

پیش امکان سنجی اقتصادی احداث کارخانه تولید اسید نیتریک ۶۰ درصد در راستای توسعه صنایع پایین دست اوره

میثم شاهوردی^{۱*}، عبدالله علیزاده کارسالاری^۲

۱ شرکت بهسود سیستم پارس روژند، تهران، ایران

۲ گروه شیمی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده



واژه‌های کلیدی:

اسید نیتریک،
پیش امکان سنجی اقتصادی،
خالص ارزش فعلی، زنجیره ارزش اوره

Keywords:

Nitric acid, Economic
pre-feasibility study,
Net present value,
Urea value chain.

دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۲۷

پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۰۹

نوع مقاله: علمی - پژوهشی

پژوهش حاضر به پیش امکان سنجی اقتصادی احداث کارخانه تولید اسید نیتریک ۶۰ درصد با ظرفیت سالانه ۱۲۰،۰۰۰ تن در راستای توسعه صنایع پایین دست اوره می پردازد. داده های مورد نیاز از منابع معتبر بین المللی نظیر IHS Markit و S&P Global استخراج و با استفاده از نرم افزار کامفار III و با در نظر گرفتن نرخ تنزیل ۲۸ درصد و نرخ سرمایه گذاری مجدد ۹ درصد مورد تحلیل قرار گرفت. یافته های مالی پروژه نشان می دهد که ارزش فعلی خالص در نرخ تنزیل مذکور، معادل ۴۶- میلیون دلار و نرخ بازده داخلی معادل ۱/۶۶ درصد است که حاکی از عدم توجیه پذیری اقتصادی طرح در شرایط فعلی است. تحلیل حساسیت نیز مؤید آن است که شاخص های اقتصادی پروژه بیشترین وابستگی را به پارامترهای درآمد فروش و هزینه های عملیاتی دارد. نتایج این پژوهش نشان می دهد که پروژه از منظر سرمایه گذاری خصوصی و با معیارهای مالی متعارف توجیه پذیر نیست؛ با این حال، از منظر سیاست گذاری صنعتی و منافع اجتماعی-اقتصادی، می تواند دارای توجیه باشد. این شکاف میان منطق بازار و منطق سیاست، ضرورت مداخله دولت از طریق مشوق های حمایتی را برجسته می سازد.

مقدمه

عمرانی و صنعتی مورد تأکید قرار گرفته است [۲،۳]. در دهه های اخیر، رشد تقاضای جهانی و داخلی برای محصولات کشاورزی، منجر به توسعه قابل توجه صنایع پتروشیمی و افزایش تولید کودهای شیمیایی شده است. در این میان، اسید نیتریک به عنوان یکی از محصولات کلیدی زنجیره نیتروژنی، نقش محوری در تولید کودهای نیتراته و بسیاری از ترکیبات شیمیایی دارد [۴،۱۲].

مطالعات پیش امکان سنجی اقتصادی، نخستین گام نظام مند در ارزیابی فنی، مالی و زیست محیطی پروژه های سرمایه گذاری محسوب می شوند و مبنایی برای تصمیم گیری آگاهانه سرمایه گذاران و سیاست گذاران فراهم می آورند [۱]. در نظام برنامه ریزی کشور نیز، انجام مطالعات فنی و اقتصادی به عنوان پیش شرط آغاز طرح های

* عهده دار مکاتبات

+E-mail: Meisam.shahverdi@gmail.com

رجاع: میثم شاهوردی، عبدالله علیزاده کارسالاری، پیش امکان سنجی اقتصادی احداث کارخانه تولید اسید نیتریک ۶۰ درصد در راستای توسعه صنایع پایین دست اوره، نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران، ۴۵(۲): ۹۳ تا ۱۰۴ (۱۴۰۵).

