



## فرصت سنجی استحصال اکسید تیتانیوم از ایلمنیت ( مطالعه موردی: استفاده از روش سولفیدی )

هومن شکروی<sup>۱\*</sup>، امیر زینالی<sup>۲</sup>، بهنام تقوی<sup>۳</sup>

- ۱- کارشناسی ارشد مهندسی سازه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
- ۲- کارشناسی ارشد مهندسی فرآوری مواد معدنی، دانشگاه تربیت مدرس
- ۳- دکتری مهندسی اکتشاف مواد معدنی، دانشگاه ارومیه

\*hooman.shokravi@gmail.com

ارسال: اردیبهشت ماه ۱۴۰۳ پذیرش: مرداد ماه ۱۴۰۳

### چکیده

فرآوری مواد معدنی اساس و زیر بنای اصلی توسعه تمدن بشری را تشکیل می دهد. امروزه با توسعه صنایع و تکنولوژی های نوین، این علم اهمیت و الویت بیشتری یافته است. اولین گام جهت ورود و توسعه در این زمینه ایجاد بستر لازم جهت جلب سرمایه گذار می باشد. ورود سرمایه در این حوزه نیازمند ایجاد اطمینان و توجه کافی سوددهی مناسب مدنظر سرمایه گذار و یا عبارت دیگر توجه اقتصادی می باشد. تیتانیوم عنصری است که بصورت پراکنده در سنگهای آذرین و رسوبات حاصله از آن مشاهده می گردد. این فلز توزیع گسترده ای در ساختار کانی های معدنی از جمله آاناتاز، بروکیت، ایلمنیت، تیتانیت و کانسنگهای آهنی دارد. در کشور ما عمدتاً تیتانیوم بصورت اکسید تیتانیوم در صنایع رنگ مورد استفاده قرار می گیرد. آلیاژهای فلزی تیتانیوم در صنایع هوایی و سایر صنایع نیازمند به استحکام بالا کاربرد زیادی دارد. عمده ترین ذخایر و محدوده های دارای پتانسیل استحصال تیتانیوم ایران در نواحی شمال، شمالغرب و جنوب شرق واقع گردیده و برخی از این محدوده ها در فاز اکتشاف و استخراج می باشند ولی تا کنون وارد مرحله تولید و فرآوری نگردیده اند. این تحقیق در نظر دارد بر اساس داده های موجود، فاز فرصت سنجی را در حوزه استحصال اکسید تیتانیوم بروش سولفیدی را مورد بررسی و جمع بندی قرار دهد.

کلمات کلیدی: فرصت سنجی، فرآوری تیتانیوم، اکسید تیتانیوم، پیگمنت تیتانیوم، روش سولفیدی.

### ۱- مقدمه

تیتانیوم فلزی است نسبتاً سبک که در برابر خوردگی از مقاومت بالایی برخوردار می باشد. این فلز در سال ۱۷۹۱ کشف شده و سابقه تاریخی زیادی در خصوص استحصال آن وجود ندارد. حدود صد سال طول کشید که دانشمندان بتوانند به تکنولوژی تولید تیتانیوم فلزی خالص در آزمایشگاه دست پیدا کنند. توسعه تکنولوژی های نوین در اواخر قرن بیستم طیف وسیعی از مصارف صنعتی و ... را برای آن ایجاد نموده و به این فلز اهمیتی استراتژیک داد [۱].

کاربرد عمده تیتانیوم بصورت عمده در صنایع رنگ و هوایی می باشد. عمده نیاز تیتانیوم در صنایع هوایی به دلیل مصارف و آلیاژهای ویژه بصورت وارداتی بوده فلذا عمده مصرف کشور در خصوص مشتقات تیتانیوم مربوط به رنگدانه (اکسید تیتانیوم) می باشد [۱].

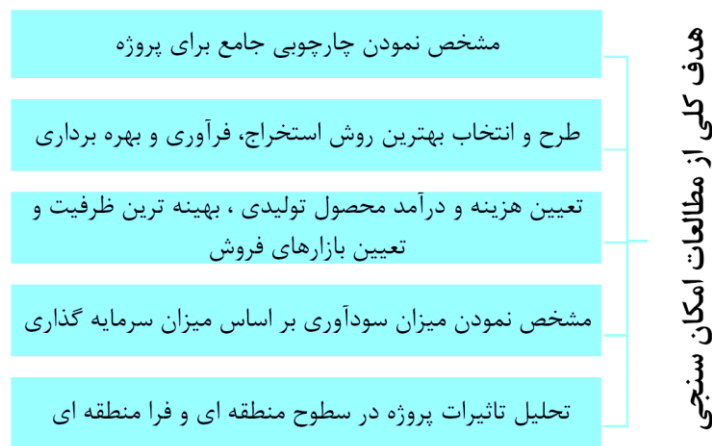
عمده ترین ذخایر و محدوده های دارای پتانسیل استحصال تیتانیوم در ایران در استانهای کرمان، آذربایجان غربی و گیلان یافت شده اند که برخی از آنها در فاز اکتشاف و استخراج بوده و تولید و فرآوری آن در داخل کشور انجام نمی پذیرد که موجب وابستگی شدید تامین آن از طریق واردات گردیده است [۱].

## ۲- روش تحقیق

در این پژوهش سعی شده است مطالعه موردی استحصال اکسید تیتانیوم بروش سولفیدی جهت سرمایه گذاری در این شاخه معدنی مورد بررسی قرار گرفته و مسیری جهت مطالعات آتی از ابعاد پیش امکان سنجی و امکان سنجی در این زمینه ایجاد گردد. در تحقیق حاضر، ابتدا اصول و مبانی مطالعات فرصت سنجی معرفی گردیده و پس از جمع بندی اطلاعات بدست آمده و آنالیز آنها در چارچوب تحلیل فرصت و امکان سنجی نسبت به جمع بندی خروجی های بدست آمده و ارائه تحلیل و نتیجه گیری اقدام گردیده است.

