عيار حد منافع زير را داراست:

- از آنجا كه ورودي نرم افزارMFO مدلي با توالي بهينه استخراج است و متوسط عيار سالانه اي در آن وجود ندارد، قطعيت بسيار بالاتري در بدست آوردن ارزش خالص فعلي بالاتر وجود دارد.
- در بهينه سازي عيار حد بخشهاي مختلف معدن، استفاده از منحنيهاي تناژ-عيار يا كلاسهاي عياري به اين صورت رايج است كه براي هر يك از وهله هاي استخراجي كلاسهاي عياري و تناژ ماده

معدني در آن كلاس عياري محاسبه ميشوند. در مرحله بعد در محاسبه عيار حد، ميزان موادي كه از هر وهله استخراجي در هر سال ميتوان بدست آورد تا بيشترين ارزش حاصل شود را تعيين ميكنند. مشكلي كه در استفاده از اين روش وجود دارد اين است كه: از آنجا كه در اين روش موقعيت واقعي و دقيق هر بلوك در هر يك از وهله هاي استخراجي در نظر گرفته نميشود لذا بسته به اينكه بلوكي در ابتداي سال استخراج شود يا انتهاي سال، محاسبات ارزش بلوكها بطور قابل ملاحظه اي دستخوش تغييرات ميشود. بنابراين ارزش خالص فعلي بدست آمده در روش كلاسه بندي عياري وهله هاي استخراجي را نميتوان در طرح معدن مجددا بدست آورد. هر دو نرم افزارScheduler وMFO از گروه نرم افزاري NPV Scheduler طرح هاي فيزيكي دقيقي توليد نموده و از اين وضعيت نامساعد رنج نمي برند.

خروجي نرم افزار MFO توالي بهينه استخراج زمان بندي شده اي است كه دوره هاي زماني در آن بروز شده اند.

در گروه نرم افزاري NPV Scheduler نرم افزار ديگري تحت عنوان Material Allocation Optimizer يا بطور اختصارMAO نيز وجود دارد كه در ادامه توضيحات مختصري پيرامون آن ارائه ميگردد.

Material Allocation Optimizer
Managing the distribution of large volume, low value commodities

نرم افزار Material Allocation Optimizer و هدف آن

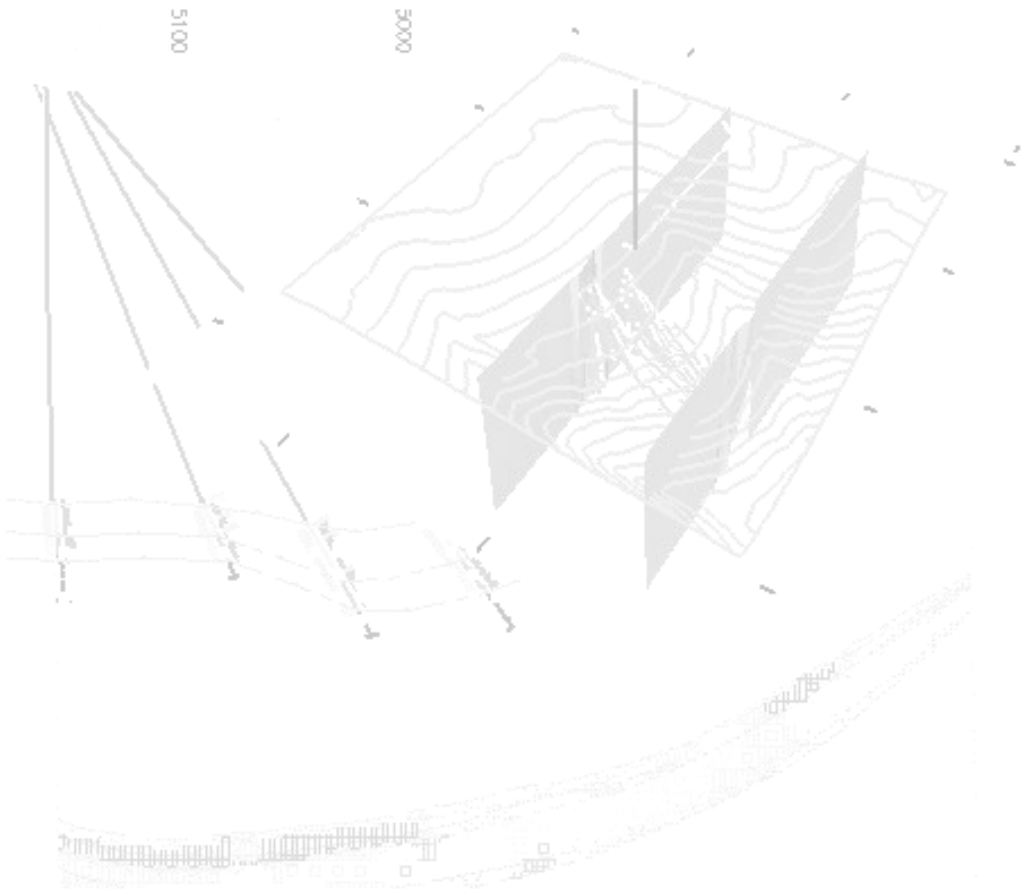
در مواد معدني صنعتي نظير آهك، رس و حتي سنگ آهن اغلب نياز داريم چندين نوع محصول را از امتزاج و مخلوط نمودن چند نوع سنگ بمنظور دستيابي به مجموعه مشخصي از خواص مختلف ارائه نمائيم. بعلاوه ممكن است از چندين روش مختلف فرآوري در بدست آوردن محصول بهره بگيريم.

نرم افزار Material Allocation Optimizer (MAO) با پياده سازي يك برنامه ريزي خطي راه حل كاملي براي حل مسئله تخصيص منابع ارائه داده و امكان تعيين اينكه چگونه مواد به بهترين شكل حمل، ذخيره و استفاده شوند تا اهداف استخراج تامين گردد را براي مهندسين آسان ميكند. ساختارهاي اصلي درMAO عبارتند از:

- ورودي MAO ميتواند ميزان توليد معدن، انبار ذخيره مواد معدني يا مواد خارجي جهت امتزاج باشد.
- مقصدگسيل مواد درMAO ميتواند يك انبار ذخيره و/يا يك روش فرآوري باشد كه ممكن است بعنوان ورودي در دوره ديگري مورد استفاده قرار گيرد
- هر يك از مقاصد گسيل مواد ميتواند هر تعداد هدف كيفي داشته باشد. اين اهداف بصورت ميزان عناصر يا نسبت آنها بيان ميشوند.
- ظرفيت مقاصد گسيل مواد ميتواند نامحدود (پدهاي هيپ يا دامپهاي باطله) يا محدود (انبار ذخيره مواد) يا مشخصا معلوم (كارخانه فرآوري) باشد
- ميتوان محدوديتهاي كلي بر روي چندين نوع سنگ داشت، بعنوان مثال براي حصول اطمينان از اينكه مثلا خوراك كارخانه فرآوري نسبت ثابتي از سنگها را در خوراك ورودي داشته باشد.
- مقاصد گسيل مواد، ممكن است هزينه هاي منفي يا مثبت داشته باشند. هزينه منفي معادل همان قيمت فروش است. بنابراين امكان تعريف هر تعداد محصول مختلف كه در طول زمان تغيير كنند فراهم ميشود.

نرم افزار MAO توالي بهينه استخراج را عوض نميكند بلكه مقصد گسيل مواد را تعيين نموده، زمان استخراج مواد را بيان و استراتژي دامپ مواد در انبارهاي كم عيار بمنظور رسيدن به نيازمنديهاي مورد نظر را تعيين ميكند. خروجي نرم افزار MAO براي هر بكوك، مقصد گسيل و اطلاعات موروثي توالي بهينه استخراج است كه مدل با خود داشته است. نرم افزار MAO ابزاري قوي در ارزيابي معادني است كه چندين

محصول دارند بعلاوه از آن ميتوان در بررسي ميزان تاثير تغييرات در قراردادهاي فروش، بر پايداري طرحهاي معدن در طول عمر معدن استفاده كرد.



Geological Risk Analysis
Testing the stamina of generated mine plans

نرم افزار Geological Risk Analysis و هدف آن

نرم افزار NPV Scheduler اين امكان را براي مهندسين فراهم مي سازد تا ميزان حساسيت و پايداري طرحهاي معدن در برابر تغييرات شرائط اقتصادي كه موجب تغيير در هزينه ها و درآمدها ميشود را بررسي كنند. تمامي طرح هاي معدن در نهايت از مدل رياضي كه زمين شناسي كانسار را تشريح ميكند، استخراج ميشوند. مدلهاي زمين شناسي بايستي بهترين حالت ممكنه را از واقعيت ماده معدني در اختيار قرار دهند، اما بايستي دانست كه هميشه اطمينان به اين مدلها در سطح اعتماد محدودي قرار دارد. چنانچه سطح اعتماد مدل زمين شناسي درحد ۹۵ درصد باشد، افزايش ميزان ارزش خالص فعلي طرح يك معدن به اندازه يك يا دو درصد، معني دار نيست. نرم افزار NPV Scheduler براي مدلهايي كه بصورت مشروط شبيه سازي شده اند مجموعه ابزارهايي در اختيار دارد تا سطح ريسك موروثي يك پروژه كه بخاطر عدم اعتماد به مدل بلوكي در آن وجود دارد را تعيين نمايد.

براي تشريح اينكه NPV Scheduler چگونه اين سطح ريسك را بدست مي آورد به تعاريف زير توجه كنيد:

- **شبيه سازي مشروط**: روشهاي زمين آماري مدلسازي ماده معدني كه در آنها كوشش ميشود دامنه تغييرات و واريانس فضائي داده هاي نمونه ها بازتوليد شود. در اين روش شبيه سازي ماده معدني، بجاي توليد يك مدل متوسط، چندين مدل محتمل مشابه ساخته ميشود.
- **عيارهاي شبيه سازي شده**: هر يك از عيارهائي كه در مدلهاي ساخته شده به روش شبيه سازي مشروط وجود دارد.
- **عيارهاي مرجع**: عيارهاي تخميني نقطه اي كه براي ساختن مدلهاي اقتصاي استاندارد، بهينه سازي پيت و تعيين برنامه زمان بندي مورد استفاده قرار ميگيرد. عيارهاي مرجع معمولا متوسط عيارهاي شبيه سازي شده و يا عيارهائي هستند كه از ساير روشهاي تخمين عيار نظير كريجينگ بدست آمده اند.
- **ريسك زمين شناسي**: اثر بالقوه خطاهاي آماري عيارهاي مرجع در طرحهاي معدن در طول عمر معدن است. دو مقوله در اين ارتباط مطرح ميشود:

- امكان دارد طرح هاي بلندمدت معدن بطور معني داري بر تخمين بيشتري از ميزان سود و ارزش خالص فعلي ايجاد شده باشند. بنابراين بازگشت سرمايه كمتر از مقداري است كه انتظار داريم.
- امكان دارد استراتژي معدنكاري كه بوسيله طرح هاي معدن ارائه ميشود بهينه نباشند.

• **مدلهاي با شناسه ارزش**: مدلهاي بلوكي هستند كه براي هر سلول تنها يك شناسه دارند و آن مقدار ارزش خالص هر سلول است. از اين مدلها براي شبيه سازي مشروط و تعيين وضعيت اقتصادي استفاده ميشود.

بمنظور تعيين و شناسائي ريسك زمين شناسي مستتر در طرح هاي بلندمدت (در طول عمر معدن) لازم است مدلهاي شبيه سازي شده مشروط، به پارامترهاي اقتصادي و تكنولوژيكي مرتبط شوند. بدين منظور مدلهاي بلوكي با شناسه ارزش هر سلول ايجاد شده و از آنها در تعيين توزيع احتمال آماره هاي حياتي طراحي، نظير ميزان سود يا ميزان ارزش خالص فعلي استفاده ميشود.

با استفاده از نرم افزار **Geological Risk Analysis** ميتوان اين كار را انجام داد بعلاوه اين نرم افزار روشي بر پايه ميزان ميزان ريسك براي انتخاب پيت نهائي معدن ارائه مي كند.

توالي بهينه استخراج و ريسك زمين شناسي

در نرم افزار NPV Scheduler تمامي مراحل طراحي معدن با در نظر گرفتن توالي بهينه استخراج انجام ميشوند. اين توالي استخراج بر اساس ارزش بدست آمده با توجه به ميزان عيار مرجع بلوكها حاصل ميگردد. از "مدلهاي با ارزش شناسه" ميتوان در ارزيابي ميزان "سود" و "ارزش خالص فعلي" "عيارهاي شبيه سازي شده" استفاده نمود. در نظر بگيريد ۵۰ عدد "مدل با شناسه ارزش" از ۵۰ عدد مدل شبيه سازي شده مشروط محتمل مشابه بدست آمده باشد. نرم افزار **Geological Risk Analysis** قادر است با استفاده از طرح هاي معدن كه بر اساس عيارهاي مرجع ارائه شده اند، ۵۰ مقدار محتمل مشابه براي "سود" و "ارزش خالص فعلي" محاسبه نمايد كه اين مقادير معرف توزيع احتمال اين دو پارامتر بوده و پارامترهاي استاندارد توزيع نظير ميانگين، ميانه، انحراف معيار، انحراف متوسط و ... محاسبه ميگردند.

پارامترهاي استاندارد توزيع نظير انحراف معيار و انحراف متوسط، معرف ميزان ريسك هستند. انحراف زياد نسبت به ميانگين نشان ميدهد كه احتمالا سود واقعي (ارزش خالص فعلي) بطور معناداري با سود (ارزش خالص فعلي) پيش بيني شده متفاوت بوده و نشانه اين است كه پروژه با ريسك بالا روبرو خواهد بود.

ريسك پيت K ام

در نظر بگيريد براي يك معدن از N مدل مشروط شبيه سازي شده،تعداد N "مدل با شناسه ارزش" بدست آمده باشند. ميتوان براي هر يك از مدلهاي با شناسه ارزش، پيت نهائي با روش لرچ- گريسمان ايجاد نمود. در اينصورت تعداد N پيت خواهيم داشت كه احتمال دارد هر يك از اين پيتها، پيت بهينه نهائي "واقعي" معدن باشند كه در آن ميزان سود واقعي بيشترين مقدار است. در اين شرائط بلوكهائي از مدل زمين شناسي معدن وجود خواهند داشت كه در تمامي اين N پيت واقع ميشوند. بلوكهائي وجود خواهند داشت كه در تعداد N-1 تا از اين پيتها واقع ميشوند. به همين صورت بلوكهائي وجود خواهند داشت كه در تعداد N-2 تا از اين پيتها وجود دارند و .... در نهايت ميتوان بلوكهائي از مدل زمين شناسي را يافت كه در هيچ يك از اين N پيت قرار نمي گيرند.