با وجود مطالعات متعدد درباره فناوری و بهره‌وری واحدهای تولید اسید نیتریک [۸، ۲۱]، مطالعات اقتصادی جامع در مقیاس صنعتی و با رویکرد تکمیل زنجیره ارزش اوره در ایران همچنان محدود است. این پژوهش با تمرکز بر تحلیل اقتصادی پروژه و بهره‌گیری از داده‌های معتبر بین‌المللی و نرم‌افزار کامفار III، در پی پر کردن این خلأ پژوهشی است.

روش‌شناسی پژوهش

نرم‌افزار کامفار III^۲ که توسط یونیدو^۳ توسعه یافته، یکی از ابزارهای مرجع برای انجام مطالعات امکان‌سنجی مالی و اقتصادی پروژه‌های صنعتی است. این نرم‌افزار بر مبنای روش تنزیل جریان‌های نقدی، شاخص‌هایی نظیر NPV، IRR، MIRR و دوره بازگشت سرمایه را محاسبه کرده و امکان انجام تحلیل حساسیت را فراهم می‌سازد [۱]. در این پژوهش، کلیه محاسبات مالی پروژه با استفاده از این نرم‌افزار انجام شده است.

به منظور بررسی جذابیت اقتصادی طرح از شاخص‌های نرخ بازده داخلی^۴ و ارزش فعلی خالص^۵ [۲۲] استفاده شد. این تحلیل در چارچوب یک مطالعه پیش‌امکان‌سنجی اقتصادی انجام شده و تمرکز آن بر ارزیابی اولیه شاخص‌های مالی پروژه در شرایط مفروض پایه است، نه ارائه مدل جامع مدیریت ریسک در سطح امکان‌سنجی تفصیلی. نرخ بازده داخلی نرخ است که در آن ارزش فعلی خالص جریان‌های نقدی یک پروژه برابر صفر می‌شود. این نرخ به عنوان معیاری برای ارزیابی سودآوری سرمایه‌گذاری استفاده می‌شود و محاسبه آن مبتنی بر حل معادله NPV=0 است. معادله ۱ فرمول محاسبه ارزش فعلی خالص:

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{C_n}{(1+r)^n} \quad (1)$$

N: تعداد کل دوره‌ها^۶

n: عدد صحیح غیر منفی^۷

Cn: جریان نقدی^۸

r: نرخ تنزیل^۹

با حل این معادله بر مبنای NPV=0 پارامتر r مشخص می‌شود که در این حالت برابر با نرخ بازده داخلی می‌شود. در محاسبات انجام شده در این پژوهش تعداد کل دوره‌ها به تبعیت از دستورالعمل تهیه گزارشات امکان‌سنجی که از سوی شرکت ملی صنایع پتروشیمی منتشر شده است، ۴ سال فاز ساخت و ۱۵ سال بهره‌برداری در نظر گرفته شد.

تولید صنعتی اسید نیتریک از اوایل قرن بیستم با فرآیند آستوالد آغاز شد [۵] و امروزه این ماده عمدتاً از اکسیداسیون آمونیاک و جذب اکسیدهای نیتروژن در آب تولید می‌شود [۶، ۹، ۱۰]. بیش از ۷۵ درصد مصرف جهانی اسید نیتریک در صنعت کودهای شیمیایی بوده و کاربردهای گسترده‌ای در صنایع نظامی، فلزکاری و تولید پلیمرها دارد [۷، ۳۲]. توسعه صنایع پایین‌دست اوره، علاوه بر تکمیل زنجیره ارزش و کاهش خام‌فروشی، موجب افزایش بهره‌وری سرمایه‌گذاری و ارتقای تاب‌آوری زنجیره تولید می‌شود؛ در این راستا، احداث واحدهای تولید اسید نیتریک نقش مهمی در تأمین پایدار خوراک صنایع پایین‌دست ایفا می‌کند [۴].