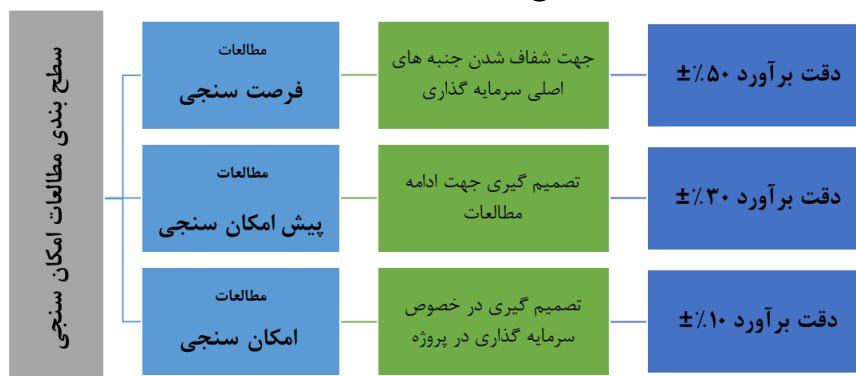
### ۲-۱- فرصت سنجی

برای تصمیم گیری در خصوص سرمایه گذاری ابتدا مطالعاتی بعنوان امکان سنجی بر روی طرح یا پروژه مورد نظر تعریف شده انجام گیرد (شکل ۱) [۱].



شکل ۱- هدف از مطالعات فرصت سنجی، پیش امکان سنجی و امکان سنجی [۱]

این مطالعات براساس میزان دقت مورد نیاز جهت اطلاعات خروجی در سه سطح انجام می یابند (شکل ۲) که در این پژوهش از سطح اطلاعاتی کلی جهت دسترسی به خروجی با سطح اول یا فرصت سنجی مورد استفاده قرار گرفته است (شکل ۳) [۱-۲].



شکل ۲- سطح بندی دقت مطالعات در فازهای فرصت سنجی، پیش امکان سنجی و امکان سنجی [۱-۲]



شکل ۳- مباحث مطروحه در یک گزارش مطالعات فرصت سنجی در حوزه فرآوری مواد معدنی [۱]

### ۲-۲- مصارف عمده

استفاده از تیتانیوم به طور موفقیت آمیز باعث رفع بسیاری از مشکلات مهندسی می شود. تیتانیوم همان مقاومت فولاد را با نیمی از وزن آن ارائه می دهد و در وزن برابر دو برابر قویتر از آلومینیوم است. علاوه بر این، تیتانیوم یکی از بالاترین نسبت های استحکام به وزن بین تمام فلزات را ارائه می دهد. عملکرد استثنایی آن در دمای بالا و همچنین مقاومت بالای خوردگی آن، جزء مهمی برای بسیاری از تجهیزات کاربردی است. همچنین قابلیت ماشینکاری آن، ساخت قطعات محافظ تیتانیومی را مانند دیگر فلزات قابل اعتماد می کند. این فلز دارای ویژگی های عالی گالوانیکی و سازگاری هدایت حرارتی می باشد. این امر آن را برای استفاده بیشتر همراه با کامپوزیت های کربن برای سخت افزار های نظامی و هوافضا باز می کند [۳]. مصرف اکسید آن در صنعت کاربرد بسیار گسترده ای دارد؛ به طوری که ۹۵ درصد از صنایع اولیه مصرف کننده اکسید تیتانیوم هستند. مصرف عمده دی اکسید تیتانیوم در صنایع رنگ سازی به عنوان رنگ دانه می باشد. مصرف این ماده در کشورهای پیشرفته تقریباً ۱۰ برابر کشورهای در حال توسعه می باشد [۳].

### ۳-۲- بازاربایی فروش

مصارف داخل کشور این ماده معدنی در حدود ۵۰ هزار تن بوده و از سوی دیگر، کشورهای همسایه از جمله کشور ترکیه از وارد کنندگان این ماده معدنی استراتژیک جهت تولید رنگها و لوازم بهداشتی آرایشی و ... می باشد [۳].

### ۴-۲- پارامترهای موثر در ایجاد توجیه سرمایه گذاری

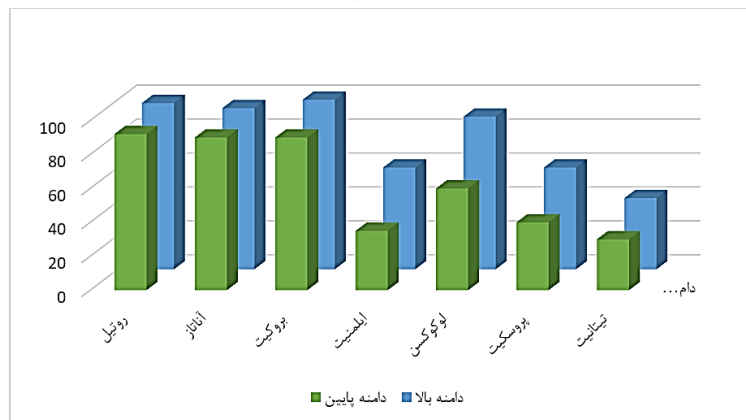
پارامترهای فراوانی در ایجاد توجیه اقتصادی یک طرح سرمایه گذاری موثر می باشند، که در شکل ۴ تعدادی از پارامترهای موثر در ایجاد توجیه اقتصادی جهت سرمایه گذاری در بخش فرآوری مواد معدنی آورده شده است [۴-۱].