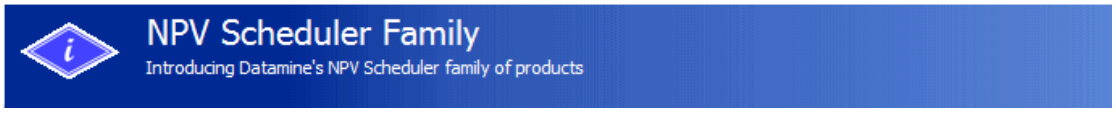
از مجموعه پيتها، پيتي را در نظر بگيريد كه در بردارنده تمامي بلوكهائي است كه حداقل در تعداد k پيت وجود داشته باشندكه در آن عددي صحيح بين 1 و **N** است. اين پيت را پيت k ام مي ناميم. ميتوان نشان داد كه هر پيت k ام كه با محدوديت ميزان شيب مورد نظردر طرح معدن، تناقض نداشته باشد را ميتوان بعنوان پيت بهينه نهائي معدن در نظر گرفت. در اينجا نيز مشابه با پيتهاي تودرتوي لرچ- گريسمان، با مجموعه پيتهاي تودرتوئي روبر خواهيم بود كه در آنها پيت k ام دربردارنده (k-1) پيت است. تفاوت اين پيتها با پيتهاي لرچ- گريسمان در اين است كه در اينجا پيتها بر اساس ميزان ريسك زمين شناسي مرتب شده اند اين در حالي است كه در پيتهاي لرچ - گريسمان ترتيب پيتها بر اساس ريسك اقتصادي بود كه اين ريسك اقتصادي خود مولود عدم اطمينان به مقادير هزينه ها و قيمتها بود.

درجه اطمينان به پيت k ام از معادله زير بدست مي آيد:

$$s = (100*k/n)$$

كه در آن پيت N ام بدون ريسك بوده و ۱۰۰ درصد ايمن است و اين ميزان براي مقادير كوچك k كاهش مي يابد.

نظير هر پيت ديگري ميتوان مقادير هزينه ها، درآمدها، ارزش خالص فعلي، تناژ و عيار را براي پيت k ام بدست آورد. در اينصورت با توجه به درجه اطمينان بدست آمده براي هر پيت و اين پارامترهاي استاندارد آماري، ميتوان در مورد انتخاب پيت بهينه نهائي كه موازنه بهتري بين ميزان ريسك و فرصت ايجاد شده با انتخاب هر پيت ايجاد ميكند قضاوت نمود.



گروه نرم افزاري NPV Scheduler

بمنظور رفاه حال مشتري و خريد متناسب با نياز، گروه نرم افزاري طراحي استراتژيك بلند مدت پيت روباز معدن NPV Scheduler به صورتهاي زير موجود است:

تابع	Maxipit	NPV Scheduler	NPV Scheduler+MAO	RM Scheduler+MFO	RM Scheduler	Multimine Scheduler
مدل اقتصادي	●	●	●	●	●	
پيت نهائي لرچ-گريسمان	●	●	●	●	●	
پيتهاي تودرتوي لرچ-گريسمان (فازها)	●	●	●	●	●	
پيتهاي تركيبي	●	●	●	●	●	
توالي بهينه استخراج	●	●	●	●	●	●
ايجاد وهله هاي استخراجي		●	●	●	●	
برنامه زمان بندي با داشتن چند تابع هدف		●	●	●	●	●
تحليل باربري		●	●	●	●	●
MAO و تركيب چندگانه محصولات			●	●	●	●
بهينه ساز روند استخراج (بر اساس عيارحد)				●		●
تحليل گر ريسك زمين شناسي	●	●	●	●		
معدنكاري معادن فلزي	●	●	●			●
توابع مواد معدني صنعتي					●	●
مدلهاي مستقل چندگانه						●

NPVS Tutorial

Introducing the Maxipit, NPV Scheduler and RM Scheduler tutorial

مقدمه:

در ورژن ۴ گروه نرم افزاري NPV Scheduler (شامل Maxipit، NPV Scheduler و RM Scheduler) ديد جديدي به كاربر داده شده، توانائيهاي نرم افزار افزايش يافته و كارائي نرم افزار بهبود بخشيده شده است. صرفنظر از اينكه كاربري مبتدي يا حرفه اي (آشنا با NPVS 3) باشيد اين جزوه ميتواند شروعي براي كار با نرم افزار NPVS 4 باشد.

در حالت نصب استاندارد، تمامي فايلهاي مورد نياز براي انجام تمرينات اين جزوه در مسير C:\Database\NPVS رايانه شما موجود است. بعلاوه بمنظور سهولت انجام تمرينات، پروژه كاملي از تمرينات اين خودآموز بعنوان پروژه مرجع در مسير يادشده وجود دارد. پيشنهاد ميشود تمرينات را به ترتيب انجام داده و پس از تكميل هر تمرين پروژه خود را (حتي در صورتي كه در خودآموز بيان نشده باشد) ذخيره نمائيد.

ليست تمريناتي كه در اين خودآموز انجام خواهيم داد در زير آمده است. تمرينات را بايستي به ترتيبي كه ذكر ميگردد انجام دهيد. در ابتداي انجام هر تمرين ليستي از تمرينات پيش نياز بيان شده و نام فايلهاي مورد نياز براي انجام آن تمرين نيز بيان خواهند شد.

۱) Maxipit:

a. وارد نمودن داده ها
b. ساخت مدل اقتصادي
c. بهينه كردن پيت
d. تخصيص هزينه هاي سرمايه اي
e. تخصيص ريسك زمين شناسي (براي اجراي نرم افزار در اين بخش به مجوز مربوطه نياز داريد)

۲) NPV Scheduler

a. وارد نمودن داده ها
b. ساخت مدل اقتصادي

c. بهينه كردن پيت

d. ايجاد وهله هاي استخراجي

e. بهينه نمودن برنامه زمان بندي استخراج محصول

f. تخصيص هزينه هاي سرمايه اي

g. تحليل باربري

h. تخصيص ريسك زمين شناسي (براي اجراي نرم افزار در اين بخش به مجوز مربوطه نياز داريد)

۳) NPV Scheduler with MAO license and RM Scheduler

a. وارد نمودن داده ها

b. ساخت مدل اقتصادي

c. بهينه كردن پيت

d. ايجاد وهله هاي استخراجي

e. بهينه نمودن برنامه زمان بندي استخراج محصول

f. بهينه كردن تخصيص منابع

g. تخصيص هزينه هاي سرمايه اي

h. تحليل باربري

i. تخصيص ريسك زمين شناسي (براي اجراي نرم افزار در اين بخش به مجوز مربوطه نياز داريد)

۴) NPV Scheduler with MFO license

a. وارد نمودن داده ها

b. ساخت مدل اقتصادي

c. بهينه كردن پيت

d. ايجاد وهله هاي استخراجي

e. بهينه نمودن برنامه زمان بندي استخراج محصول

f. بهينه كردن برنامه زمان بندي محصول

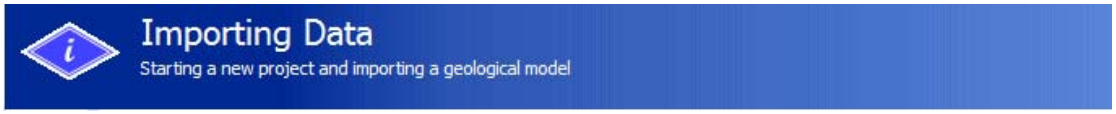
g. بهينه كردن روند استخراج

h. بهينه كردن تخصيص منابع

i. تخصيص هزينه هاي سرمايه اي

j. تحليل باربري

k. تخصيص ريسك زمين شناسي (براي اجراي نرم افزار در اين بخش به مجوز مربوطه نياز داريد)



وارد نمودن داده ها به نرم افزار:

در این بخش با نحوه ایجاد یك پروژه و وارد نمودن یك مدل زمین شناسي به نرم افزار آشنا خواهیم شد. بعلاوه در تمرین آخر این بخش با نحوه وارد نمودن یك محدوده از پیش تعیین شده براي پیت و نیز وارد نمودن محدوده هاي مربوط به شیب معدن به نرم افزار آشنا خواهیم شد.

پیش نیازها:

- **براي انجام این تمرین به فایل** *simmod.dm* **که یك فایل مدل زمین شناسي دیتامایني است نیاز داریم. بعلاوه فایلهاي اتوکدي** *cupitlimit.dxf* **و** *sloperegions.dxf* **نیز مورد نیاز هستند که در حالت نصب استاندارد نرم افزار میتوانید این فایلها را در مسیر** C:\Database\NPVS **رایانه تان پیدا کنید.**
- **براي انجام این تمرین بایستي با سیستم عامل** Windows **و نرم افزار صفحه گسترده** Excel **آشنا باشید.**

تمرین: شروع کردن یك پروژه

۱. براي ایجاد پروژه جدید، نرم افزار Maxipit یا NPV Scheduler را اجرا نموده سپس در اولین پنجره اي که باز میشود گزینه New one mine project را انتخاب و **OK** را کلیك کنید.

۲. براي تعیین نام پروژه در قسمت Project Name and Location نام پروژه را 'Copper Mine' تایپ کنید. حال براي تعیین محل ذخیره پروژه با زدن دکمه مربوطه شاخه مناسبي را روي رایانه انتخاب نموده و **OK** را کلیك کنید.

۳. چنانچه براي اولین بار است که نرم افزار را اجرا میکنید، میتوانید به شکل استاندارد سایر نرم افزارها، با جابجائي نوارابزارها یا نوارکنترلها ظاهر نرم افزار را مطابق با میل خود تغییر دهید.

تمرین: وارد نمودن مدل زمین شناسي به نرم افزار

۱. چنانچه در ظاهر نرم افزار نوارکنترل Tasks Pane را مشاهده نمیکنید، (در حالت پیش فرض این نوارکنترل را که نوارکنترل اصلي نرم افزار است مشاهده خواهید کرد) میتوانید نمایش این نوار کنترل را از مسیر View | Toolbars | Tasks Pane فعال کنید. با استفاده از ابزارهاي موجود در سربرگ این نوارکنترل صفحه

Optimization را انتخاب کنید. حال با زدن دکمه کوچك مثلث شکل، گروه را (درصورت بسته بودن) باز کنید تا نمایش داده شود. پیشنهاد میشود در زمان کار با نوارکنترل Tasks Pane تمامي گروههاي موجود بجز گروهي که با آن کار مي کنيد در حالت بسته باشند.

۲. گزینه Datamine Model... را کلیك کنید و فایل simmod.dm را براي وارد شدن به نرم افزار انتخاب کنید. (در حالت نصب استاندارد این فایل را از مسیر**C:\Database\NPVS** بیابید.)

در این خودآموز از این پوشه که حاوي اطلاعات معدن آموزشي است به عنوان پوشه اطلاعات معدن آموزشي یاد میکنیم.

۳. در پنجره Datamine Block Model تیك مربوط به گزینه Show system fields را در گوشه پائین سمت چپ بردارید و None را کلیك کنید. حال از لیست Data Fields فیلدهاي AU, CU, DENSITY و ROCKCODE را انتخاب و OK را کلیك کنید.

۴. در پنجره Assign Fields، با استفاده از لیست موجود به AU وCU گزینه [Product]، به DENSITY گزینه [Density] و به ROCKCODE گزینه [Rock Type] را اختصاص دهید و دکمه Next را کلیك کنید.

۵. در پنجره Define Elements، گزینه [Grade] را به AU و گزینه [Percentage] را به CU اختصاص داده و دکمه Next را کلیك کنید.

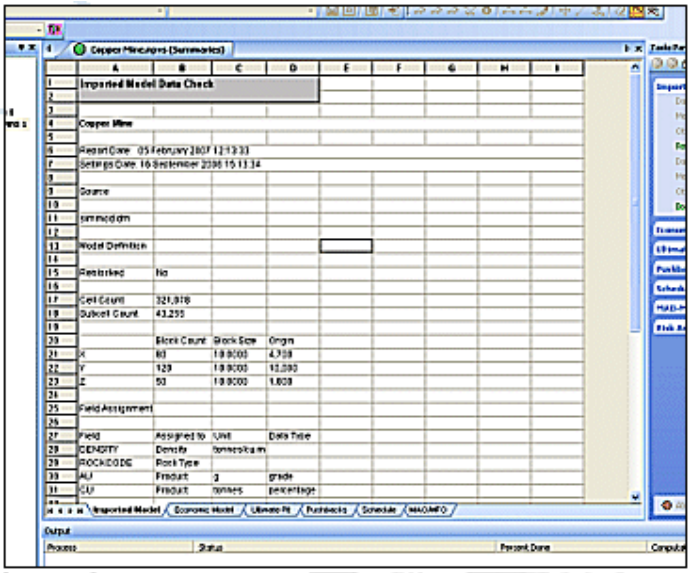
۶. در پنجره Define Units تنظیمات پیش فرض را بپذیرید. در اینجا تمامي واحدها، واحدهاي وزني هستند. در مورد عناصري که آنها را از نوع percentage انتخاب مي کنید، واحد خود عنصر و واحد وزني عنصر معادل در نظر گرفته میشوند و نمیتوانید آنها را بصورت مجزا تغییر دهید. دکمه Next را کلیك کنید.

۷. در پنجره Options گزینه هاي پیش فرض را پذیرفته و Finish را کلیك کنید.

۸. در پنجره Rock Types، بر اساس مقادیر فیلد موجود در فایل مدل بلوکي، به تعداد کدهاي موجود در این فیلد و به ترتیب عددکدها، سطور نوع سنگ را با برچسبهاي پیشنهادي ارائه میدهد. در این پنجره برچسبهاي سه نوع سنگ موجود در این مدل بلوکي را بصورت زیر تغییر دهید. براي نوع سنگ (code 0) برچسب waste، براي نوع سنگ (code 1) برچسب oxide و براي نوع سنگ(code 2) برچسب sulfide را تایپ کنید.

۹. حال در ستون Ore-Waste، مقدار waste را به [waste] و ore را به [oxide] و [sulfide] تخصیص دهید. حال OK را کلیك نموده و منتظر بمانید تا عملیات وارد شدن مدل به نرم افزار پایان پذیرد.

۱۰. پس از پایان یافتن عملیات وارد شدن مدل به نرم افزار، به گزار شي که به یکباره ظاهر میشود دقت کنید. شکل زیر:



وارد نمودن فایل محدوده هاي مورد نظر به نرم افزار:

۱.در نوارابزار Tasks Pane در همان گروه Import Data، این بار بر روي گزینه Boundaries کلیك نمائید. از *Driver Category* گزینه [CAD] و از *Data Type* گزینه [AutoCad Strings] را انتخاب نمائید.

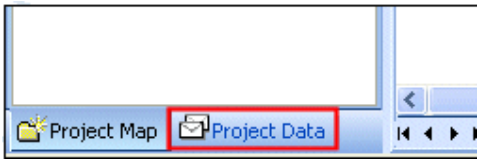
۲.OK را کلیك نموده و فایل cupitlimit.dxf را بعنوان فایل ورودي تعیین نمائید. این فایل در محل پوشه داده هاي معدن آزمایشي موجود است.

۳.در پنجره Read Drawing File دکمه OK را کلیك نمائید.

۴.در پنجره Choose Region Type گزینه [NPVS Pit Limits] را انتخاب و**OK** را کلیك کنید.

۵.در پنجره (Check/Edit region properties before using them) دکمه **OK** را کلیك کنید.