در این پژوهش، پیش‌امکان‌سنجی اقتصادی احداث یک واحد تولید اسید نیتریک با ظرفیت سالانه ۱۲۰،۰۰۰ تن انجام شده است. تحلیل مالی پروژه با استفاده از نرم‌افزار تخصصی کامفار III صورت گرفته و شاخص‌هایی نظیر ارزش فعلی خالص (NPV)، نرخ بازده داخلی (IRR) و دوره بازگشت سرمایه محاسبه شده‌اند [۱۰، ۱۵]. نرم‌افزار کامفار که توسط سازمان توسعه صنعتی ملل متحد^۱ توسعه یافته، یکی از ابزارهای مرجع بین‌المللی برای ارزیابی مالی و اقتصادی پروژه‌های سرمایه‌گذاری محسوب می‌شود و به‌طور گسترده در مطالعات امکان‌سنجی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱].

مطابق چارچوب‌های پیشنهادی یونیدو و ادبیات ارزش‌گذاری سرمایه‌گذاری، انتخاب نرخ تنزیل و انجام تحلیل حساسیت از اجزای کلیدی ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها هستند، زیرا تغییرات در قیمت فروش، هزینه‌های عملیاتی یا شرایط کلان اقتصادی می‌توانند نتایج مالی را به‌طور معناداری تحت تأثیر قرار دهند [۱۱، ۱۴، ۱۶]. در این مطالعه، نرخ تنزیل با در نظر گرفتن نرخ بازده بدون ریسک، صرف ریسک کشور، ریسک صنعت و ریسک نقدشوندگی و در چارچوب ادبیات مالی تعیین شده است [۲۳، ۲۴، ۳۰، ۳۱].

با وجود اهمیت تکمیل زنجیره ارزش نیتروژنی در سیاست‌های صنعتی کشور، هنوز پرسش اساسی این است که آیا احداث واحد تولید اسید نیتریک در شرایط کنونی اقتصاد ایران، با نرخ‌های بالای تنزیل و ریسک‌های نهادی موجود، از منظر سرمایه‌گذاری خصوصی توجیه‌پذیر است یا خیر. شکاف موجود در ادبیات داخلی عمدتاً ناشی از فقدان تحلیل‌های مالی مبتنی بر مفروضات واقع‌بینانه نرخ تنزیل و ریسک کشور است. این پژوهش می‌کوشد با تلفیق داده‌های بین‌المللی و چارچوب ارزیابی مالی پروژه، پاسخی کمی و مستند به این پرسش ارائه دهد.

(۱) UNIDO
(۳) UNIDO
(۵) NPV (Net Present Value)
(۷) Non-Negative Integer
(۹) Discount rate

(۲) COMFAR III
(۴) IRR (Internal Rate of Return)
(۶) Total Number of Periods
(۸) Cash Flow
(۸) IRR (Internal Rate of Return)

جدول ۱ - جزییات محاسبه نرخ تنزیل

محدوده تخمینی	مبنای محاسبه	جزء نرخ تنزیل
حدافل نرخ سود سپرده‌های بانکی بلند مدت ^۱	۲۰ درصد	نرخ بازده بدون ریسک
ریسک‌های کلان اقتصادی و سیاسی ایران ^۲	۴+ درصد	صرف ریسک کشور
ریسک ذاتی صنعت پتروشیمی و پروژه ^۳	۳+ درصد	صرف ریسک صنعت
محدودیت در خروج سرمایه از پروژه ^۴	۱+ درصد	صرف ریسک نقد شوندگی
حاصل جمع	۲۸ درصد ^۵	نرخ تنزیل پیشنهادی

۱. بر اساس نرخ سپرده بلندمدت با سررسید یک سال طبق مصوبه شورای پول و اعتبار^۱
 ۲. نرخ تعدیل شده داموداران^۲ (۲۰۲۴) [۳۰]^۳
 ۳. بر اساس ادبیات ارزش گذاری صنایع سرمایه‌بر و پرنوسان، صرف ریسک صنعت در بازه ۲ تا ۵ درصد پیشنهاد شده است (مکنزی^۴، ۲۰۲۰)، که در این پژوهش مقدار ۳ درصد لحاظ گردید.
 ۴. مقدار صرف ریسک نقدشوندگی در این پژوهش کمتر از مقادیر پیشنهادی در ادبیات بین‌المللی انتخاب شده است [۳۰] تا از بیش‌برآوردی نرخ تنزیل جلوگیری شود.