شکل ۴- برخی از پارامترهای موثر در توجیه اقتصادی یک طرح فرآوری مواد معدنی [۱]

## ۲-۵- پارامترهای موثر در ایجاد توجیه سرمایه گذاری

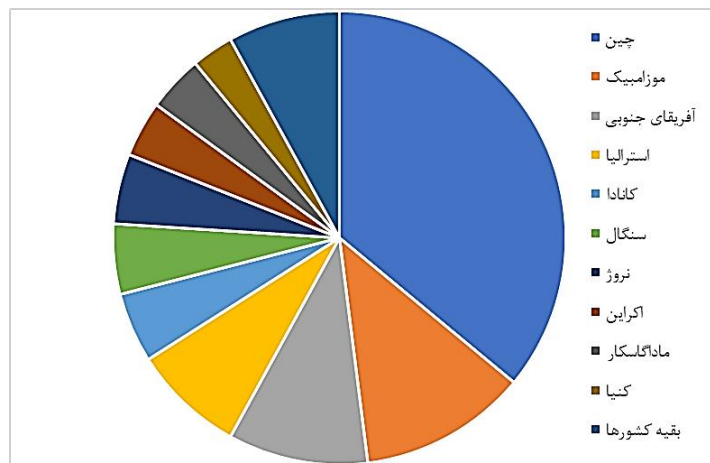
بیش از ۷۰ نوع کانی شناسایی شده اند که حاوی تیتانیوم در ترکیب خود هستند، در این میان فراوانی دو کانی ایلمنیت و روتیل بیشتر از سایر کانی ها می باشد. از سایر کانی های دربردارنده تیتانیوم می توان از لوکوکسن، آاناتاز، بروکسیت، پروسکیت و تیتانیت نام برد که وجه تمایز مصرفی آنها در میزان دی اکسید تیتانیوم تشکیل دهنده آنها می باشد [۳].



شکل ۵- درصد اکسید تیتانیوم موجود در کانی های در بر دارنده آن

## ۲-۶- میزان تولید دی اکسید تیتانیوم در سطح جهانی

منبع اصلی تولید محصولات تیتانیوم در جهان دو کانی ایلمنیت و روتیل می باشند، که میزان ذخایر احتمالی آنها در جهان بیش از ۲ میلیارد تن بوده و ذخایر قطعی و شناخته شده این فلز حدود ۷۵۰ میلیون تن تخمین زده می شود. در سال ۲۰۲۱ کشور چین با تولید ۳۶ درصد دی اکسید تیتانیوم جهان، در صدر کشورهای تولید کننده بوده است (شکل ۶) [۳].



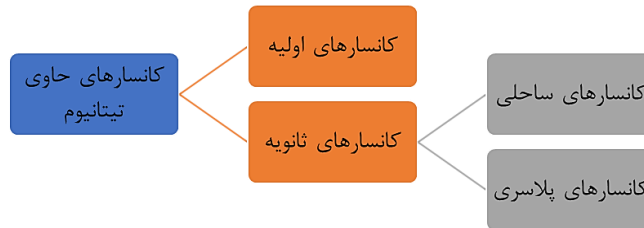
شکل ۶- گراف میزان تولید دی اکسید تیتانیوم توسط کشورهای مختلف در سال ۲۰۲۱

## ۳- بررسی موردی موضوع امکان سنجی

قبل شروع تدوین سند امکان سنجی- فرصت سنجی پروژه می بایست نسبت به تنظیم پیش نویسی از سند طرح اجرایی پروژه PEP اقدام نمود. در این طرح می بایست فراتر از شرح پروژه، برای بررسی مدیریت عمل نموده و پارامترهای اولیه مدیریت و کنترل را برای مراحل مهندسی، تامین و اجرا بیان نمود. بطور کلی سند مذکور پس از تعیین محدوده، استراتژی پروژه و انتخاب و تخصیص منابع؛ شبکه منطقی بر پایه توالی فعالیت های مورد نیاز مهندسی و اجرایی در حوزه مسئولیت ها و استراتژی مربوط به آن فعالیت ها را بر اساس مستند سازی برای دستیابی به موقع به اهداف پروژه هماهنگ می کند [۶]. پس از آن نسبت به تدوین سند امکان سنجی به توالی زیر اقدام می گردد:

۳-۱- زمین شناسی

کانسارهای حاوی تیتانیوم از نظر فرآیندهای زمین شناسی و ژنز به دو دسته کانسارهای اولیه و ثانویه تقسیم بندی شده و خود کانسارهای ثانویه به دو دسته عمومی کانسارهای ساحلی و پلاسری تقسیم می گردند (شکل ۷) [۷]. کانسارهای اولیه عموماً بصورت توده ای می باشند فلذا احتیاج مبرمی به خردایش برای رسیدن به درجه آزادی مطلوب و فرآیندهای پیش تغلیظ دارد. در کانسارهای ثانویه ماسه های ساحلی دارای مقدار زیادی دانه های غیر سیمانی شده می باشند که گاهاً این ماسه ها توسط سیمان آلی، رس، اکسید آهن یا کربنات بهم می چسبند. این دانه های غیر سیمانی به مقدار زیادی هوازده می گردند. در کانسارهای پلاسری که در بسترهای رودخانه ای شکل می گیرند بر خلاف کانسارهای ساحلی که دارای دانه بندی یکنواختی هستند دارای دانه بندی با سایز گسترده ای از رس تا شن می باشند. این دانه های کمتر دگرسان شده عمدتاً گوشه دار بوده و ممکن است در پلاسرهایی پیچیده تر حاوی کانی های همراه با سیمان رسی یا ذرات ریز یا بسیار ریز در نواحی اکسیده نیز باشند [۸].