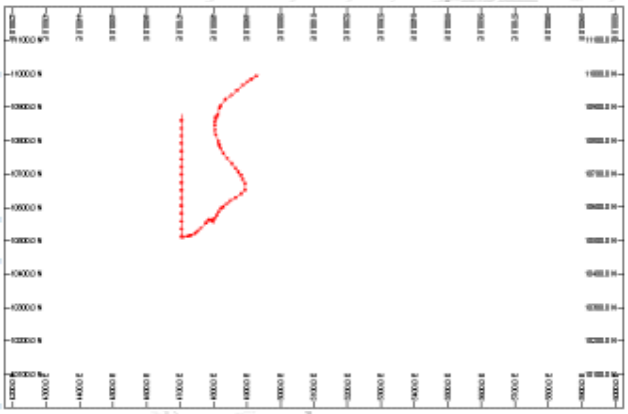
۶.حال پنجره **Project Data** را انتخاب نمائید. هرچند میتوان موقعیت این پنجره را به دلخواه تغییر داد، اما این پنجره در حالت پیش فرض در گوشه پائین و سمت چپ نرم افزار نمایش داده میشود. شکل زیر:



۷.در پنجره Project Data با زدن علامت + گزینه *Copper Mine* را باز کنید. حال به همین روش گزینه NPVS Boundaries را باز کنید.

۸.بر روي آيتم [Imported NPVS Pit Limits 1] كليك راست نموده و گزينه View را از منو ظاهر شده انتخاب كنيد.

۹.با زدن دكمه **Apply Clipping | Section**، مطمئن شويد كه نمايش داده ها به حالت چيده شده (ديدن بخشي از داده ها و نديدن قسمتهاي ديگر) قرار دارد. نمايشي مطابق با شكل زير خواهيد ديد:



۱۰.در پنجره نمايش داده شده محدوده مورد نظر را انتخاب نموده و خواص آنرا در پنجره Digitizer بررسي كنيد. (در صورت عدم نمايش آنرا از مسير**View | Digitizer Window** نمايش دهيد). پنجره **Digitizer** بمنظور ايجاد تسهيلاتي براي امكان ويرايش دستي مختصات يا خواص داده ها بكار مي رود. در اين تمرين نيازي به دستكاري فايل ورودي نداريم. دكمه **Close** را كليك كنيد.

۱۱.بار ديگر از نوارکنترل Tasks Pane، دكمه Boundaries را كليك كنيد. از *Driver Category* گزينه [CAD] و از *Data Type* گزينه [AutoCad Strings] را انتخاب نمائيد. اين بار فايل sloperegions.dxf را انتخاب نمائيد. مشابه با قبل در پنجره **Read Drawing File** دكمه OK را كليك كنيد.

۱۲.در پنجره Choose Region Type گزينه NPVS 2D Slope Regions را انتخاب كنيد. در پنجره هاي بعدي نيز **OK** را كليك كنيد.

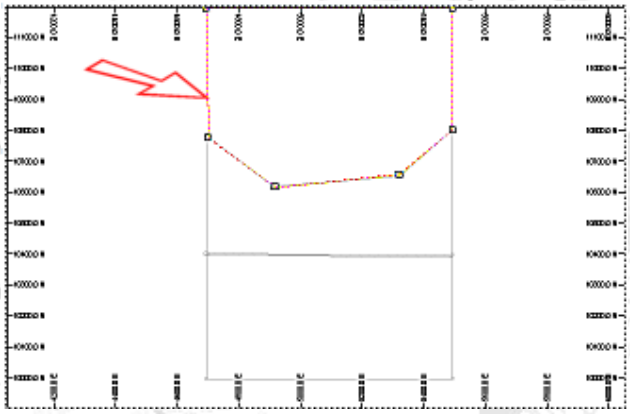
۱۳.در پنجره Project Data در بخش NPVS Boundaries گزینه [Imported 2D Slope Regions 1] را انتخاب نموده و گزینه View را از منو موجود انتخاب کنید.

۱۴.مطمئن شوید داده ها بطور کامل نمایش داده میشوند. (مثلا به حالت چیده شده نمایش داده نشوند. براي اينكار نمايه **Clipping Limits** را از حالت انتخاب خارج کنید.)



۱۵.گزینه **View | Zoom | Fit to Window** را انتخاب کنید.

۱۶.همانطور که در شکل زیر با فلش قرمز رنگ نشان داده شده است بخش بالائي را انتخاب کنید.



۱۷.بر روي بخش انتخاب شده كليك راست نموده و از منو ایجاد شده گزینه Edit Properties را انتخاب کنید. در پنجره Slope Region Info نام ناحیه را با تایپ نمودن در جعبه *label* Region به Northern تغییر دهید. حال OK را كليك كنيد.

۱۸.ناحیه پائینتر را انتخاب کنید و آنرا به Central تغییر نام دهید.

۱۹.ناحیه پائینتر را انتخاب کنید و آنرا به Southern تغییر نام دهید.

۲۰.حال مراحل انجام شده را انتخاب **File | Save** ذخیره کنید.



Generating an Economic Model

Applying economic and technological parameters to the geological model.

ايجاد مدل اقتصادي:

در اين تمرين نحوه بكارگيري پارامترهاي اقتصادي و تكنولوژيكي در مدل زمين شناسي جهت ايجاد مدل اقتصادي و نيز نحوه ويرايش گزارشات را بررسي خواهيم نمود.



پیش نیازها:

- **پیش از شروع انجام این تمرین لازم است تمرین مربوط به وارد نمودن داده ها به نرم افزار را انجام داده باشید.**

تمرين: تنظيمات اوليه مدل اقتصادي

۱. در نوارکنترل Tasks Pane در صفحه **Optimization** گروه Economic Model را بطور کامل باز نموده و سایر گروهها را ببندید. حال Settings را کلیك کنید.

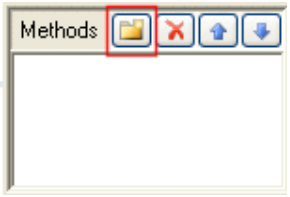
۲. پنجره **Economic Settings** نمایش داده میشود. برگ نشان Options را انتخاب و اطمینان حاصل کنید گزینه Cost Model انتخاب شده باشد.

۳. در برگ نشان *Prices* موارد زیر را وارد نمائید:

- قیمت واحد طلا (AU price) معادل ۱۲
- هزینه فروش واحد طلا (AU selling cost) معادل ۴
- قیمت واحد مس (CU price) معادل ۳۴۰۰
- هزینه فروش واحد مس (CU selling cost) معادل صفر

۴. در برگ نشان *Mining* مقادیر پیش فرض را بپذیرید و مطمئن شوید گزینه Mining cost per mass unit انتخاب شده باشد.

۵. در برگ نشان *Oxide* مقدار Mining CAF را معادل ۱.۱۲۵ در نظر گرفته و دو روش فرآوري Mill و Leach را اضافه کنید. براي اضافه نمودن اين روشهاي فرآوري از نمايه تعيين شده در شكل زير بهره بگيريد:



پس از ايجاد سطر جديد، روشهاي فرآوري را تايپ كنيد.

۶. روش فرآوري Mill را از ليست روشهاي فرآوري (Methods) انتخاب نمائيد و Parameters را كليك كنيد.

۷. در پنجره Mill Processing مقدار ۶ را بعنوان هزينه واحد فرآوري (به روش آسيا) به ازاي هر تن ماده معدني اكسيد كه آسيا ميشود وارد كنيد.

۸. برگ نشان *AU* را انتخاب نمائيد و مقدار۰.۸ را بعنوان ميزان بازيابي طلا (AU recovery) در فرآوري و بصورت كسري تعيين كنيد.

۹. برگ نشان *CU* را انتخاب كنيد و گزينه Formula را برگزينيد. حال Edit Formula را كليك كنيد و در پنجره Define Formula فرمول if (CU<0.2, 4.4*CU, 0.88) را پس از تايپ يك علامت =، تايپ كنيد و **OK** را كليك كنيد. دقت كنيد در اين حال برچسب موجود در نزديكي دكمه **Edit Formula** تغيير كرده و" defined" خوانده خواهد شد.

۱۰. براي مس، ساير هزينه هاي فرآوري (CU Additional processing cost) را معادل ۱۸۰ دلار به ازاي هر تن در نظر گرفته و **OK** را كليك كنيد.

۱۱. به برگ نشان *Oxide* از پنجره **Economic Settings** بازگشته و اينبار روش فرآوري Leach را از ليست روشهاي فرآوري (Methods) انتخاب نموده و Parameters را كليك كنيد.

۱۲. در پنجره Leach Processing هزينه واحد ليچينگ (به ازاي هر تن ماده معدني) را معادل ۲.۵۵ در نظر بگيريد.

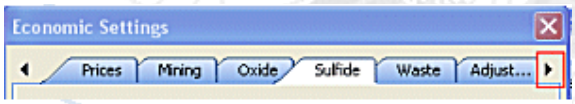
۱۳. در برگ نشان *AU* مقدار صفر را بعنوان ميزان بازيابي طلا (AU recovery) در فرآوري با ليچينگ تعيين كنيد.

۱۴. در برگ نشان *CU* مقدار ۰.۶۵ را بعنوان میزان بازیابي مس (AU recovery) در فرآوري با ليچينگ تعيين كنيد و ساير هزينه هاي ليچينگ مس (Additional processing cost) را معادل ۱۹۰ دلار به ازاي هر تن ماده معدني در نظر گرفته و **OK** را كليك كنيد.

۱۵. به پنجره **Economic Settings** بازگشته و برگ نشان *Sulfide* را انتخاب نموده و فاکتور تنظیم کننده هزينه هاي معدنكاري (Mining CAF) را معادل۱.۲۵۰ در نظر بگيريد. سپس از ليست For the method added next use parameters of گزينه oxide-Leach را انتخاب نموده و Leach را به ليست Method اضافه كنيد.

۱۶. حال Leach را انتخاب نموده و Parameters را دوباره كليك كنيد. هزينه فرآوري به ازاي هر تن ماده معدني را به ۳ تغيير داده و ساير پارامترها را بدون تغيير رها كنيد سپس **OK** را كليك كنيد.

۱۷. با زدن پيكان حركت به سمت راست، به آخرين برگ نشان موجود در پنجره **Economic Settings** برسيد: (شكل زير)



۱۸. در برگ نشان *Adjustments* تنظيمات پله مرجع (*Reference*) و پله هاي بالائي (*Above*) و پائيني (*Below*) را بصورت زير تعيين كنيد:

سطر پيش فرض: ۸ را بعنوان مرجع (*Reference*) وارد نموده و ۰.۰۱۵ را در *Below* و ۰.۰۱ را در *Above* وارد كنيد.

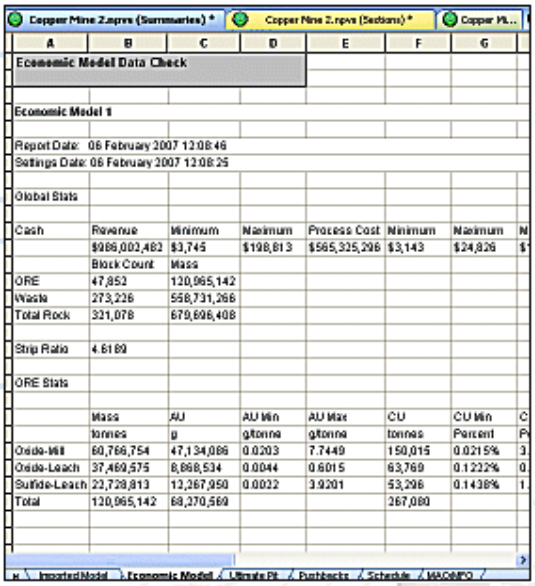
سطر Mill و سطرLeach : دو سطر باقيمانده را بدون تغيير رها كنيد.

۱۹. از ليست ارتفاعي پله ها گزينه [8(2220.00] را انتخاب نمائيد.

۲۰. OK را كليك نموده و در نوارکنترل Tasks Pane در گروه **Economic Model**گزينه Run را كليك كنيد.

۲۱. پس از ايجاد شدن مدل اقتصادي، ميتوانيد خلاصه اطلاعات مدل اقتصادي را با انتخاب برگ نشان Summaries (كه در بالاي برگ نشان تحت عنوان 'Copper Mine 2.npvs (Summaries)' نمايش داده ميشود) مشاهده كنيد.

۲۲. پس از كليك بر روي برگ نشان *Summaries*، بر روي برگ نشان *Economic Model* كه در پائين ناحيه مورد نمايش قرار دارد كليك كنيد.



Economic Model Data Check

Economic Model 1

Report Date: 06 February 2007 12:08:46
Settings Date: 06 February 2007 12:08:25

Global Stats

Cash	Revenue	Minimum	Maximum	Process Cost	Minimum	Maximum	M
	$986,002,482	$3,745	$198,813	$565,325,296	$3,143	$24,826	$
	Block Count	Mass					
ORE	47,852	120,965,142					
Waste	273,226	558,731,266					
Total Rock	321,078	679,696,408					
Strip Ratio	4.6189						

ORE Stats

	Mass	AU	AU Min	AU Max	CU	CU Min	C
	tonnes	g	g/tonne	g/tonne	tonnes	Percent	P
Oxide-Mill	60,766,754	47,134,086	0.0203	7.7449	150,015	0.0215%	3
Oxide-Leach	37,469,575	8,868,534	0.0044	0.6015	63,769	0.1222%	0
Sulfide-Leach	23,728,813	12,267,950	0.0022	3.9201	53,296	0.1438%	1
Total	120,965,142	68,270,569			267,080		

تمرین: تنظیمات گزارش:

در حالت پیش فرض تمامي گزارشات با قالبي استاندارد نمایش داده میشوند مگر اینکه کاربر خود بخواهد نحوه نمایش يك گزارش را تغییر دهد. بنابراین در چنین مواردي لازم است از قبل قالب گزارش را تغییر دهید تا در زمان گزارش گیري قالب مورد نظر وي در گزارش ظاهر گردد. در این تمرین میخواهیم این کار را براي گزارش پیت نهائي انجام دهیم.

۱.از منو Tools دستور Report Options را انتخاب کنید.

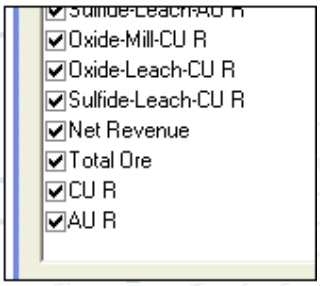
۲.حال در پنجره Report Options اطمینان حاصل کنید که در چهارچوب Categories گزینه [Standard Report Template] انتخاب شده باشد. گزینه Incremental Data را انتخاب نموده و More options را کلیك کنید.

۳.در پنجره Report Item Options از Add Formula استفاده کنید تا فرمول زیر را تعریف کنید (این فرمول بصورت پیش فرض وارد شده است). پس از وارد نمودن هر فرمول، **OK** را کلیك کنید.

- =Revenue-Processing Cost-Mining Cost-Capital Costs
- =Oxide-Mill+Oxide-Leach+Sulfide-Leach
- =Oxide-Mill-CU R+Oxide-Leach-CU R+Sulfide-Leach-CU R
- =Oxide-Mill-AU R

۴.حال فرمول ۱ را انتخاب نموده، دکمه Add Field را کلیك کنید و در چهارگوشه Field Label کلمات 'Net Revenue' را تایپ کنید. **OK** را کلیك کنید.

۵.اینکار را براي فرمولهاي باقیمانده با برچسبهاي "Total Ore"، "CU R" و "AU R" تکرار کنید. دقت کنید که ستونهاي جدید به لیست *Check fields to include...* اضافه میشوند. براي دیدن آنها بایستي به پائین لیست مراجعه کنید.