در محاسبات مالی و اقتصادی پروژه‌ها، در فرمول ارزش فعلی خالص از نرخ تنزیل که بیانگر ارزش زمانی پول است، استفاده شد. این نرخ ابزاری برای محاسبه ارزش فعلی پولی است که در آینده دریافت می‌شود و در تحلیل پروژه‌ها، ارزیابی سرمایه‌گذاری‌ها و محاسبه ارزش فعلی جریان‌های نقدی آینده کاربرد دارد [۱۴، ۲۳، ۲۴]. با بهره‌گیری از نرخ تنزیل می‌توان ارزش امروز مبلغی مشخص که در آینده دریافت خواهد شد را تعیین کرد. در این پژوهش، نرخ تنزیل برابر با ۲۸ درصد در نظر گرفته شد. این نرخ در واقع یک برآورد محافظه‌کارانه بوده و مبنای محاسباتی آن در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

شایان ذکر است که در اقتصادهای دارای بی‌ثباتی نهادی و تورم ساختاری، نرخ تنزیل بیشتر ماهیتی نهادی و تجربی دارد تا صرفاً حاصل مدل‌های کلاسیک CAPM؛ از این‌رو، در پژوهش‌های کاربردی، نرخ تنزیل معمولاً از تجمیع اجزای ریسک سیستماتیک و غیرسیستماتیک تشکیل می‌شود [۳۰، ۳۱]. رویکرد اتخاذشده در این پژوهش منطبق با رویه بانک‌های عامل و مطالعات ارزش گذاری پروژه‌های صنعتی در ایران است.

جدول ۲ - هزینه‌های سرمایه گذاری

ردیف	شرح	جمع کل (دلار)	درصد وزنی
۱	زمین ^۵	۳۰۰،۰۰۰	۰/۳۸
۲	محوطه سازی	۱۵،۰۰۰	۰/۰۲
۳	عملیات ساختمانی	۲۴۰،۰۰۰	۰/۳
۴	ماشین آلات و مخازن (طبق جدول ۴)	۴۵،۰۰۰،۰۰۰	۵۶/۲۹
۵	تجهیزات کمکی و جانبی	۳۶۰،۰۰۰	۴/۵
۶	آفسایت ^۶	۲۵،۰۰۰،۰۰۰	۳۱/۲۷
۷	وسایط نقلیه	۲۵،۰۰۰	۰/۰۳
۸	اثاثیه و منصوبات اداری	۲۵،۰۰۰	۰/۰۳
۹	متفرقه و پیش بینی نشده ۳ درصد	۲،۲۲۶،۱۵۰	۲/۷۸
۱۰	جمع هزینه‌های ثابت سرمایه گذاری	۷۶،۴۳۱،۱۵۰	۹۵/۶۱
۱۱	هزینه‌های قبل از بهره برداری (طبق جدول ۵)	۱،۴۵۴،۰۰۰	۱/۸۲
۱۲	سرمایه در گردش مورد نیاز	۲۰،۵۴۴،۵۵۲	۲/۵۷
۱۳	جمع کل سرمایه گذاری	۷۹،۹۳۹،۷۰۲	۱۰۰

منبع: (JLC) PEP Report 127A1, P.79-93 و تطبیق بر اساس شرایط ایران

این نرخ به وضوح نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاران در ایران به دلیل شرایط پر ریسک، انتظار بازدهی بسیار بالاتری نسبت به استانداردهای بین‌المللی (نرخ تنزیل ۸ درصد تا ۱۲ درصد) دارند. در پروژه‌های صنعتی مشابه که مورد تایید بانک‌های عامل کشور نیز می‌باشد از این میزان نرخ استفاده می‌شود.