شکل ۷- تقسیم بندی کانسارهای حاوی تیتانیوم از نظر فرآیندهای زمین شناسی [۱۰]

۳-۲- اکتشاف

این فاز را می توان به مراحل زیر تقسیم بندی نمود:

- شناسایی
- پی جویی
- اکتشاف عمومی
- اکتشاف تفصیلی [۹]

این مراحل را می توان به زیر شاخه هایی بشرح ذیل (شکل ۸) تقسیم بندی نمود. بر اساس داده های بررسی شده جهت انجام مطالعات فرصت سنجی باید فاز شناسایی و قسمت عمده ای از فاز پی جویی مبحث اکتشاف به اتمام رسیده باشد [۹].

فاز اکتشاف			
شناسایی	پی جویی	اکتشاف عمومی	اکتشاف تفصیلی
جمع آوری داده ها برای انتخاب محدوده	جمع آوری، بررسی، پردازش و تلفیق داده ها	جمع آوری، بررسی، پردازش و تلفیق داده ها	جمع آوری داده ها
و معرفی محدوده های مناسب GIS ایجاد بانک اطلاعاتی در سیستم پردازش داده های پایه	رقومی کردن نقشه توپوگرافی، فتوژئولوژی اولیه عکس های هوایی	برنامه ریزی برای انجام مطالعات اکتشافی	برنامه ریزی برای انجام عملیات اکتشاف تفصیلی
بررسی سحرایی و نمونه برداری از محدوده های امید بخش و تجزیه نمونه ها	طراحی شبکه نمونه برداری، آماده سازی و تجزیه شیمیایی	مطالعات ژئوشیمیایی	مطالعات زمین شناسی - اکتشافی
معرفی محدوده های امید بخش مناسب در مرحله پی جویی	تهیه نقشه های آنومالی ژئوشیمیایی و کانی سنگین	مطالعات زمین شناسی	تهیه نقشه زمین شناسی - توپوگرافی
گزارش نهایی اکتشاف	کنترل آنومالی ها، نمونه برداری مجدد و انجام آزمایشات	تهیه نقشه زمین شناسی - توپوگرافی	تهیه نقشه زمین شناسی - توپوگرافی
...	معرفی محدوده های معدنی و اولویت بندی آن ها	حفر تراشه های اکتشافی	حفر تراشه های اکتشافی
	تهیه نقشه توپوگرافی - زمین شناسی	حفر چاهک های اکتشافی	حفر چاهک های اکتشافی
	حفر تراشه و چاهک، برداشت زمین شناسی و نمونه برداری از حفیات	حفر گمته و برداشت نمونه	حفر گمته و برداشت نمونه
	انجام مطالعات ژئوفیزیکی	آماده سازی و آنالیز نمونه ها	آماده سازی و آنالیز نمونه ها
	تعیین و تفسیر نتایج نوع کانی سازی قبل از نظر واریاسیون غیر واریاسیون	مطالعات ژئوفیزیکی	مطالعات ژئوفیزیکی
	انجام مطالعات فرصت سنجی	انجام سنده کانه آری مقداری در مقیاس آزمایشگاهی و یا نیمه سحر	انجام سنده کانه آری مقداری در مقیاس آزمایشگاهی و یا نیمه سحر
	انجام مطالعات بالقوه اقتصادی کانسار	...	...
	تعیین معیار تصمیم گیری برای ادامه عملیات اکتشافی		
	...		

شکل ۸- تقسیم بندی فاز اکتشاف ماده معدنی [۹]

**۳-۳- عملیات مقدماتی اجرایی معدن**

این سلسله عملیات را می توان در دسته بندی به شرح ذیل تقسیم نمود:

- آزادسازی اراضی
- اخذ مجوزهای لازم از منابع طبیعی، محیط زیست، میراث فرهنگی و سایر دستگاههای اجرایی مربوطه
- ایجاد راه مستقل دسترسی به معدن
- ایجاد رمپ های دسترسی به بلوکهای تعیین شده
- باطله برداری، آماده سازی و ایجاد سینه کار در بلوکهای مشخص شده
- تهیه نمونه معرف جهت تست های آزمایشگاهی
- تهیه نمونه معرف جهت آزمایشهای پایلوت (نیمه صنعتی) از معدن [۸].

**۳-۴- تأسیسات زیربنایی مورد نیاز کارخانه**

جهت احداث واحد کنسانتره تیتانیوم می بایست در ابتدا برآوردی از وضعیت فعلی و امکان توسعه ای آتی تأسیسات زیربنایی مورد نیاز از جمله برق، گاز، آب و راه و ... در دست باشد [۱].

**۳-۴-۱- تجهیز کارگاه و امکانات استقرار**

با توجه به این امر که احداث واحد فرآوری طیف گسترده ای از فعالیتهای اکتشافی، استخراجی و احداث واحد فرآوری و فعالیتهای پیش نیاز و پس نیاز را در بر می گیرد می بایست پیش بینی های لازم در خصوص تجهیز کارگاه متناسب در فاز فرصت سنجی لحاظ گردیده باشد [۱۱].

**۳-۴-۲- راه های دسترسی و سرویس**

با توجه به نیاز حمل ماده خام واحد فرآوری از معادن با حجم بالا، پس از بررسی و انتخاب سیستم مناسب انتقال، می بایست ظرفیت راه های موجود از نظر الزامات و استحکام و ظرفیت مورد بررسی قرار گیرد در صورت نیاز می بایست مسیرهای دسترسی به شبکه انتقال آب و برق و سوخت نیز مورد بررسی قرار گیرد [۱].