۶.با برداشتن تیك مربوطه تمامي فیلدهاي موجود در لیست *Check fields to include...* بجز فیلدهاي زیر را (جهت نمایش در گزارش) از حالت انتخاب خارج کنید. با استفاده از کلیدهاي جهتي بر روي صفحه کلید ترتیب این فیلدها را نیز مطابق با لیست زیر تغییر دهید.

- NPV
- Net Revenue
- Revenue
- Processing Cost
- Mining Cost
- Capital Costs
- Rock
- Total Ore
- oxide-Mill
- oxide-leach
- sulfide-leach
- CU-R
- AU-R

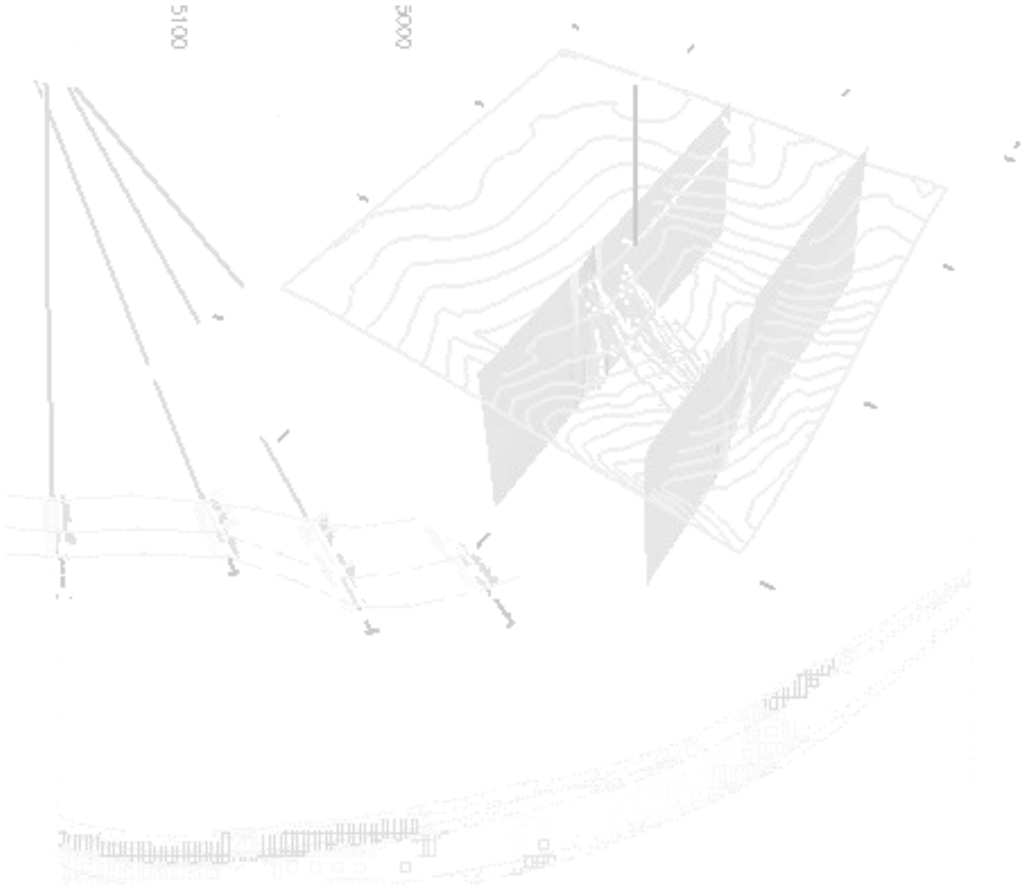
۷.OK را کلیك کنید.

۸.حال ابتدا به پنجره Report Options بازگشته، چهارگوشه Cumulative Data را انتخاب نموده و More Options را کلیك کنید تا تنظیمات فعلي گزارش را مشاهده کنید. حال OK را کلیك کنید تا به Report Options بازگردید.

۹.متن داخل چهارگوشه Categories را به [Final Pit and Phases] تغییر دهید. با برداشتن تیك مربوطه، Incremental Data را از حالت انتخاب خارج کنید.

۱۰.در پنجره Report Options دکمه OK را کلیك کنید تا به عملیات تغییر قالب گزارش خاتمه دهید.

۱۱.پروژه خود را ذخیره کنید.



Optimizing the Pit
Setting up and running pit optimization

بهينه سازي پيت:

در اين تمرين نحوه انجام تنظيمات اوليه و اجراي تابع بهينه سازي پيت را تمرين نموده، به نحوه بكارگيري گزارش و مشاهده داده ها مي پردازيم.

پيش نيازها:

- **پيش از شروع انجام اين تمرين لازم است تمرين مربوط به ايجاد مدل اقتصادي را انجام داده باشيد.**

تمرين: تعريف شيب معدن در نواحي مختلف:

۱. در نوارکنترل Task Pane (در همان صفحه Optimization) گروه Ultimate Pit را باز نموده و ساير گروهها را ببنديد. گزينه Define Slope Regions را كليك كنيد.

۲. در پنجره Make 3D Regions گزينه [Imported 2D Slope Regions 1] را در جعبه بالائي كليك كنيد. ساير پارامترها را دست نخورده رها كنيد (no surfaces) و OK را كليك كنيد.

۳. صبر كنيد تا در نوار وضعيت پائين صفحه، پيغام اتمام عمليات را مشاهده كنيد.

تمرين: تنظيم پارامترهاي بهينه سازي پيت

۱. در نوارکنترل Task Pane گزينه Settings را كليك كنيد.

۲. در پنجره Time ميزان "Annual discounting" را به 15%، و گزينه "Average ore output rate" را به 6,000,000 تن در سال تنظيم نمائيد.

اين پارامترها در پيت نهائي لرچ- گريسمان نقشي ندارند و تنها در محاسبه توالي بهينه استخراج و ميزان NPV موثر هستند.

۳. در پنجره Ultimate Pit گزينه Maximize cash flow را انتخاب كنيد.

دقت کنیدکه کاربر قادر است بعنوان پیت نهائي معدن، يك سطح مشخص از قبل تعيين شده را نيز تعريف نمايد.

بعلاوه کاربر قادر است استراتژي بدست آوردن پيت نهائي را ماکزيمم cash flow قرار ندهد بلکه با انتخاب گزينه "Maximum Resource" از نرم افزار بخواهد پيتي با گنجايش تمامي بلوکهاي ماده معدني موجود را بعنوان پيت نهائي در نظر بگيرد.

۴. در پنجره Sequencing گزينه هاي Optimize NPV و Use price factors را انتخاب نمائيد. مقادير پيش فرض Maximum revenue factor و Incremental factor را همان 100% و 1% بپذيريد.

فازهاي استخراجي را ميتوان بر اساس فاکتور سود، فاکتور قيمت يا فاکتور هزينه معدنکاري پارامتري نمود. دو گزينه فاکتور قيمت و فاکتور هزينه معدنکاري براي آناليز حساسيت سنتي مفيد هستند. پيشنهاد ميشود زمانيکه هدف اصلي بدست آوردن توالي خوب استخراج است از پارامتري کردن فازهاي استخراجي بر اساس هزينه هاي معدنکاري استفاده نکنيد.

در موافعي که برداشت ماده معدني منوط به امتزاج عناصر يا انواع مختلف سنگ باشد، ميتوانيد با انتخاب گزينه Optimize Blending از نرم افزار بخواهيد که توالي استخراج را بر اساس نيازمنديهاي امتزاج عناصر يا سنگهاي مختلف بهينه نمايد.

۵. در پنجره Slopes گزينه [Imported NPVS 2D Slope Regions 1] را جعبه متن Select slope region انتخاب نمائيد. در اين حال برچسبهاي تعيين شده براي نواحي مختلف شيب معدن ([Northern], [Central], [Southern] و[Outside All]) در جعبه پائيني پديدار خواهند شد.

۶. [Northern] را انتخاب نموده و Parameters را کليك کنيد.

۷. در پنجره Define Slopes for Northern گزينه Calculate را کليك کنيد. در پنجره Find Best Slope Filter ميزان زاويه شيب (Slope angle) را بر حسب درجه به '49' تنظيم نموده و Calculate را کليك کنيد. به نتايج بدست آمده دقت کنيد.

دقت کنيد که ليست پيشنهادي بهترين فيلتر با ميزان خطاي بهينه، تنها براي موافعي استفاده ميشود که براي کل يك ناحيه يا کل معدن در تمامي آزيموتها يك شيب کلي تعريف کنيم. در تعريف شيبهاي متفاوت با توجه به آزيموتهاي مختلف (امکان تعريف ۲۰ شيب مختلف (بين ۰ تا ۹۰ درجه) براي آزيموتهاي ۰ تا ۳۵۹ درجه) براي معدن، جهت تعيين بهترين فيلتر با خطاي بهينه بايستي پس از وارد نمودن مقدار شيبها در آزيموتهاي مختلف با رجوع به قسمت Check Slopes و مشاهده گزارش مربوطه به بازبيني شيب هاي انتخابي پرداخته و شيب مناسب با بهترين فيلتر و کمترين خطا را پذيرفت.

در تعيين شيب معدن به موارد زير دقت كنيد:

با توجه به هندسه مربعي مدل بلوكي و شيب ثابت در تمامي يك ناحيه يا كل معدن بايستي ابعاد يك فيلتر بهينه در جهت X و Y تعيين شوند تا ميزان شيب در اين ابعاد بلوك اعمال شود. مثلا براي يك مدل بلوكي با سلولهاي مربعي شكل اعمال شيب ۴۵ درجه حتي با ابعاد فيلتر ۱*۱ نيز ميسر است. اما از انجا كه ما از روش لرچ-گريسمان استفاده مي كنيم، ابعاد اين فيلتر را ۸*۸ در نظر مي گيريم. هر چه ابعاد فيلتر بزرگتر انتخاب شوند صحت شيب بدست آمده بيشتر و خطاي شيب كمتر است در حاليكه انجام عمليات زمانبرتر خواهد بود. نرم افزار امكان انتخاب فيلتري با ابعاد بين ۸ تا ۱۰، كمتر از ۲۰، كمتر از ۳۰، كمتراز ۴۰ و كمتر از ۵۰ را در اختيار كاربر قرار ميدهد.

مهمترين فاكتور موثر در زمان اجراي تابع بهينه كننده پيت، ابعاد فيلتر شيب است. فيلترهاي بزرگتر زمان اجرا را بطور قابل ملاحظه اي افزايش ميدهند. از اين منظر بهتر است از فيلتر با ابعاد بيش از ۲۰ مگر در مواردي كه كاملا ضرورت داشته باشد، احراز كنيد. خطاي شيب زير ۰.۵ درجه معمولا قابل قبول است و خطاي زير ۰.۱ درجه ناچيز و بي اهميت تلقي ميشود.

بخاطر استفاده از روش لرچ-گريسمان، پيشنهاد ميكنيم از انتخاب ابعاد فيلتر كمتر از ۸ احراز شود.

۸. به Define Slopes for Northern بازگشته و ۱۳*۱۳ را بعنوان ابعاد فيلتر شيب وشيب ۴۹ درجه را در آزيموت صفر وارد كنيد.

۹. به پنجره Slopes بازگشته و ناحيه شيب مركزي [Central] را انتخاب كنيد. شيب ۴۵ درجه با فيلتر ۸ را براي آن تنظيم كنيد.

۱۰. به پنجره Slopes بازگشته و ناحيه شيب جنوبي [Southern] را انتخاب كنيد. شيب ۴۲ درجه با فيلتر ۱۱ را براي آن تنظيم كنيد. ميتوانيد از [NoName] صرفنظر كنيد زيرا براي اين ناحيه جائي باقي نمي ماند.

۱۱. در پنجره Options گزينه [Imported NPVS Pit Limits 1] را از جعبه متن Pit Limits انتخاب كنيد. OK را براي بسته شدن پنجره كليك كنيد.

۱۲. فايل را ذخيره كنيد.

۱۳. در نوارکنترل Task Pane گزينه Run را كليك كنيد و منتظر بمانيد تا بهينه سازي پيت تمام شود. به متني كه در پنجره خروجي Optimization Progress نمايش داده ميشود دقت كنيد.

تابع بهينه ساز پيت (Pit Optimizer) نرم افزار، پيت نهائي، فازهاي لرچ-گريسمان و توالي استخراج بهينه را ايجاد ميكند. خروجي اين قسمت (با توالي استخراج بهينه) در حقيقت ورودي تابع ايجاد كننده وهله هاي استخراجي (Pushback Generator**) است.**

تمرين: بررسي نتايج

۱. پس از اتمام كار به گزارشي كه بطور خودكار در آخرين پنجره گزارش ايجاد ميگردد دقت كنيد (چنانچه براي اولين بار بر اساس تمرينات اين متن پيش مي رويد، تنها يك برگ نشان در پنجره گزارشها وجود دارد). ممكن است اين گزارش در مواردي كه اين گزارش با گزارش مشابه جديدتري بازنويسي ميشود يا پس از تغيير قالب گزارش، بطور خودكار نمايش داده نشود. در چنين مواردي ميتوانيد نمايش اين گزارش را فعال كنيد. براي اين كار در گروه Standard report از صفحه Tasks Pane Report بر روي فرمان LG Phases كليك كنيد.

۲. به خلاصه پيت نهائي كه نشاندهنده پيت كليدي و برخي آمار مربوط به توالي بهينه استخراج است دقت كنيد.

۳. در پنجره Project Data گزينه Surfaces را كاملا باز نموده بر روي گزينه [Optimized Pits_2] كليك راست نموده و View را از منو نمايش داده شده انتخاب كنيد. تنظيمات پيش فرض در پنجره Show Surface را پذيرفته و منتظر بمانيد تا سطوح در پنجره Plot View بارگذاري شوند. در روشي ديگر ميتوانيد به برگ نشان Visualize نوارکنترل Tasks Pane رفته و درگروه Surfaces بر روي LG Phases كليك كنيد.

در برگ نشان Visualize **از نوارکنترل** Tasks Pane**، گزينه هاي نمايشي ديگري نيز وجود دارند.**

۴. نوارابزار Animation را مطابق شكل زير مستقر كنيد.



سطوح به شكل سطح يا خطوط تراز ديده ميشوند. زمانيكه موس را بر روي هر يك از نمايه هاي موجود در اين نوارابزار حركت ميدهيد، عملكرد آن نمايه در نوار زردرنگ كنار آن نمايش داده ميشود. ميتوان انيميشن مربوط به سطوح را اجرا كرد، از سطحي به سطح ديگر رفت، سطح بخصوصي را انتخاب كرد، راهنماي بخصوصي را انتخاب كرد، از حالت نمايش سطوح به حالت نمايش خطوط تراز يا برعكس رفت، تنظيمات خطوط تراز را تغيير داده يا سطح بخصوصي را از نرم افزار خارج كرده به قالبهاي ديگري تبديل كرد. انجام برخي از اين كارها از طريق منو جهنده در صفحه نيز ميسر است.