پیش‌بینی سرمایه‌گذاری مورد نیاز این پژوهش و همچنین میزان مصارف انرژی از گزارشات موسسه IHS Markit^۷ استخراج شد و با شرایط داخل کشور در زمان تهیه این پژوهش تطابق داده شد. نرخ تسعیر ارز نیز بر اساس نرخ فروش سامانه سنا^۸ در تاریخ ۱۴۰۴/۰۶/۰۴ به ازای هر دلار آمریکا ۶۹۸،۳۷۵ ریال در محاسبات لحاظ شده است.

یافته‌های پژوهش

هزینه‌های سرمایه گذاری

جدول ۲ هزینه‌های سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای اجرای طرح را نشان می‌دهد که از گزارشات موسسه آیسیس^۹ بر اساس فرآیند شرکت KBR، استفاده شده است.^{۱۰}

(۶) تمام تأسیسات پشتیبان و زیربنایی که لازم است تا واحد اصلی بتواند کار کند.

(۷) شرکت خدمات اطلاعات انگلیسی - آمریکایی است که در سال ۲۰۱۶ از ادغام شرکت آمریکایی IHS با شرکت انگلیسی Markit تأسیس شد. دفتر مرکزی این شرکت در شهر لندن قرار دارد و بخشی از سهام آن در بازار بورس نیویورک معامله می‌شود (برجسته و ناظمی، ۱۳۹۴).

(۸) <https://fxmarketrate.cbi.ir>

(۹) Independent Commodity Intelligence Services (ICIS)

(۱۰) مبالغ سرمایه گذاری مربوط به ماشین آلات، مخازن، تجهیزات کمکی و جانبی طبق مستندات موجود PEP برای ساخت واحد مشابه در آمریکا در سال ۲۰۰۸ و چین در سال ۲۰۲۳، استفاده شده است که با توجه به Cost Index تبدیل هزینه‌ها به زمان فعلی و شرایط داخل کشور انجام شده و در محاسبات در نظر گرفته شده است.

(۱) مطابق ادبیات مالی، در اقتصادهای دارای تورم مزمن، نرخ بازده بدون ریسک بر اساس حداقل نرخ سود ابزارهای بانکی یا اوراق دولتی تعیین می‌شود [۳۰]. بر این اساس، نرخ ۲۰ درصد که متناظر با حداقل نرخ سود سپرده‌های بلندمدت در ایران است، به‌عنوان نرخ بدون ریسک لحاظ شد. (۲) Damodaran, A.

(۳) با توجه به شرایط تحریم و ریسک‌های ژئوپلیتیک، صرف ریسک کشور بر اساس رویکرد داموداران (۲۰۲۴) لحاظ شد [۳۰]. اما به دلیل ماهیت این پژوهش و جلوگیری از بیش‌برآوردی، مقدار آن به‌صورت محافظه‌کارانه برابر ۴ درصد در نظر گرفته شد.

(۴) McKinsey

(۵) زمین مورد نیاز برای اجرای طرح ۴۰ هزار مترمربع در نظر گرفته شده است. در صورت اجرای طرح در پتروشیمی لردگان، هزینه‌هایی از قبیل آفسایت، زمین، محوطه سازی و برخی دیگر از هزینه‌های یا نیاز به انجام ندارد یا مبالغ کمتری مورد نیاز خواهد بود.