**۳-۴-۳- تأمین آب پروسس و مصارف دیگر**

در زمان راه اندازی واحد فرآوری آب تازه با حجم بالا مورد نیاز است و در ادامه سیستم گردش آب با تزریق مقطعی آب تازه وجود خواهد داشت که می بایست جهت تأمین آب مورد نیاز گزینه آب های سطحی و زیر زمینی مورد بررسی قرار گیرد. منابع سطحی حجیم منطقه (مانند سدها) و گزینه خط انتقال نیز با بررسی الزامات کیفی آب مورد نیاز به همراه ارزیابی مصارف دیگر از جمله آشامیدنی و فضای سبز و ... بایستی در این قسمت از مطالعات بررسی نمود [۱].

**۳-۴-۴- سوخت مورد نیاز**

مصرف ویژه گاز طبیعی به ازاء تولید یک تن ماده تولیدی یکی از پارامترهای مهم هزینه های جاری این طرح می باشد که بایستی هزینه های ثابت انتقال و سایر هزینه ها مانند ایستگاه های تقلیل و توزیع فشار و تجهیزات لازم جهت استفاده از مازوت به عنوان سوخت اضطراری مد نظر قرار گیرد. [۱].

**۳-۴-۵- برق مورد نیاز**

برق مورد استفاده تجهیزات کارخانه و معدن بعد از محاسبه و مشخص شدن دیماندر مصرفی جهت روشنایی به همراه تأسیسات و تجهیزات خط انتقال و همچنین تجهیزات مورد نیاز برق اضطراری از مهمترین ملزوماتی است که باید جهت مطالعات امکانسنجی با دقت بالایی محاسبه و در هزینه های جاری و ثابت لحاظ شود [۱].

## ۳-۵- تکنولوژی استحصال اکسید (پیگمنت) تیتانیوم

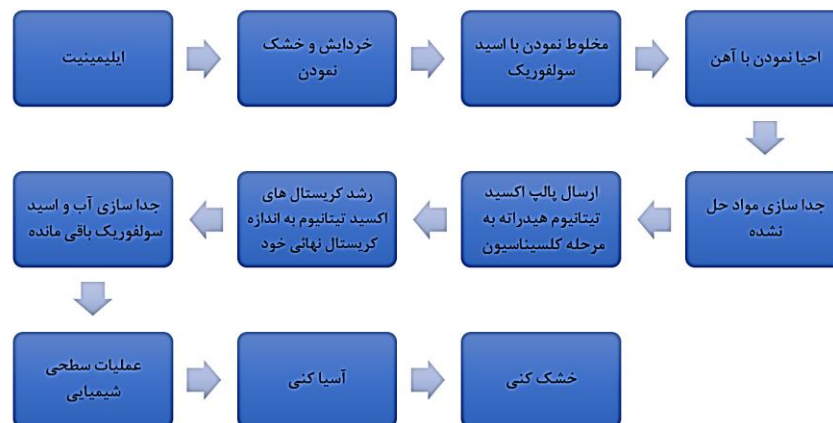
کانسارهای پلاسری عموماً دارای درجه آزادی بالایی می باشند؛ فلذا اغلب با روش های جدایش فیزیکی به آسانی قابلیت پرعیارسازی دارند ولی فرآوری کانسارهای برجا به دلیل ساختار، بافت و تغییرات شدید ماده معدنی از سطح به عمق، با پیچیدگی های خاصی همراه است که فرآوری این تپ از کانسارها را با مشکل مواجه می کند [۱۰]. جهت تولید پیگمنت، دو روش سولفات و کلریدی مورد استفاده قرار می گیرد. روش کلریدی از نظر اقتصادی و آلاینده گی کاربردی تر از روش سولفات می باشد ولی از نظر قدمت و سادگی تکنولوژی، روش سولفیدی عمومیت بیشتری یافته است. لازم بذکر است که تقریباً یک تن ماده خام (ایلمنیت) جهت تولید ۳۰۰ کیلوگرم پیگمنت اکسید تیتانیوم مصرف می گردد [۹].

## ۳-۵-۱- روش کلریدی

در این روش مواد خام معدنی با گاز کلرید در حضور عامل احیا کننده ای مانند کک وارد راکتور دمای بالا می شود. خروجی فرآیند بصورت گازهای ناشی از واکنش - کلریدهای فلزی - ناخالصی های کلریده نشده می باشد. در مرحله بعد بوسیله جریان گازی در مجاور مایع تراکلراید تیتان دما تا حدودی پایین آورده می شود. در فاز بعد سایر فلزات کلریدی بروش تقطیر و عملیات شیمیایی آزاد گشته و تراکلراید تیتان حاصله جهت تقطیر بیشتر وارد یک راکتور اکسیداسیون دما بالا می شود. در این راکتور تراکلراید مایع در مجاورت اکسیژن و حرارت بالا در کوره خاص قرار گرفته و اکسید تیتانیوم بدست می آید و کلرید های بدست آمده (آزاد شده) مجدداً به چرخه تولید باز می گردد و در نهایت اکسید تیتانیوم حاصل نیز می بایست کاور شیمیایی شده و آسیا و خشک گردد [۱۰].

## ۳-۵-۲- روش سولفات

این روش اولین و قدیمی ترین روش تولید پیگمنت دی اکسید تیتان می باشد. در این روش کانی ایلمنیت با اسید سولفوریک غلیظ مخلوط شده و واکنش حرارت زایی با اضافه نمودن نسبت معینی از آب، بخار آب و اسد سولفوریک رقیق آغاز می گردد. ما حاصل این واکنش تیتانیل سولفات و سولفات آهن بصورت محلول در اسید سولفوریک می باشد. در مرحله بعد توسط یک مخزن کلاریفایر مواد نامحلول و جامد از مایع خارج می گردد [۱۰]. پس از تغلیظ و هیدرولیز محلول تیتانیوم، با روش فیلتراسیون اکسید تیتانیوم هیدراته از سولفوریک اسید و سولفات آهن جدا سازی گردیده و در ادامه پس از آن کریستال نمودن اکسید تیتانیوم و جداسازی آب و اسید سولفوریک کاور شیمیایی شده و آسیا و خشک می گردد (شکل ۹) [۱۰].