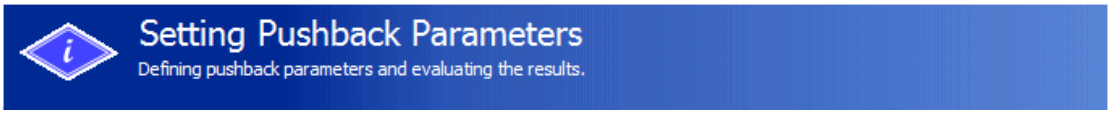
۵. سطوح بدست آمده را با استفاده از منو جهنده یا نوارابزار موجود بررسي كنيد. سعي كنيد به ديد پلان و مقاطع مختلف برويد. دقت كنيد كه در حالت Layout Mode نباشيد. چنانچه دراين حالت ويرايشي باشيد بايستي با كليك راست از منو جهنده ظاهر شده تيك مربوط به اين حالت را برداريد.

چنانچه مايل باشيد فازهاي لرچ-گريسمان را بعنوان بخشي از مدل بلوكي مشاهده كنيد، ميتوانيد با انتخاب فرمان Result Model از نوارابزار Tools و سپس انتخاب OK در Data Items اقدام به ايجاد و خارج نمودن فايل تركيبي نمائيد. فايل ايجاد شده را در پنجره Project Data انتخاب و با كليك راست گزينه View را كليك كنيد.

۶. همانند شكل زير نوارابزار Chart را مستقر كنيد.



۷. گزينه LG Phases Report را از ليست اين نوارابزار انتخاب (همانند مثال شكل بالا "Scheduler Report") نموده و را كليك كنيد.



تنظيمات ايجاد وهله هاي استخراجي:

در اين بخش از خروجي تابع بهينه ساز پيت كه در آن توالي بهينه استخراج بلوكها در نظر گرفته شده است استفاده نموده به ايجاد وهله هاي استخراجي مي پردازيم. توجه كنيد كه تابع ايجادكننده وهله هاي استخراجي، توالي بهينه استخراج مخصوص به خود را در نظر گرفته و اعمال ميكند.

پيش نيازها:

- **براي انجام اين تمرين بايستي تمرين قبل يعني بهينه سازي پيت را مطالعه كرده باشيد.**

تمرين: تنظيم پارامترهاي ايجاد وهله هاي استخراجي:

۱. در صفحه Optimization از نوارکنترل Task Pane گروه Pushbacks را بطور كامل باز نموده و ساير گروهها را ببنديد. گزينه Settings را كليك كنيد.

۲. در پنجره All Pit Options گزينه [Ultimate Pit] را بعنوان پيت نهائي معدن انتخاب كنيد، مقدار ۱۰ را بعنوان حداكثر تعداد وهله هاي استخراجي وارد كرده جعبه انتخاب Make last pushback equal to final pit limits را تيك بزنيد. پارامترهاي پيش فرض Pushback boundary adjustments را قبول كنيد.

۳. در برگ نشان Size Control مقدار Control variable (Total ORE) را به ۶۰۰۰۰۰۰ تنظيم نمائيد و OK را كليك كنيد.

به ساير پارامترهاي موجود در پنجره Size Control دقت كنيد. گزينه Bench Limit اين امكان را به شما ميدهد كه عمق يك وهله استخراجي را محدود به عمق بخصوصي كنيد. گزينه Adjustments نيز به كاربر امكان ميدهد تا يك محدوده را كه قبلا ترسيم گرديده براي تغيير شكل يا موقعيت يك وهله استخراجي در نظر بگيرد.

۴. در نوارکنترل Task Pane بر روي گزينه Run كليك كنيد و منتظر بمانيد تا نرم افزار مراحل كار را انجام دهد.

۵. نتايج را مطابق با آنچه در تمرين قبل تجربه كرديد، بررسي نمائيد.

تمرين: ارزيابي نتايج

۱. به گزارشي كه در آخرين پنجره صفحه گزارشات (Latest Report) ارائه ميشود دقت كنيد. ممكن است اين گزارش در مواردي كه اين گزارش با گزارش مشابه جديدتري بازنويسي شود يا پس از تغيير قالب گزارش، بطور خودكار نمايش داده نشود. در چنين مواردي ميتوانيد نمايش اين گزارش را فعال كنيد. براي اين كار در گروه Standard report از صفحه Tasks Pane Report بر روي فرمان Pushbacks كليك كنيد.

۲. به خلاصه وهله هاي استخراجي كه نشاندهنده پيت كليدي و برخي آمار مربوط به توالي بهينه استخراج است دقت كنيد.

۳. در پنجره Project Data گزينه Surfaces را بطور كامل باز كنيد. گزينه [Pushbacks_3] را انتخاب نموده و با كليك راست بر روي آن گزينه View را انتخاب كنيد.

۴. تنظيمات پيش فرض پنجره Show Surface را پذيرفته و منتظر بمانيد تا سطوح در پنجره Plot View بارگذاري شوند. يا ميتوانيد به برگ نشان Visualize از نوارکنترل Task Pane رفته و در گروه Surfaces گزينه Pushbacks را كليك كنيد. براي ادامه كار و مشاهده اطلاعات، بر اساس آنچه در بخش بهينه سازي پيت در تمرين قبل بيان شد عمل كنيد.

چنانچه مايل باشيد وهله هاي استخراجي را بعنوان بخشي از مدل بلوكي مشاهده كنيد، ميتوانيد با انتخاب فرمان Result Model از نوارابزار Tools و سپس انتخاب OK در Data Items اقدام به ايجاد و خارج نمودن فايل تركيبي نمائيد. فايل ايجاد شده را در پنجره Project Data انتخاب و با كليك راست گزينه View را كليك كنيد.

۵. نوارابزار Chart را مستقر كنيد.گزينه[Pushbacks Report] را از ليست اين نوارابزار انتخاب نموده و را كليك كنيد.

۶. از منوها گزينه Chart | Variables را انتخاب كنيد.

۷. در پنجره Select Variables to Chart بر روي گزينه [Pushbacks Report 3] دوبار كليك كنيد تا بطور كامل باز شود. در دسته *Incremental Data* گزينه *NPV* را كليك كرده و دكمه Add را بزنيد. در قسمت Show گزينه [Rock@Cumulative Data@Pushbacks Report 3] را انتخاب نموده و دكمه Remove را بزنيد. حال OKرا كليك كنيد.



بهينه كردن برنامه زمان بندي :

ارائه برنامه زمان بندي در طراحي معدن، نقطه نهائي رسيدن به اهداف معدنكاري تلقي ميشود. در اين تمرين هدف ما بيشينه كردن ارزش خالص فعلي معدن است. با اينحال ميخواهيم خوراك آسياها ثابت و معادل ۳۷۵۰۰۰۰ تن سنگ اكسيدي در سال بوده و ظرفيت سالانه استخراج از ۹۰۰۰۰۰۰ تن در سال تجاوز نكند. ميخواهيم مطمئن باشيم خوراك آسياها هميشه و به موقع تامين شود.

براي اينكه نرخ معدنكاري را تحت كنترل داشته باشيم تابع هدفي بنام "Mining Ratio" تعريف مي كنيم كه نسبت همه مواد استخراج شده بجز مواد خوراك آسياها به مواد خوراك آسياها است. توجه داشته باشيد كه مي توانستيم قيد نرخ معدنكاري را مستقيما بعنوان تابع هدف تعريف كنيم اما بنا به دلائل محاسباتي استفاده از توابع هدفي كه بصورت نسبي تعريف ميشوند بر توابع ديگر مقدم است.

پيش نيازها:

- **براي انجام اين تمرين بايستي تمرين قبل يعني تنظيم و ايجاد وهله هاي استخراجي را مطالعه كرده باشيد.**

تمرين: تنظيم پارامترهاي برنامه زمان بندي

۱. در صفحه Optimization از نوارکنترل Tasks Pane گروه Scheduler را بطور كامل باز كنيد و ساير گروهها را ببنديد. گزينه Settings را كليك كنيد.

به ساير فرامين موجود در اين گروه دقت كنيد:

- **فرمان** Pushback File **به كاربر امكان ميدهد تا توالي استخراج پيت را به گونه اي متفاوت از خروجي پيش فرض تابع ايجاد كننده وهله هاي استخراجي (**Pushback Generator**) ايجاد كند. بعنوان مثال ميتوانيد يك وهله استخراجي را به نرم افزار وارد نموده و استفاده كنيد. بعلاوه امكان استفاده از توپوگرافي اوليه اي متفاوت از توپوگرافي مورد استفاده در تابع بهينه ساز پيت را فراهم مي سازد.**
- **فرمان** Haulage Info **براي تعيين پارامترهاي تحليل باربري مورد استفاده قرار مي گيرد. براي اطلاعات بيشتر پيرامون تحليل باربري به خودآموز مربوطه مراجعه كنيد.**
- **فرمان** Capital Costs **براي تعيين پارامترهاي مختلف هزينه هاي سرمايه اي براي برنامه ريز (**Scheduler**) و** MAO/MFO **مورد استفاده قرار مي گيرد. براي اطلاعات بيشتر به خودآموز هزينه هاي سرمايه اي مراجعه كنيد.**

۲. در پنجره Time گزینه [oxide-Mill] را انتخاب و Edit راکلیك کنید. حال مقدار Consumption Rate را معادل ۳۷۵۰۰۰۰ تن در سال قرار دهید. در پنجره Time تمامي داده هاي موجود در ستون Attribute را پاك کنید. این ستون بایستي فقط دربردارنده [oxide-Mill] باشد.

۳. در پنجره Targets گزینه Add را کلیك کنید.

۴. در پنجره Define Target :

a. در ستون Label عبارت 'Mining Ratio' را تایپ کنید.

b. گزینه [Ratio] را بعنوان نوع تابع هدف انتخاب کنید.

c. در شبکه Target variable definition در سطر سنگ (Rock) عدد یك را بعنوان صورت کسر (Numerator) وارد کنید. در سطر oxide-Mill عدد منفي یك را بعنوان صورت کسر و عدد یك را بعنوان مخرج کسر (Denominator) وارد کنید.

d. دکمه Display را کلیك کنید تا مطمئن شوید نسبت نرخ معدنکاري (Mining Ratio) بصورت ((Rock) – (oxide-Mill)) / (oxide-Mill) تعریف شده باشد.

e. در Bounds and target values by time محتویات اولین سطر را بصورت زیر تغییر دهید.

Target: 1.23, Minimum: 1.0, Maximum: 1.3

f. OK را کلیك کنید.

۵. به پنجره Targets بازگشته و تیك مربوط به هدف [Strip] را بردارید یا با انتخاب آن و زدن دکمه Delete تمامي هدف را پاك کنید.

به سایر فرامین موجود در این پنجره دقت کنید:

- **میتوانید تابع اولیه (Primary objective) را تغییر دهید به این معنا که میزان نیل به هدف اولیه است که حتي الامکان به بیشینه ممکنه میرسد.**
- **بعلاوه میتوانید Maximum sinking rate را تنظیم کنید که نرم افزار بیشینه برداشت از وهله استخراجي مورد نظر را حتما در تعیین برنامه زمان بندي اعمال میکند.**
- **در نهایت قادر هستید وهله هاي استخراجي را تعیین کنید که استخراج آنها قبل از تاریخ بخصوصي شروع نشود.**

۶. در پنجره Parameters پارامترهاي موجود را بطور پيش فرض بپذيريد:

a. Maximum rock mass in an activity: 2
b. Maximum time to complete an activity: 2
c. Maximum number of benches in one activity: 3
d. Search extent: 2
e. Search breadth: 2

f. Restart را انتخاب كنيد.

براي كسب اطلاعات بيشتر پيرامون پارامترهاي مرتبط با برنامه زمان بندي ميتوانيد به مستندات مرتبط نرم افزار (Scheduler Essentials) مراجعه كنيد. گزينه Reschedule from period به كاربر امكان ميدهد تا در برنامه ريزيهاي مشكل و پيچيده برنامه اي را كه از قبل تعريف شده تغيير دهد.

۷. به برگ نشان Pushback Dependencies دقت كنيد. در اين پنجره ميتوانيد وابستگيهاي بين وهله هاي استخراجي را به دلخواه تغيير دهيد. در اين پنجره تغييري ايجاد نكنيد.

۸. OK را كليك كنيد تا پنجره تنظيمات بسته شود. تغييرات را ذخيره كنيد.

۹. در نوارکنترل Tasks Pane بر روي گزينه Run كليك كنيد و منتظر بمانيد تا فرآيند بهينه سازي پيت تمام شود. به پيغامهائي كه در پنجره خروجي Optimization Progress ظاهر ميشوند توجه داشته باشيد.

تمرين: ارزيابي نتايج

۱. به گزارشي كه بطور خودكار در آخرين پنجره گزارشات (Latest Report) ظاهر ميشود دقت كنيد. ممكن است اين گزارش در مواردي كه اين گزارش با گزارش مشابه جديدتري بازنويسي شود يا پس از تغيير قالب گزارش، بطور خودكار نمايش داده نشود. در چنين مواردي ميتوانيد نمايش اين گزارش را فعال كنيد. براي اين كار در گروه Standard report از صفحه Tasks Pane Report بر روي فرمان Schedule كليك كنيد.

۲. از منو Tools گزينه Report Options را انتخاب كنيد:

a. در چهارگوشه Categories گزينه Schedules را انتخاب كنيد.

b. تيك مربوط به Incremental Data by Pushback را بزنيد.

c. More Options را كليك كنيد.

d. در پنجره Report Item Options با برداشتن و زدن تیك مربوطه تمامي گزينه ها بجز [Revenue]، [Rock]، [NPV]، [oxide-Mill]، [Mining Ratio] را از انتخاب خارج كنيد. OK را كليك كنيد.

e. در Report Options نيز OK را كليك كنيد و تغييرات را ذخيره نمائيد.

۳. در صفحه گزارشان نوارابزار Tasks Pane در گروه Standard report فرمان Scheduler را نمايش داده و انتخاب كنيد. به گزارش جديد دقت كنيد.

۴. به خلاصه برنامه زمان بندي دقت كنيد كه برنامه زمان بندي كليدي و نيز پارامترهاي آماري توالي بهينه استخراج را نمايش ميدهد.

۵. در پنجره Project Data گزينه Surfaces را بطور كامل باز كنيد. گزينه Schedules_4 را انتخاب و با كليك راست بر روي آن گزينه View را از منو ظاهر شده انتخاب كنيد. در پنجره Show Surface تمامي اطلاعات پيش فرض را پذيرفته و منتظر بمانيد تا سطوح در پنجره نمايش بارگذاري شوند. يا ميتوانيد به برگ نشان Visualize از نوارکنترل Task Pane رفته و در گروه Surfaces گزينه Scheduler Pits را كليك كنيد. براي ادامه كار و مشاهده اطلاعات، بر اساس آنچه در بخش بهينه سازي پيت در تمرين قبل بيان شد عمل كنيد.

چنانچه مايل باشيد پيت داراي برنامه زمان بندي استخراج را بعنوان بخشي از مدل بلوكي مشاهده كنيد، ميتوانيد با انتخاب فرمان Result از نوارابزار Tools اقدام به ايجاد و خارج نمودن فايل تركيبي نمائيد. فايل ايجاد شده را در پنجره Project Data انتخاب و با كليك راست گزينه View را كليك كنيد.

۶. همانند شكل زير نوارابزار Chart را مستقر كنيد. [Scheduler Report] را انتخاب نموده و دكمه Add Chart را كليك كنيد.