جدول ۳ - جزییات مربوط به هزینه‌های ماشین آلات و مخازن

ردیف	شرح	جمع کل (دلار)
۱	مطالعات تفصیلی	۱۰۰,۰۰۰
۲	خرید تجهیزات ساخت داخل	۲۶,۰۰۰,۰۰۰
۳	حمل و نقل داخلی و بیمه	۶۵۰,۰۰۰
۴	دو سال قطعات یدکی	۷۸۰,۰۰۰
۵	خرید و حمل تجهیزات خارجی DDP ^۱	۱۰,۰۰۰,۰۰۰
۶	مواد و اجزا وارداتی	۲۰۰,۰۰۰
۷	دو سال قطعات یدکی تجهیزات خارجی	۳۰۶,۰۰۰
۸	حمل دریایی	۱,۰۰۰,۰۰۰
۹	سیویل	۱,۸۱۰,۰۰۰
۱۰	نصب اجزاء مکانیکی	۳,۶۲۰,۰۰۰
۱۱	پیش راه اندازی	۶۰,۰۰۰
۱۲	راه اندازی و آزمون عملکرد	۲۸۸,۰۰۰
۱۳	آموزش	۲۰,۰۰۰
۱۴	بازرسی فنی	۱۶۶,۰۰۰
	جمع	۴۵,۰۰۰,۰۰۰

منبع: (JLC) PEP Report 127A1, P.79-93 و تطبیق بر اساس شرایط ایران

جدول ۴ - هزینه‌های قبل از بهره برداری

ردیف	شرح	جمع کل (دلار)
۱	خرید لیسانس طراحی ^۲	۵۰۰,۰۰۰
۲	مهندسی پایه فرایندی	۲۰۰,۰۰۰
۳	هزینه‌های پیشگیری، کنترل و کاهش آثار نامطلوب محیط زیست	۶۰,۰۰۰
۴	مطالعات امکان سنجی	۳۸,۰۰۰
۵	خدمات مدیریت طرح	۲۳۰,۰۰۰
۶	طراحی ساختمان های غیر صنعتی و مخازن	۱۲۰,۰۰۰
۷	هزینه پرسنلی و حقوق و دستمزد فاز ساخت	۳۰۰,۰۰۰
۸	هزینه‌های اداری و تشکیلاتی	۹۰,۰۰۰
۹	هزینه ماموریت و مسافرت	۲۴۰,۰۰۰
	جمع	۱,۴۵۴,۰۰۰

منبع: (JLC) PEP Report 127A1, P.79-93 و تطبیق بر اساس شرایط ایران

در جدول ۳ جزییات مربوط به هزینه‌های ماشین آلات و مخازن
ارایه شده است.

در جدول ۴ جزییات مربوط به هزینه‌های قبل از بهره برداری
ارایه شده است.

هزینه‌های بهره‌برداری

در جدول ۵، هزینه‌های بهره‌برداری در سال مبنا (سالی که کارخانه
با ظرفیت کامل تولید می‌نماید) ارایه شده است.

جدول ۵ - هزینه‌های بهره‌برداری در سال مبنا

شرح	جمع کل (دلار)	درصد از کل
مواد خام (طبق جدول ۷)	۱۴,۵۸۴,۶۹۸	۵۰/۶
کاتالیست	۶,۰۰۰,۰۰۰	۲۰/۸
ملزومات مصرفی و حمل و نقل (۵٪ هزینه مواد خام و کاتالیست)	۱,۰۲۹,۲۳۵	۳/۶
سرویس‌های جانبی (طبق جدول ۸)	۶۸۳,۳۵۵	۲/۴
قطعات یدکی مصرف شده (۱٪ هزینه ماشین آلات و مخازن)	۴۵۰,۰۰۰	۱/۶
نگهداری، تعمیرات و قطعات یدکی (۵٪ هزینه سرمایه گذاری ثابت)	۳۸۲,۱۵۶	۱/۳
حقوق و دستمزد (۷۰ نفر)	۳۱۴,۳۳۰	۱/۱
هزینه‌های بالاسری دستمزد (۳۰٪ هزینه حقوق و دستمزد)	۹۴,۲۹۹	۰/۳
هزینه‌های سربار کارخانه (۲٪ هزینه‌های فوق)	۴۷۰,۷۶۱	۱/۶
استهلاک (طبق جدول ۹)	۴,۶۵۵,۱۰۹	۱۶/۱۶
بازاریابی و فروش (۵٪ فروش)	۱۵۰,۰۰۰	۰/۵
بهای تمام شده محصولات	۲۸,۸۱۳,۹۴۲	۱۰۰
بهای تمام شده هر تن محصول	۲۴۰	دلار بر تن