شکل ۹- خلاصه ای از فرآیند سولفات [۱۰]



جدول ۱ - مقایسه روشهای کلریدی و سولفاته جهت استحصال اکسید تیتانیوم [۱۲-۵]

فرآیند	خوراک	محصول	مزایا	معایب
لیچینگ با روش سولفاته متعارف	ایلمنیت طبیعی با عیار اکسید تیتانیوم بالای ۴۵ درصد	اکسید تیتانیوم با عیار بالای ۹۸ درصد	- استفاده از ایلمنیت کم عیار - هزینه های پایین عملیاتی - مصرف انرژی کم - سادگی فرآیند	- مصرف بالای اسید - حجم بالای باطله سولفات آهن - بازمانده اسید رقیق
روش سولفاته بهبود یافته	ایلمنیت و آهن قراضه به عنوان احیا کننده	اکسید تیتانیوم با عیار بالای ۹۷ درصد در روش کریستالیزاسیون	- باطله کمتر نسبت به روش قبل - تولید ژئیس تمیز	- پیچیدگی فرآیند - بازمانده حجم بالای اسید رقیق
لیچینگ با روش کلریدی	ایلمنیت بصورت طبیعی	اکسید تیتانیوم با عیار بالای ۹۹.۵ درصد	- بازیابی مناسب اسید HCl - هزینه کمتر باطله - آلایندگی کمتر آنها - درصد بالای محصول	- هزینه بالای سرمایه گذاری در بخش تجهیزات - متکی بودن فرآیند به مهارت

۳-۶- تهیه طرح توجیهی سرمایه گذاری

اولین موضوعی که باعث جذب صاحبان سرمایه جهت سرمایه گذاری بر روی یک پروژه می گردد بحث سود آوری می باشد. گزارشاتی که در این خصوص بصورت مدون تهیه می گردند اصطلاحاً طرح توجیهی نامیده می شوند. جهت تنظیم و ارائه هر طرح توجیهی در ابتدا می بایست نسبت به جمع آوری اطلاعات و داده های ذیل اقدام نمود:

- مشخصات کلی طرح
- میزان هزینه های ثابت سرمایه گذاری
- میزان هزینه های تولید بصورت سالانه
- میزان سرمایه در گردش مورد نیاز
- برنامه های آتی فروش

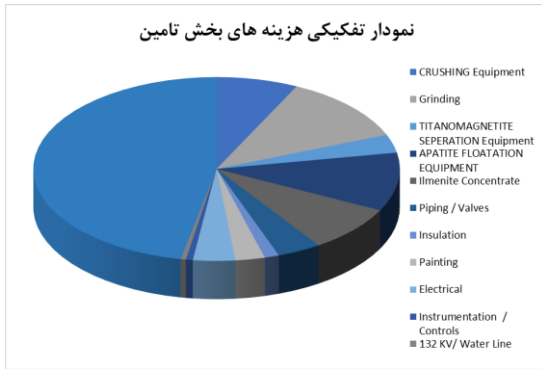
در جدول زیر پارامترهای مورد نیاز به تفکیک ارائه شده است [۱۳].

جدول ۲ - پارامترهای اساسی جهت تهیه طرح توجیهی سرمایه گذاری به تفکیک پارامترهای پنجگانه اصلی [۱۳]

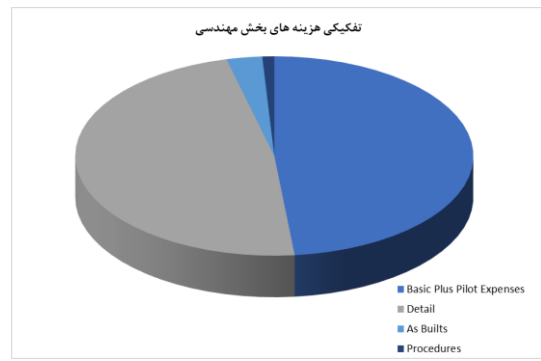
مشخصات کلی طرح	میزان هزینه های ثابت سرمایه گذاری	هزینه های سالانه	سرمایه در گردش مورد نیاز	برنامه های آتی فروش
ترازنامه و سال مرجع حسابداری	ماشین آلات و تجهیزات فرآیندی	هزینه سالیانه کاتالیست و مواد شیمیایی	مواد خام	ظرفیت بصورت درصدی محصولات
دوره ساخت	تاسیسات جانبی و کارهای عمرانی	زیر ساختها	تسهیلات رفاهی	میزان فروش برحسب واحد تولید
شروع- دوره - پایان بهره برداری	زیرساخت و هزینه مدیریت و فاینانس	تعمیر و نگهداری	مدت زمان تولید	قیمت فروش
ظرفیت اسمی تولید	عملیات محوطه سازی	نیروی کار	تولید نهایی	
قیمت محصول	زمین	بالاسری کارخانه	هزینه خوراک و حمل و نقل و آموزش	
واحدهای پولی و نرخ ارز	هزینه خدمات مهندسی و دانش فنی	بالاسری اداری	بدهی های جاری	
هزینه فرصت سرمایه	پیشبینی نشده (بیمه، گمرک و حمل)	بازاریابی		
نرخ بازده سرمایه گذاری تعدیل شده	تهیه طرح، مشاوره، اخذ مجوزها و ...	سنگ معدن تیتانیوم		
تعداد سال برای خالص ارزش فعلی کل سرمایه گذاری	هزینه کارشناسی بانک و غیره	لباس کار		
تعداد سال برای خالص ارزش فعلی آورده	هزینه آموزش	کفش ایمنی		
تعیین سال ارزیابی	هزینه راه-اندازی و تولید آزمایشی	روغن و گریس		
میزان بیمه و مالیات		گلوله		

هزینه های اجرای یک واحد استحصال پیگمنت اکسید تیتانیوم به روش EPC به تفکیک بخشهای مهندسی، تامین و اجرا در اشکال ۱۰ تا ۱۳ نشان داده شده است.