۷. حال Chart | Variables to Show را كليك كنيد. سپس در پنجره Select Variables to Chart بر روي [Scheduler Report 4] دوبار كليك نمائيد تا بطور كامل باز شود. حال گزينه [Rock] را از شاخه Incremental Data انتخاب نموده و دكمه Add را كليك كنيد. براي برداشتن تمامي گزينه هاي ديگر از پنجره Show از دكمه Remove استفاده كنيد. OK را كليك كنيد.

Optimizing Mine Flow
Exercises to help understand mine flow optimization

بهينه كردن روند جريان مواد معدني :

در بهينه سازي روند جريان مواد معدني، به دنبال راههائي مي گرديم كه بدون صرف هزينه هاي اضافي جهت طرحهاي توسعه و بالا بردن ظرفيت كارخانه فرآوري، (صرفا با بالابردن روند استخراج مواد از معدن) به بالاتر رفتن ميزان ارزش خالص فعلي پروژه كمك كنيم. با افزايش نرخ توليد، ماده معدني بيشتري توليد ميشود كه ميزان آن فراتر از ظرفيت پذيرش كارخانه فرآوري است و بايستي به روش ديگري بجز روش اصلي بهينه فرآوري، فرآوري شده (روش دوم فرآوري) يا جهت فرآوري در آينده، در انبارهاي ذخيره دامپ شود يا بعنوان باطله در دامپهاي باطله ريخته شود. بالابردن ميزان توليد در سالهاي اوليه معدنكاري موجب بالارفتن كاذب عيار حد توليدي براي روش اول و بهينه فرآوري شده، كه در اين صورت درآمد حاصله در سالهاي اوليه توليد افزايش يافته و نهايتا ارزش خالص فعلي پروژه افزايش مي يابد. اين بدين علت است كه درآمد حاصله در سالهاي اوليه استخراج، نسبت به درآمد سالهاي آخر استخراج تاثير بيشتري بر ميزان ارزش خالص فعلي پروژه دارد. به زبان ساده تر ميتوان گفت زماني كه جريان روند استخراج به خوبي مديريت شود، ارزش خالص فعلي بيشتر شده، سالهاي سود معدن كمتر (بخشي از ماده معدني بعنوان باطله تلقي ميشود) و نهايتا عمر معدن نيز كاهش مي يابد.

در اين تمرين فرض ما بر اين است كه ظرفيت آسياها ثابت بوده (۳۷۵۰۰۰۰ تن در سال) و ظرفيت ليچينگ بي نهايت است. فرض ديگر اين است كه مواد اكسيدي را ميتوان ليچينگ نمود (نيازي به انبارداري مواد اكسيدي نداريم چراكه اين مواد فروشوئي شده و فرض كنيم ظرفيت ليچينگ بي نهايت است) و اينكه نرخ معدنكاري را ميتوان در صورت نياز به ۱۵۰۰۰۰۰۰ افزايش داد.

پيش نيازها:

- **براي انجام اين تمرين بايستي تمرين قبل يعني تنظيم و ايجاد برنامه زمان بندي استخراجي را مطالعه كرده باشيد.**

تمرين: تنظيم پارامترهاي روند جريان مواد معدني (MFO):

۱. از منو Tools گزينه Report Options را انتخاب كنيد:

- از بخش Categories گزينه MAO-MFO را انتخاب كنيد.

- هر سه گزينه موجود در ليست گزارش را بررسي نموده و OK را كليك كنيد.

۲. در نوار كنترل Task Pane در صفحه Optimization گروه *Allocation & Flow* را باز نموده و ساير گروهها را ببنديد. حال گزينه Settings را كليك كنيد.

۳. در پنجره Mine Inputs گزينه [oxide] را انتخاب نموده، گزينه Total value of all products را تيك زده و در شبكه زيرين تنظيمات زير را انجام دهيد:

- **AU**: ۰.۱ براي Min Grade و ۵ براي Max Grade
- **CU**: ۰.۱۲ براي Min Grade و ۲.۸ براي Max Grade
- تعداد كلاسهاي عياري را به ۲۰ تنظيم كنيد.

در مواد اكسيدي هم طلا و هم مس در ميزان درآمد موثر هستند بنابراين گزينه انتخابي همان مواد اكسيدي است و معيارهاي عياري براي هم مس و هم طلا تعريف ميشوند.

۴. در چهارچوب بالائي گزينه [sulfide] را انتخاب كنيد. تيك مربوط به گزينه Grade of selected element را زده و در ستون زيرين گزينه [CU] را انتخاب كنيد. مقدار كمينه آنرا معادل ۰.۱۴ و مقدار بيشينه آنرا معادل ۱.۲ قرار داده و تعداد كلاسهاي عياري را معادل ۱۵ قرار دهيد.

در مورد مواد سولفيدي چون تنها مس در ميزان درآمد موثر است تنها از مس استفاده كرديم.

۵. در پنجره Stockpiles گزينه [OXID SP] را به ليست Stockpiles اضافه كنيد. گزينه [oxide] را بعنوان نوع موادي كه بايد انبار شوند (Ore type to stockpile) انتخاب كنيد و ميزان ظرفيت انبار (Storage capacity) را معادل ۵۰۰۰۰۰۰۰ (عملا بي نهايت) قرار داده و هزينه جابجائي مجدد مواد (Rehandling cost) را معادل ۰.۵ دلار بر تن قرار دهيد. موارد ديگر را بدون تغيير رها نموده و دكمه Apply را كليك كنيد. (اما اطمينان حاصل كنيد كه برچسب [OXID SP] در ليست Stockpile انتخاب شده باشد)

۶. در پنجره Destinations گزينه Mill را انتخاب نمائيد. گزينه Deliver at or below the limit را انتخاب نموده و ۳۷۵۰۰۰۰ را وارد كنيد.

۷. در پنجره Destinations گزينه Leach را برگزيده و Unlimited capacity را انتخاب كنيد.

۸. براي *End Time* نيز عدد ۲۰۰ را تنظيم كنيد.

۹. OK را كليك كنيد تا پنجره بسته شود و از نوار ابزار Tasks Pane گزينه Run را كليك نمائيد.

تمرين: ارزيابي نتايج

۱. به گزارشي كه در آخرين پنجره صفحه گزارشات (Latest Report) ارائه ميشود دقت كنيد. ممكن است اين گزارش در مواردي كه اين گزارش با گزارش مشابه جديدتري بازنويسي شود يا پس از تغيير قالب گزارش، بطور خودكار نمايش داده نشود. در چنين مواردي ميتوانيد نمايش اين گزارش را فعال كنيد. براي اين كار در گروه Standard report از صفحه Tasks Pane Report بر روي فرمان MAO-MFO كليك كنيد.

۲. به خلاصه MAO/MFO كه نشاندهنده برنامه زمان بندي كليدي و برخي آمار مربوط به توالي بهينه استخراج است دقت كنيد.

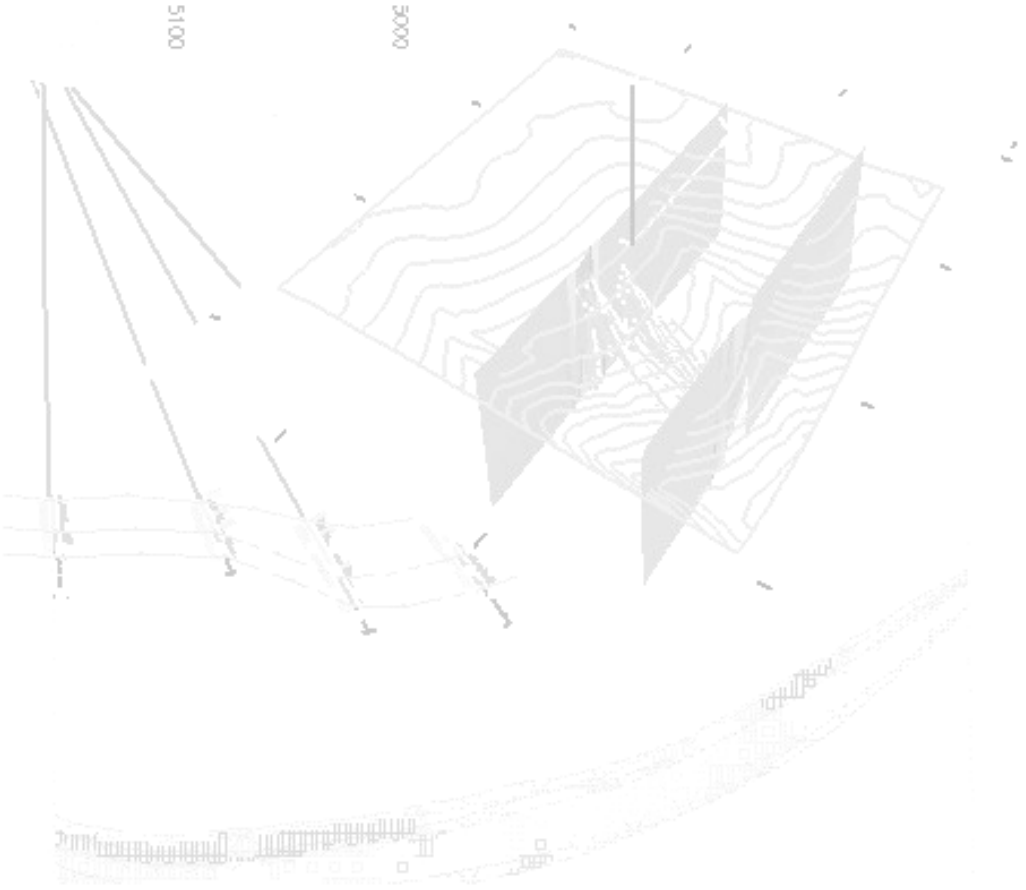
۳. در پنجره Project Data گزينه Surfaces را بطور كامل باز كنيد. گزينه [MFO Pits_5] را انتخاب نموده و با كليك راست بر روي آن گزينه View را انتخاب كنيد. در پنجره Show Surface تنظيمات پيش فرض را پذيرفته و منتظر بمانيد تا سطوح در پنجره نمايش بارگذاري شوند يا ميتوانيد به برگ نشان Visualize از نوارکنترل Tasks Pane رفته و در گروه Surfaces گزينه MFO Pits را كليك كنيد. براي ادامه كار مشابه با آنچه در تمرين بهينه سازي پيت بيان شد عمل كنيد.

۴. براي ايجاد دياگرام مربوطه گزينه Mine Flow Optimization Report را در نوارابزار Chart انتخاب نموده و مراحل كار را مشابه با تمرينات قبل اجرا كنيد.

۵. در پنجره Project Data گزينه MAO/MFO را باز نموده و [MFA results_5] را انتخاب كنيد. حال بر روي آن كليك راست نموده و از منو موجود گزينه View را انتخاب كنيد. مدل نمايش داده شده در پنجره نمايش، مدل اوليه ورودي است كه ستونهاي اضافه تري كه توسط MFO به آن اضافه شده نيز در آن وجود دارند. به ستونهاي زير كه به مدل اضافه شده اند دقت كنيد (به راحتي ميتوانيد بر اساس هر يك از اين ستونها قالبي ساخته، مدل را با آن رنگ آميزي و مشاهده كنيد) :

- **YEAR** (سال): نشاندهنده دوره زماني، معمولا سال استخراج هر بلوك
- **SEQ** (توالي): نشاندهنده موقعيت هر بلوك در توالي بهينه استخراج حاصل از MFO است
- **INPUT**: نشان ميدهد هر بلوك در زمان ارسال به كارخانه فرآوري از كجا آمده است. برچسب جنس سنگ نشان ميدهد بلوك مستقيما از معدن آمده و برچسب شماره يك انبار نشان ميدهد آن بلوك از آن انبار آمده است.
- **DEST** (مقصد): نشاندهنده مقصد هر بلوك است. كارخانه فرآوري يا شماره يك انبار

- **MCOST**: هزينه معدنكاري است.
- **PCOST**: هزينه فرآوري است.
- **CCOST**: هزينه سرمايه اي است. هزينه سرمايه اي كه قبل از معدنكاري هر بلوك صرف ميشود.



Material Allocation Optimizer
A tutorial describing the benefits of MAO

تخصيص بهينه مواد معدني :

نرم افزار بهينه ساز تخصيص منابع (MAO) بطور ويژه براي موادمعدني با مشخصات زير مورد استفاده قرار مي گيرد:

- ماده معدني بمنظور تهيه توليدات مختلف مورد امتزاج يا مخلوط شدن قرار مي گيرد. مثلا سنگ آهني كه از پيتهاي مختلف معدن استحصال ميشود براي انتقال به خريداران مختلف با نيازمنديهاي متفاوت، ابتدا بايستي بر اساس ميزان آهن، سيليس و اكسيد منيزيم موجود در سنگهاي مختلف مورد امتزاج قرار گيرد.
- ماده معدني توسط دو يا چند كارخانه مورد فرآوري قرار مي گيرد كه هر يك محدوديتهاي سخت گيرانه اي در مورد ميزان ناخالصيها دارند. مثلا دو كوره ذوب فلز داريم كه در هر يك ميزان ناخالصيها بايستي در يك محدوده مشخص باشد.

در اين تمرين، معدن فلزي را در نظر مي گيريم كه در آن ماده معدني پس از سنگ شكني وارد يكي از دو كوره ذوبي ميگردد كه هر يك هزينه ها و محدوده مجاز ناخاصي مخصوص به خود دارد. در اين تمرين ناخالصي ماده معدني AL2O3 وCAO است.

پيش نيازها:

- **فايلهاي مورد نياز براي انجام اين تمرين شامل فايل بلوك ماده معدني (*MAOModel.dm*) و فايل اتوكدي (*MAOPitLimits.dxf*) است. در حالت نصب استاندارد نرم افزار ميتوانيد اين فايلها را از مسير زير در رايانه پيدا كنيد.** C:\Database\NPVS
- **قبل از انجام اين تمرين لازم است كليه تمرينهاي قبلي را انجام داده باشيد.**

تمرين: آمايش داده ها

۱. پروژه جديدي در نرم افزار NPV Scheduler ايجاد نموده و فايل مدل بلوكي*MAOModel.dm* را با تخصيص فيلدهاي زير وارد آن نمائيد:

- *DENSITY* براي Density

- *ZONE* براي Rock Type
- METAL براي Product
- AL2O3 و CAO نيز بعنوان شناسه يا attributes
- نوع داده را براي *METAL* AL2O3 و CAO بعنوان percentages تعريف كنيد
- در صفحات بعد واحدها و گزينه هاي ممكنه را بطور پيش فرض بپذيريد
- زمانيكه پنجره **Rock Types** نمايش داده شد، كلمه "Sulfide" را براي rock code 1، كلمه "Dolomite" را براي rock code 2 و كلمه "Dyke" را براي rock code 3 تايپ كنيد. Sulfide را بعنوان ماده معدني (ore) وDolomite و Dyke را بعنوان باطله (waste) معرفي كنيد.