منبع: (JLC) PEP Report 127A1, P.79-93 و تطبیق بر اساس شرایط ایران

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، سهم مواد خام ۵۰/۶ درصد از کل بهای تمام شده محصول بوده و هزینه‌های مربوط به کاتالیست (۲۰/۸ درصد) و استهلاک (۱۶/۱۶ درصد) در رتبه‌های بعدی قرار دارند و سایر هزینه‌ها در مجموع ۱۲/۴۴ درصد را شامل می‌شوند.

بر اساس مطالعات صورت پذیرفته شده^۳ توسط موسسه اس اند پی گلوبال^۴ [۲۹] بر مبنای تکنولوژی شرکت KBR، به منظور تولید یک تن اسید نیتریک با خلوص ۶۰ درصد نیاز به ۰/۲۸۲ تن آمونیاک می‌باشد. آمونیاک مورد نیاز می‌تواند از پتروشیمی پردیس، پتروشیمی شیراز و یا پتروشیمی رازی تامین شود. میزان آمونیاک مورد نیاز برای ظرفیت محصول ۱۲۰,۰۰۰ تنی اسید نیتریک، سالانه ۳۳,۸۴۰ تن می‌باشد [۲۸]. جزییات مصرف و قیمت هر واحد مواد خام مورد نیاز در جدول ۶ ارایه شده است.

نرخ محصولات پتروشیمیایی در کشور از سوی شرکت ملی صنایع پتروشیمی منتشر می‌شود. بر این اساس، نرخ واحد آمونیاک در جدول ۷ براساس میانگین سه سال گذشته و پنج سال آتی قیمت برآوردی در نظر گرفته شده است.

(۲) مبلغ لایسنس طبق تحقیقات میدانی از واحدهای مشابه ساخته شده و یا در حال برنامه‌ریزی در منطقه (هند و چین) که با تکنولوژی ESPINDESA, Spain هستند برآورد شده است.

(۳) PEP Report 127A1, P.79-93 (JLC)

(۴) S&P Global: Nitric acid, 60% By KBR Weatherly Dual Pressure Process

(۱) اصطلاح DDP مخفف Delivered Duty Paid است و یکی از شرایط بین‌المللی تحویل کالا طبق قواعد اینکوترمز است. در این روش، فروشنده (تأمین‌کننده خارجی) تمام هزینه‌ها و ریسک‌های حمل کالا تا محل مورد توافق در کشور خریدار را برعهده می‌گیرد.

جدول ۶ - مواد خام مورد نیاز

ردیف	مواد خام	میزان مورد نیاز به ازای هر تن محصول	میزان مورد نیاز سالانه	واحد	نرخ واحد (دلار)	جمع کل (دلار)
۱	آمونیاک ^۱	۰/۲۸۲	۳۳،۸۴۰	تن	۴۲۰	۱۴،۲۱۲،۸۰۰
۲	آب	۱/۴۷	۱۷۶،۲۵۵	متر مکعب	۲/۱۱	۳۷۱،۸۹۸
۳	اکسیژن ^۲	۰/۹۱۴	۱۰۹،۶۸۰	تن	۰	۰
جمع						۱۴،۵۸۴،۶۹۸

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۷ - سرویس‌های جانبی مورد نیاز