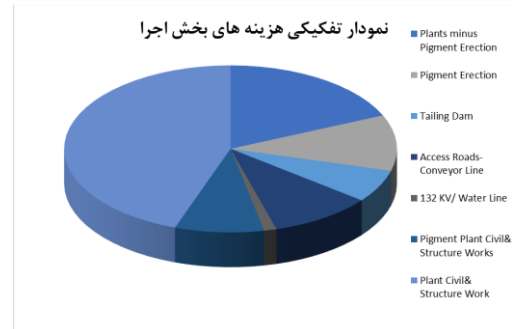
شکل ۱۱- نمودار تفکیکی هزینه های بخش تامین، احداث واحد تولید اکسید تیتانیوم



شکل ۱۰- نمودار تفکیکی هزینه های بخش مهندسی، احداث واحد تولید اکسید تیتانیوم



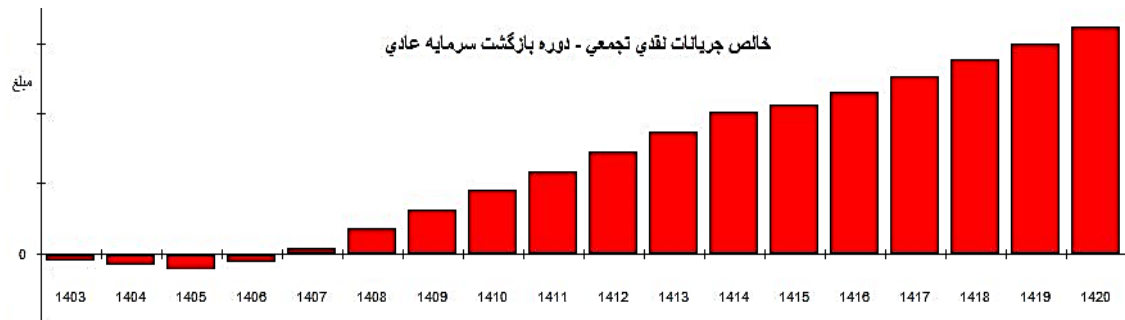
شکل ۱۳- نمودار تفکیکی هزینه های کلی احداث واحد تولید اکسید تیتانیوم



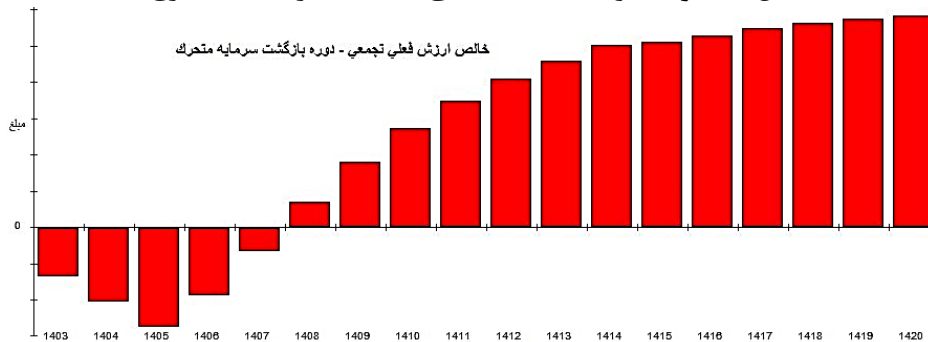
شکل ۱۲- نمودار تفکیکی هزینه های بخش اجرای احداث واحد تولید اکسید تیتانیوم

#### ۴- نتیجه گیری

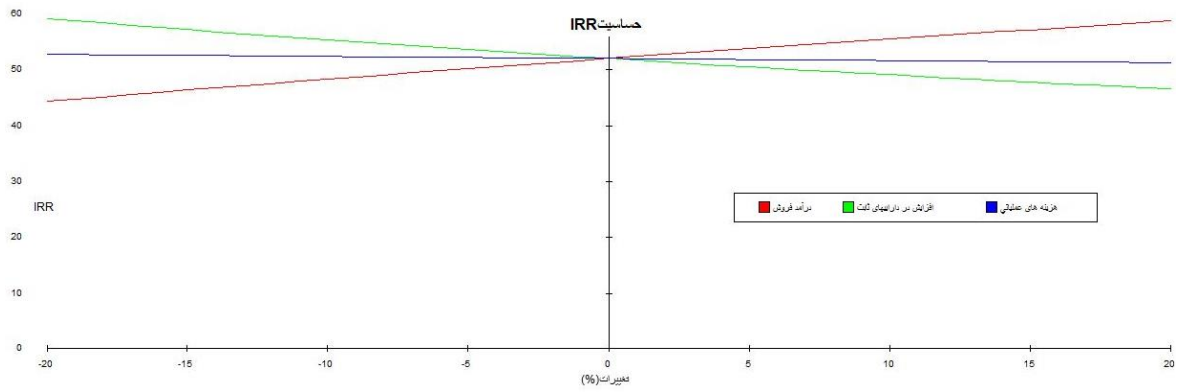
پس از ورود اطلاعات جمع آوری شده و پردازش با نرم افزار کامفار در سطح فرصت سنجی با فرض دوره ساخت و اجرای سه ساله ، خروجی های، خالص جریانات نقدی تجمعی- خالص ارزش فعلی تجمعی - حساسیت IRR - کل فروش و هزینه های تولید به شکل گراف های زیر بدست آمد که نشانگر اقتصادی و سود ده بودن احداث واحد استحصال اکسید تیتانیوم می باشد.