۲. مدل اقتصادي را با تنظيمات زير اجرا كنيد:

- *Options* : گزينه هاي "Attributes by ore type" و "Waste types" را با زدن تيك مربوطه انتخاب كنيد.
- *Prices* : قيمت METAL را به $250.00 و هزينه فروش را به صفر تنظيم كنيد.
- *Mining* : تمامي مقادير پيش فرض را بپذيريد
- *Sulfide* : مقدار"Mining CAF" را به ۲ تنظيم نموده و روش فرآوري ديگري به نام "Plant" با هزينه ۴ دلار بر تن ماده معدني و بازيابي ۰.۸ و هزينه اضافه فرآوري معادل ۱۵۰ دلار بر تن (اين مبلغ متوسط هزينه ذوب براي دو كوره است) اضافه كنيد.
- *Dolomite* : مقدار "Mining CAF" را به ۱.۵ تنظيم كنيد.
- *Dyke* : مقدار "Mining CAF" را به ۱.۲ تنظيم كنيد.
- **Run** را كليك كنيد.

۳. پيت نهائي را با تنظيمات زير اجرا كنيد:

- فايل *MAOPitLimits.dxf* را به نرم افزار وارد كنيد.

✓ گزينه [Boundaries] را از گروه *Data Import* نوارکنترل Task Pane انتخاب نموده و در پنجره **Choose Region Type** گزينه [NPVS Pit Limits] را انتخاب نمائيد.

✓ در پنجره **Project Data** گزینه [Imported Pit Limits] را پیدا کنید. بر روي آن كليك راست نموده و از منو ظاهر شده گزینه **View** را انتخاب کنید. ممکن است براي مشاهده کامل این محدوده لازم باشید گزینه *Section Clipping* را در پنجره **Model View** خاموش کنید.

✓ محدوده وسیع تري را انتخاب نموده، كليك راست کنید و از منو ظاهر شده گزینه **Edit Properties** را انتخاب کنید. در پنجره **Pit Limit Info** اطمینان حاصل کنید که [Pit Limit 1] بعنوان برچسب ناحیه مورد نظر نمایش داده میشود. نوع ناحیه را به [Pit Limit Include] تغییر داده و گزینه *Limiting bench* را به ۳۴ (پائین ترین پله) تنظیم کنید. لازم نیست حتما سایر محدوده ها را ویرایش کنید.

✓ پروژه را ذخیره کنید.

- *Tme* : متوسط نرخ تولید ماده معدني را به ۳ ملیون تن در ۳۶۵ روز و نرخ تنزیل را به ۱۰ درصد تنظیم کنید.
- *Ultimate Pit* : گزینه ماکزیمم جریان نقدینگي را انتخاب کنید.
- *Sequencing* : پارامترهاي پیش فرض را بپذیرید (بهینه کردن ارزش خالص فعلي و استفاده از فاکتور سود).
- *Slopes* : میزان شیبها را براي *One Global Region* به ۳۵ تنظیم نمائید و ابعاد فیلتر شیب را به همان حالت پیش فرض ۸ بپذیرید.
- *Options* : گزینه [Imported NPVS Limits 1] را بعنوان محدوده پیت انتخاب کنید.

۴.وهله هاي استخراجي (**Pushbacks**) را با تنظیمات زیر اجرا کنید:

- *All Pit Options* : تعداد حداکثر وهله هاي استخراجي (*Maximum number of pushbacks*) را به ۱۰ محدوده، حداقل فاصله بین محدوده هاي پیت (*Minimum distance between pit boundaries*) را به ۲۰ متر، حداقل باقیمانده ها بر اساس تعداد بلوك (*Minimum remnant area in block numbers*) را به ۵۰ و تصحیح محدوده پیت جهت هموارسازي (*Pit boundary correction for smoothness*) را به ۳ تنظیم کنید.
- *Size Control* : مقدار کل ماده معدني (*Total ORE*) را به ۳ ملیون تن تغییر دهید.

۵. زمانبند (**Scheduler**) را با تنظیمات زیر اجرا کنید:

- *Time* : مقدار *ORE* را به ۳ ملیون تن در سال تنظیم کنید.
- *Targets* : "Strip" را پاک کنید. "CAO T" = 100*CAO/ORE را اضافه نمائید که مقدار آن بایستي بین 1.70% و 1.75% باشد. "AL2O3 T" = 100*AL2O3/ORE را اضافه نمائید که مقدار آن بایستي بین 0.6% و 0.8% حفظ شود.
- *Parameters* : پارامتر *Maximum number of benches in one activity* را ۲ تنظیم نموده و سایر تنظیمات پیش فرض را بپذیرید.

تمرین: تنظیم پارامترهاي MAO

۱. از منو **Tools** گزینه **Report Options** را انتخاب کنید:

- در جعبه *Categories* گزینه [MAO-MFO] را انتخاب کنید.
- هر سه گزینه موجود در لیست اجزاء گزارش را بررسي نموده و **OK** را کلیك کنید.

۲. در نوار کنترل Task Pane (در صفحه Optimization) گروه *Allocation & Flow* را باز نموده سایر گروهها را ببندید. گزینه **Update Economics** را کلیك کنید.

- *Options* : *Use these settings* را انتخاب کنید.
- *Sulfide* : "Plant" را به "Plant A" تغییر نام دهید. *Additional processing cost* را براي Plant A به ۱۴۰ دلار بر تن METAL تغییر دهید. از لیست *For the method added next use parameters of* گزینه [Sulfide-Plant A] را انتخاب نموده و 'Plant B' را به لیست *Method* اضافه کنید. *Additional processing cost* را براي Plant B به ۱۷۰ دلار بر تن METAL تغییر دهید.

۳. در Task Pane گزینه **Settings** را کلیك کنید.

- *Mine Inputs* : *Grade of selected element* را انتخاب کنید. براي [AL2O3] منیمم را به 0.5% و ماکزیمم را به 1.4% تنظیم کنید. *Number of grade classes* را به ۱۱ تنظیم کنید.

در مثال ما *AL2O3*، ناخالصي مهمي است بنابراين ماده معدني را بر اساس اين ناخالصي كلاس بندي مي كنيم. در مثالهاي پيچيده تر استفاده از فرمول صريح با وجود عناصر مورد نظر گزينه بهتري است.

- *Stockpiles*: 'SULF SP' را به لیست *Stockpiles* اضافه کنید. [Sulfide] را بعنوان *Ore type to stockpile* انتخاب کنید. *Storage capacity* را به ۱۰ ملیون و *Rehandling cost* را به '0.5' دلار بر تن تنظیم کنید. سایر تنظیمات را دست نخورده رها نموده و **Apply** را کلیك کنید. (اطمینان حاصل کنید که برچسب SULF SP در لیست *Stockpile* انتخاب شده باشد)

- *Destinations* : [Plant A] را انتخاب کنید. [Deliver at or below the limit] را برگزینید و ۲ ملیون تن بر سال را بعنوان ظرفیت Plant A وارد کنید. دو نوع عیار کیفي براي Plant A اضافه کنید:

  ✓ **Add** را کلیك کنید و در پنجره **Define Target** کلمه 'CAO T' را بعنوان برچسب هدف تایپ کنید. [Rate per Year] را انتخاب و '1' را براي متغیر *Plant A_CAO_* وارد کنید. در ستون *Maximum* شبکه *Bounds and targets values* مقدار '1.8' را وارد نموده سایر سلولهاي شبکه را خالي رها کنید.

  ✓ **Add** را دوباره کلیك کنید و در پنجره **Define Target** کلمه 'AL2O3 T' را بعنوان برچسب هدف تایپ کنید. [Rate per Year] را انتخاب و'1' را براي متغیر *Plant A_AL2O3* وارد کنید. در ستون *Maximum* شبکه *Bounds and targets values* مقدار '0.7' را وارد نموده سایر سلولهاي شبکه را خالي رها کنید.

- *Destinations* : [Plant B] را انتخاب کنید. [Deliver at or below the limit] را برگزینید و ۱ ملیون تن بر سال را بعنوان ظرفیت Plant B وارد کنید. یك نوع عیار کیفي براي Plant B اضافه کنید. براي اینکار مشابه با قبل عمل کنید تنها در ستون *Maximum* شبکه *Bounds and targets values* مقدار '2' را وارد نمائید.

به تفاوتي که در تنظیم اهداف در *MAO* در مقایسه با *Scheduler* وجود دارد توجه کنید. اهداف کیفي در *MAO*، بر حسب تناژ بیان نمیشوند بلکه برحسب عیار بیان میگردند. بنابراین عبارت نیز *"Rate"*در اینجا به عیارها بر میگردد پس عبارت *"Rate"* میتواند براي تعریف نسبت عیارها (مثلا نسبت سیلیس) نیز بکار رود. تفاوت مهم دیگر در مفهوم این اهداف است. چنانچه در ستون ***Target*** عددي را قرار دهید، نرم افزار *MAO* به دنبال راه حل هائي مي گردد که دقیقا هدف مورد نظر را تامین کنند و از مقادیر ***Minimum*** و ***Maximum*** صرفنظر میکند. راه دیگر این است که از مقدار ***Target*** صرفنظر کنید و تنها یکي از مقادیر ***Minimum*** و***Maximum***، یا هر دو را تنظیم نمائید.

- **OK** را کلیك کنید تا پنجره بسته شود و در Task Pane بر روي **Run** کلیك کنید.

تمرين: ارزيابي نتايج

۱. به گزارشي كه بطور خودكار در آخرين پنجره گزارشات (**Last Report**) ظاهر ميشود دقت كنيد. (چنانچه براي اولين بار بر اساس تمرينات اين متن پيش مي رويد، تنها يك برگ نشان در پنجره گزارشها وجود دارد). ممكن است اين گزارش در مواردي كه اين گزارش با گزارش مشابه جديدتري بازنويسي ميشود يا پس از تغيير قالب گزارش، بطور خودكار نمايش داده نشود. در چنين مواردي ميتوانيد نمايش اين گزارش را فعال كنيد. براي اين كار در گروه Standard report از صفحه گزارشات Tasks Pane بر روي فرمان **MAO-MFO** كليك كنيد.

۲. به خلاصه **MAO/MFO**كه نشاندهنده برنامه زمان بندي كليدي و پارامترهاي آماري توالي استخراج بهينه است دقت كنيد.

۳. براي ايجاد نمودار در نوارابزار **Chart** گزينه *Mine Flow Optimization Report* را انتخاب كنيد و مشابه با تمرينات قبل نمودار مورد نظر را ترسيم كنيد.

۴. در پنجره Project Data گزينه MAO/MFO را باز نموده و [MFA results_5] را انتخاب كنيد. حال بر روي آن كليك راست نموده و از منو موجود گزينه View را انتخاب كنيد. مدل نمايش داده شده در پنجره نمايش، مدل اوليه ورودي است كه ستونهاي اضافه تري كه توسط MFO به آن اضافه شده نيز در آن وجود دارند. به ستونهاي زير كه به مدل اضافه شده اند دقت كنيد (به راحتي ميتوانيد بر اساس هر يك از اين ستونها قالبي ساخته، مدل را با آن رنگ آميزي و مشاهده كنيد) :

- **YEAR** (سال): نشاندهنده دوره زماني، معمولا سال استخراج هر بلوك
- **SEQ** (توالي): نشاندهنده موقعيت هر بلوك در توالي بهينه استخراج حاصل از MFO است
- **INPUT**: نشان ميدهد هر بلوك در زمان ارسال به كارخانه فرآوري از كجا آمده است. برچسب جنس سنگ نشان ميدهد بلوك مستقيما از معدن آمده و برچسب شماره يك انبار نشان ميدهد آن بلوك از آن انبار آمده است.
- **DEST** (مقصد): نشاندهنده مقصد هر بلوك است. كارخانه فرآوري يا شماره يك انبار
- **MCOST**: هزينه معدنكاري است.
- **PCOST**: هزينه فرآوري است.
- **CCOST**: هزينه سرمايه اي است. هزينه سرمايه اي كه قبل از معدنكاري هر بلوك صرف ميشود



اضافه کردن هزينه هاي سرمايه اي به پروژه:

در اين بخش خواهيم ديد چگونه بايد هزينه هاي سرمايه اي را در پروژه دخيل نمود. تمرين اول با استفاده از هر يك از نرم افزارهاي Maxipit و NPV Scheduler انجام ميشود اما تمرين دوم تنها با استفاده از نرم افزار NPV Scheduler قابل اجرا است.

پيش نيازها:

- **فايل مورد نياز براي انجام اين تمرين فايل اتوكدي** limitswithcost.dxf **است. در حالت نصب استاندارد نرم افزار ميتوانيد اين فايلها را از مسير زير در رايانه پيدا كنيد.**C:\Database\NPVS
- **قبل از انجام اين تمرين لازم است كليه تمرينهاي قبلي را انجام داده باشيد.**

تمرين: تخصيص هزينه هاي سرمايه اي بمنظور برداشتن موانع موجود بر سر راه معدنكاري

۱. مي خواهيم فايل limitswithcost.dxf را به پروژه اضافه كنيم. مشابه با آنچه در تمرينات قبل آموخته ايد اينكار را انجام داده و به فايل محدوده 'Imported NPVS Pit Limits 2' كه به پروژه اضافه ميشود دقت كنيد. اين محدوده دربردارنده دو محدوده قبلي بوده و محدوده جديدي در آن وجود دارد كه آنرا ويرايش خواهيم كرد.

۲. برروي ناحيه جديد كليك راست نموده و گزينه Edit Properties را از منو ظاهرشده انتخاب كنيد. در پنجره Pit Limit Info گزينه [Obstacle Limit] را بعنوان Region type انتخاب كنيد. برچسب آنرا به 'Lake' تغيير داده و هزينه برداشتن اين درياچه را (Removal cost) معادل ۲ مليون قرار دهيد. (اين هزينه اي سرمايه اي است كه بايستي جهت برداشتن درياچه سرمايه گذاري كنيم). OK را كليك كنيد

۳. بمنظور ايجاد پروژه اي ديگر با همين مشخصات و تا سطح [Ultimate Pit 1]، ابتدا در پنجره Project Map بر روي [Ultimate Pit 1] كليك راست نموده گزينه Add را انتخاب كنيد و آنرا 'Capital Costs' بناميد.

۴. حال تنظيمات Pit Optimization را از [Ultimate Pit 1] به[Capital Costs] كپي نمائيد.

۵. [Capital Costs] را بعنوان مورد مطالعاتي فعال انتخاب كنيد.

۶. در پنجره **Optimization** نوارکنترل Task Pane در گروه Ultimate Pit گزینه Settings را کلیك کنید و در پنجره Options فایل محدوده پیت را به 'Imported NPVS Pit Limits 2' تغییر دهید. OK را کلیك کنید.

۷. Pit Optimizer را اجرا کنید و گزارش مربوطه را بررسي نمائید. دقت کنید که در گزارش مربوطه هزینه سرمایه اي دیگر صفر نیست (دریاچه حذف میشود) و مقادیر درآمد و ارزش خالص فعلي نیز به تناسب تنظیم شده اند. زمان بري برداشتن دریاچه در ماکزیمم نمودن ارزش خالص فعلي نیز در نظر گرفته شده است.

میتوانید تعداد نامحدودي مانع معدنکاري با نیاز به صرف هزینه سرمایه اي تعریف کنید. یك مانع معدنکاري تنها زماني از بین مي رود که هزینه سرمایه اي حذف آن در نظر گرفته شده باشد. نرم افزار NPV Scheduler **هزینه سرمایه اي صرف شده را در تمامي مراحل بهینه سازي مد نظر مي گیرد. (ایجاد وهله هاي استخراجي، ایجاد برنامه زمان بندي و** MAO/MFO**)**

تمرین: تخصیص هزینه هاي سرمایه اي در شروع ایجاد وهله هاي استخراجي و دوره هاي زماني

۱. براي مورد مطالعاتي [Capital Costs]، وهله هاي استخراجي ایجاد مي کنیم. براي این کار:

- ابتدا تنظیمات وهله هاي استخراجي را از پروژه [Ultimate Pit 1 – Pushbacks 1] به پروژه [Capital Costs – Pushbacks 1] کپي کنید.
- Pushback Generator را اجرا کنید.