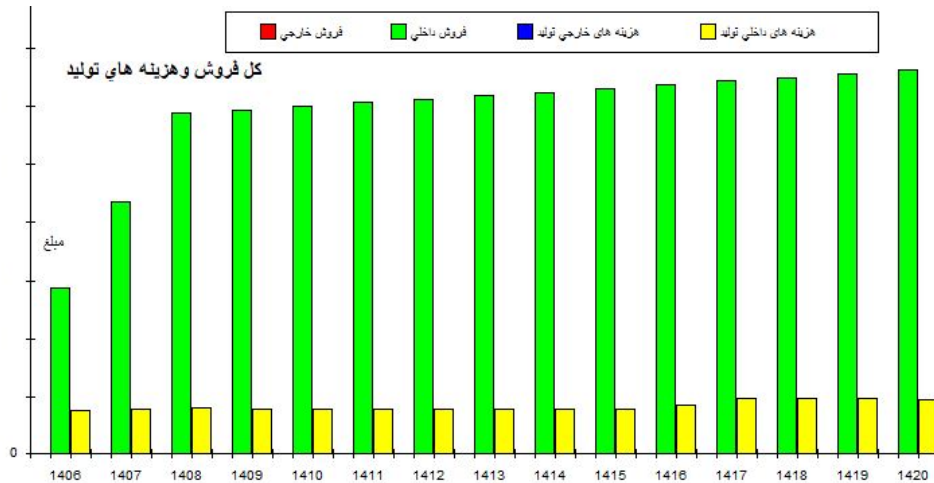
شکل ۱۴- نمودار جریانات نقدی تجمعی - بازگشت سرمایه عادی طرح



شکل ۱۵- نمودار جریانات نقدی تجمعی - بازگشت سرمایه متحرك طرح



شکل ۱۶- نمودار آنالیز حساسیت IRR



شکل ۱۷- نمودار میزان فروش و هزینه های تولید

مضافاً اینکه کاربردهای وسیع محصولات تیتانیوم و نیاز مبرم صنعت کشور به واردات محصولات تیتانیوم و استراتژیک بودن این فلز با توجه به کاربردی صنعتی مختلف باعث می شود که توجه ویژه ای به این صنعت و ایجاد زیرساخت های مربوط به آن داشت. بنابراین بزرگترین دستاورد احداث کارخانه استحصال پیگمنت توسعه صنایع پایین دستی، اشتغالزایی و ایجاد امنیت پایدار در کشور خواهد بود.

## ۵- مراجع

۱. راهنمای امکان سنجی پروژه های معدنی، سازمان مدیریت و برنامه ریزی- وزارت صنعت و معدن و تجارت، انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن، نشریه شماره ۵۵۸، ۱۳۹۳.
۲. شکروی، هومن، تقوی، بهنام، زینالی، امیر، بررسی فرصت سنجی ورود در فرآوری مواد معدنی در مقیاس کارخانجات با قابلیت حمل و جابجایی - مطالعه موردی فرآوری مس، مجله نخبگان علوم و مهندسی، جلد هشتم، شماره ششم، ۱۴۰۲.
۳. گزارش وضعیت تیتانیوم در ایران و جهان، وزارت صنعت، معدن و تجارت، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۹۹.
۴. توحیدی، ن، فلزات استراتژیک (مواد و شیوه های تولید، کارایی و کاربرد، عرضه و تقاضا، درجه بحرانی و آسیب پذیری، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.
5. Zhang, W., Zhu, Z., Cheng, C.Y., A Literature Review of Titanium Metallurgical Processes. Hydrometallurgy, 108(2011) 177-188.
۶. شکروی، هومن، تقوی، بهنام، زینالی، امیر، پیاده سازی نظام طرح اجرایی پروژه (PEP) در پروژه های معدنی با مطالعه موردی-واحدهای فرآوری طلا، مجله نخبگان علوم و مهندسی، جلد هشتم، شماره ششم، ۱۴۰۲.
۷. نسیمی، فریا، مطالعه و بررسی تولید TiO2 از کنسائتره های ایلمنیتی، پروژه کارشناسی، دانشگاه صنعتی سهند تبریز، ۱۳۹۶.

۸. حسن زاده قندقلو، ح.، بررسی کانی شناسی، ویژگیهای کانسنگ و عوامل کننده کانی سازی در بخش غربی کانسار تیتانیوم قره آغاج ارومیه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه، ۱۳۹۶.
۹. فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف مس نشریه شماره ۵۴۱، وزارت صنایع و معادن، معاونت امور معادن و صنایع معدنی، سازمان نظام مهندسی معدن، ۱۳۸۹.
10. Gazquez, M.J., Bolivar, J.P., Garcia-Tenorio, R., Vaca, F., A Review of the Production Cycle of Titanium Dioxide Pigment. *Materials Sciences and Applications*, 5 (2014) 441-458.
۱۱. شکروی، هومن، تقوی، بهنام، بررسی آیتم های موثر در تجهیز کارگاه پروژه های صنعتی و EPC، مجله عمران و پروژه دوره ۴ شماره ۸، ۱۴۰۱.
۱۲. موفق، ا.، طرح استراتژی مواد معدنی (تیتانیوم)، شرکت مهندسین مشاور تحقیقات معدنی خاک خوب، ۱۳۷۴.
۱۳. شهنوازی، ع.، تهیه طرح های توجیهی سرمایه گذاری: آموزش گام به گام با نرم افزار کامفار، تبریز، انتشارات انس، ۱۳۹۵.