۲. در صفحه Optimization نوارکنترل Task Pane، گروه Scheduler را باز نموده، سایر گروهها را ببندید. Capital Costs را کلیك کنید.

۳. در پنجره Capital Costs موارد زیر را تعریف کنید:

- براي وهله استخراجي شماره ۲، گزینه Capital costs by pushback را معادل ۱ ملیون دلار و همین گزینه را براي وهله استخراجي شماره ۵، معادل ۳ ملیون دلار قرار دهید. در ردیف اول (Pushback Index) عدد ۲ و براي (Costs) عدد ۱۰۰۰۰۰۰ را وارد کنید. در ردیف دوم (Pushback Index) عدد ۵ و براي (Costs) عدد ۳۰۰۰۰۰۰ را وارد کنید.

- براي وهله استخراجي شماره ۴، گزينه Capital costs by time period را معادل ۵ مليون دلار قرار دهيد. در رديف اول (Period) عدد ۴ و براي (Costs) عدد ۵۰۰۰۰۰۰ را وارد كنيد. در اين رديف با زدن تيك مربوطه گزينه Yes را انتخاب كنيد.

هزينه هاي سرمايه اي در نظر گرفته شده در ابتداي شروع هر وهله استخراجي، ممكن است بر برنامه زمان بندي استخراج، تاثير گذار باشند چراكه برنامه سعي ميكند وهله هاي استخراجي كه شروع آنها مستلزم صرف هزينه سرمايه بالا باشد را مادامي كه محدوديتهاي اهداف نهائي اجازه بدهد، به تاخير بيندازد.

هزينه هاي سرمايه اي در نظر گرفته شده براي دوره هاي استخراجي، بر برنامه زمان بندي استخراج، تاثير گذار نيستند چراكه برنامه نميتواند زمان آنها را عوض كند اما اين هزينه ها بر مقادير درآمد و ارزش خالص فعلي طرح تاثيرگذار هستند. گزينه MFO تنها براي بهينه سازي روند استخراج (تغيير عيار حد) در نظر گرفته شده است. انتخاب آن به برنامه ديكته ميكند كه زمان بندي اعمال هزينه سرمايه اي تابعي از نرخ معدنكاري است بنابراين چنانچه نرخ معدنكاري افزايش يافت، صرف هزينه سرمايه اي بايستي زودتر اعمال شده باشد.

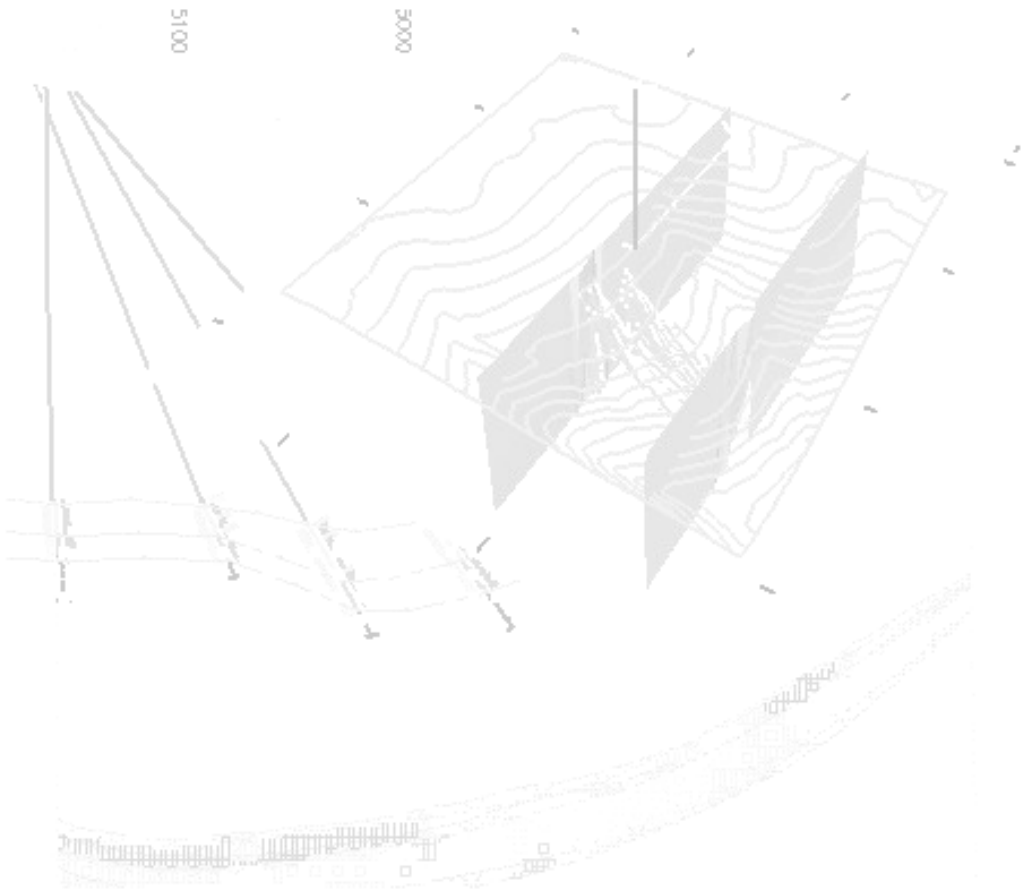
۴. حال به پنجره اصلي نرم افزار بازگشته و تنظيمات را از [Ultimate Pit 1 – Pushbacks 1 – Schedules 1] به [Capital Costs – Pushbacks 1 – Schedules 1] كپي كنيد.

۵. حال Run را كليك كنيد. دقت كنيد كه:

- هزينه سرمايه اي دوره زماني ۱ هزينه شروع وهله استخراجي ۲ است (۱ مليون دلار)
- هزينه سرمايه اي دوره زماني ۴ هزينه حذف مانع معدنكاري (۲ مليون دلار) بعلاوه هزينه ثابت آن دوره زماني (۵ مليون دلار) است.
- هزينه سرمايه اي دوره زماني ۵ هزينه شروع وهله استخراجي ۵ است (۳ مليون دلار)
- مجموع هزينه سرمايه اي مصرف شده (۱۱ مليون دلار) معادل مجموع همه هزينه هاي سرمايه اي بالاست.

۶. حال چنانچه مجوز استفاده از نرم افزار MFO را نيز در اختيار داريد ميتوانيد، تنظيمات مربوطه را از [Ultimate Pit 1 – Pushbacks 1 – Schedules 1 – MAO-MFO 1] به [Capital Costs – Pushbacks 1 – Schedules 1 – MAO-MFO 1] كپي نموده و MFO را اجرا كنيد.

۷. حال دقت کنید که هزینه سرمایه اي دوره زماني ۴ به دوره زماني ۳ و هزینه سرمایه اي دوره زماني ۵ به دوره زماني ۴ منتقل میشوند. در نتیجه ارزش خالص فعلي بدست آمده از MFO کوچکتر از آن چیزي است که در خودآموز مربوطه آمده است.





تحليل باربري:

در اين بخش خواهيم ديد چگونه بايد پارامترهاي باربري را در برنامه زمان بندي دخيل نمود.



پيش نيازها:

- **فايلهاي مورد نياز براي انجام اين تمرين فايل اتوكدي** Exit Benches.xls **است. در حالت نصب استاندارد نرم افزار ميتوانيد اين فايلها را از مسير زير در رايانه پيدا كنيد.** C:\Database\NPVS
- **قبل از انجام اين تمرين لازم است كليه تمرينهاي قبلي را انجام داده باشيد.**

تمرين: تنظيم پارامترهاي باربري:

۱. براي اينكار ابتدا در پنجره Project Map مورد مطالعاتي ديگري در سطح Scheduler ايجاد نمائيد. حال [Ultimate Pit 1 – Pushbacks 1 – Schedules 1]) را انتخاب نموده و انرا به 'Haulage Analysis' تغيير نام دهيد.

۲. 'Haulage Analysis' را بعنوان مورد مطالعاتي فعال انتخاب كنيد.

۳. به پنجره اصلي بازگشته و تنظيمات را از [Ultimate Pit 1 – Pushbacks 1 – Schedules 1] به مورد مطالعاتي [Ultimate Pit 1 – Pushbacks 1 – Haulage Analysis] كپي نمائيد.

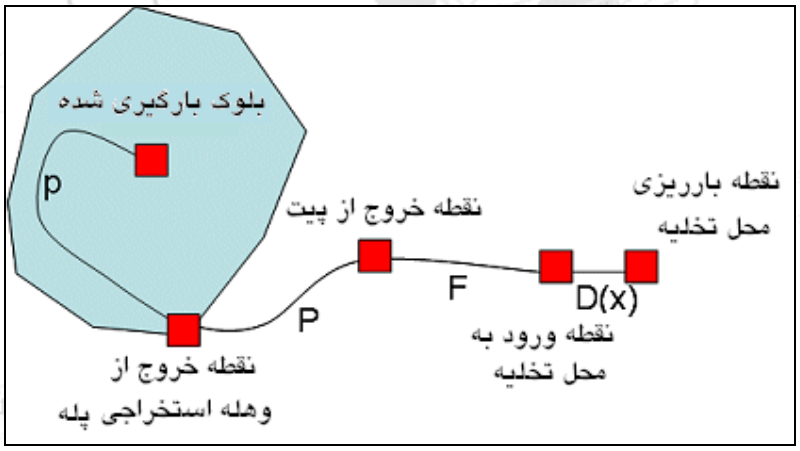
۴. در صفحه Optimization از نوارکنترل Task Pane گروه Scheduler را باز نموده، تمامي گروههاي ديگر را ببنديد. حال Haulage Info را كليك كنيد.

۵. در پنجره Rock Destinations مقدار 18.6 در متر را بعنوان فاكتور شيب يا Gradient factor وارد كنيد. به ليست مقصدهاي حمل مواد مقصدهاي [MILL]، [OXID LEACH]، [SULF LEACH]، [DUMP A] و [DUMP B] را اضافه كنيد. حال در هر مرحله يكي از مقاصد گسيل مواد را انتخاب و پارامترهاي مربوطه را بصورتي كه در جدول زير آمده است تنظيم كنيد:

مقصد سنگ	نوع سنگ قابل قبول	ظرفیت	ضریب باربري در محوطه دامپ[1] (DHF)	فاصله باربري[2] (EFH)	شماره پله خروجي
MILL	oxide-Mill	نامحدود	۰	۱۰۰۰ متر	۱۸
OXID LEACH	oxide-Leach	نامحدود	۰.۰۸	۸۰۰ متر	۲۰
SULF LEACH	sulfide-Leach	نامحدود	۰.۰۸	۱۲۰۰ متر	۲۰
DUMP A	All-Waste	۲۵۰۰۰۰۰۰ تن	۰.۰۸	۱۰۰۰ متر	۱۹
DUMP B	All-Waste	نامحدود	۰.۰۸	۱۲۰۰ متر	۱۷

[1]- اين ضريب تنها براي مقاصد حملي استفاده ميشود كه كاميون پس از رسيدن به محل تخليه مورد نظر ناگزير است فاصله اي را نيز در داخل محل مورد نظر طي نمايد تا بتواند بار خود را تخليه كند. مثلا براي مقصد حملي نظير سنگ شكن اين ضريب صفر است اما براي يك دامپ باطله با كستردگي بزرگ يا يك پد هيپ ليچينگ مقدار آن صفر نيست. مقدار آن كسر كوچكي است مثلا ۰.۰۸

۲- مسير باربري از پله محل بارگيري تا مقصد نهائي حمل را ميتوان بصورت شكل زير به چند قسمت تقسيم نمود:



در اين شكل:

p: فاصله نقطه بارگيري (بيل) تا نقطه خروج از پله است (نقطه وارد شدن به رمپ باربري)

P: فاصله باربري از نقطه خروج از پله تا نقطه خروج از پيت است. (بخشي از EFH)

F: باربري در سطح بوده كه از نقطه خروج از پيت تا نقطه ورود به محل تخليه است. (بخشي از EFH)

D(x): فاصله باربري در محوطه دامپ است كه از نقطه ورود به محل تخليه تا محل باررِيزي است. در اين تابع، **D** ميتواند تابع خطي از تناژ بار ريخته شده در دامپ **(x)** باشد. (بخشي از EFH)

۶. حال در پنجره Exit Benches نقاط خروجي پله براي ۸ وهله استخراجي را مطابق با آنچه در فايل اكسلي Exit Benches.xls آمده است وارد كنيد. ميتوانيد مجموعه نقاط خروجي پله براي ۸ وهله استخراجي را به سادگي كپي نموده و در شبكه مورد نظر بچسبانيد. حال OK را كليك كنيد.

۷. در نوارکنترل Task Pane گزينه Settings را كليك كنيد.

۸. در پنجره Targets، هدف ديگري با نام 'Trucks' اضافه نمائيد. اين متغير هدف از نوع [Rate] بوده و دو ضريب دارد. مقدار 0.00308 را جلوي Rock و مقدار 0.00217 را جلوي DistByMass وارد كنيد. حال به قسمت پائين پنجره رفته مقدار Minimum را همان 0 و مقدار را به 1 تنظيم كنيد.

۹. مطمئن شويد كه در پنجره Targets تنها گزينه Mining Ratio انتخاب شده باشد و با برداشتن تيك مربوطه، Trucks را از حالت انتخاب خارج كنيد.

۱۰. Scheduler را اجرا كنيد. متغيرTrucks بعنوان يكي از محدوديتهاي برنامه زمان بندي غير فعال است اما در گزارش به آن اشاره ميشود.

۱۱. پس از پايان كار به 'Trucks' درگزارش ارائه شده دقت كنيد. متوسط اين متغير براي ۹ سال اول در حدود ۷۳۲۰۰ است. (از آنجا كه سال آخر تمام نشده از آن صرفنظر مي كنيم)

۱۲. حال **Scheduler Settings** را باز كنيد و در پنجره Define Target اعداد مربوط به Trucks bounds را ويرايش كنيد. براي اينكار مقدار هدف يا Target را به ۷۳۲۰۰ و مقدار Minimum را به ۷۲۸۰۰ و مقدار Maximum را به ۷۳۶۰۰ تنظيم كنيد. در پنجره Targets گزينه [Track Trucks] را بعنوان هدف اوليه انتخاب كنيد.

۱۳. هدف ما نگه داشتن عدد ساعت كار سالانه نزديك به عدد ساعت كار متوسط است. ممكن است ظرفيت حداكثر ناوگان باربري در محدوده ۷۴۰۰۰ تا ۷۵۰۰۰ تغيير كند اما با تعيين دقيق اين محدوده نرم افزار بهتر كار ميكند.

۱۴. Scheduler را دوباره اجرا كنيد. پس از پايان كار به 'Trucks' درگزارش ارائه شده دقت كنيد.

۱۵. نمودار متغير Trucks را ترسيم كنيد.