ردیف	شرح	واحد	میزان مورد نیاز به ازای هر تن محصول	مقدار مورد نیاز سالانه	مبلغ واحد (دلار)	جمع کل (دلار)
۱	آب خنک کننده	متر مکعب	۱۱۶	۱۳،۹۲۰،۰۰۰	۰/۰۱	۱۳۹،۲۰۰
۲	برق	کیلو وات ساعت	۶/۱۹۴۹۹	۷۴۳،۳۹۹	۰/۰۴	۲۹،۷۳۶
۳	بخار	تن	۰/۷۴۱	۸۸،۹۲۰	۱۰/۷۷	۵۱۴،۴۱۹
جمع کل						۶۸۳،۳۵۵

منبع: (JLC) PEP Report 127A1, P.79-93 و تطبیق بر اساس شرایط ایران

جدول ۸ - استهلاک^۳

شرح	میزان سرمایه‌گذاری (دلار)	نرخ استهلاک	ارزش قراضه	جمع کل (دلار)
زمین	۳۰۰،۰۰۰	%۰	%۱۰۰	۰
محوطه سازی	۱۵،۰۰۰	%۶/۶۷	%۱۰	۹۰۰
عملیات ساختمانی	۲۴۰،۰۰۰	%۶/۶۷	%۱۰	۱۴،۴۰۰
ماشین آلات و مخازن	۴۵۰،۰۰۰،۰۰۰	%۶/۶۷	%۱۰	۲،۷۰۰،۰۰۰
تجهیزات کمکی و جانبی	۳۶۰،۰۰۰	%۶/۶۷	%۱۰	۲۱۶،۰۰۰
آفسایت	۲۵۰،۰۰۰،۰۰۰	%۶/۶۷	%۱۰	۱،۵۰۰،۰۰۰
وسایط نقلیه	۲۵،۰۰۰	%۶/۶۷	%۱۰	۱،۵۰۰
اثاثیه و منصوبات اداری	۲۵،۰۰۰	%۶/۶۷	%۱۰	۱،۵۰۰
متفرقه و پیش بینی نشده ۳ درصد	۲،۲۲۶،۱۵۰	%۶/۶۷	%۱۰	۱۳۳،۵۶۹
هزینه های قبل از بهره برداری	۱،۴۵۴،۰۰۰	%۶/۶۷	%۱۰	۸۷،۲۴۰
جمع کل	۷۷،۸۸۵،۱۵۰			۴،۶۵۵،۱۰۹

منبع: یافته‌های پژوهش

فروش و درآمد

با توجه به میانگین سه سال گذشته و پنج سال آتی قیمت برآوردی اسید نیتریک براساس فوب^۴ خلیج فارس، CFR چین و هند بر اساس گزارش ۲۰۲۴ موسسه IHS، مبلغ ۲۵۰ دلار به ازای هر تن در محاسبات در نظر گرفته شده است که در جدول ۹ درآمد سالیانه بر اساس ظرفیت تولید آرایه شده است. لازم به ذکر است قیمت جهانی این محصول در زمان تهیه گزارش (شهریور ۱۴۰۴) بین ۲۱۰ تا ۳۵۰ دلار بر تن نوسان داشته است [۲۹،۱۲].

جدول ۷ میزان مورد نیاز سرویس‌های جانبی به ازای هر تن محصول و مقدار سالیانه و هزینه‌های آن آرایه شده است. با توجه به در نظر گرفتن هزینه احداث واحدهای تامین کننده سرویس‌های جانبی در بخش سرمایه‌گذاری، هزینه واحد سرویس‌های جانبی مربوط به هزینه‌های واحد مربوطه در سایت می‌باشد. جدول ۸ نرخ استهلاک، ارزش قراضه و هزینه استهلاک سالانه را نشان می‌دهد. نرخ استهلاک بر اساس قانون مالیات‌های مستقیم و دستورالعمل تهیه گزارشات امکان سنجی که از سوی شرکت ملی صنایع پتروشیمی منتشر شده است در نظر گرفته شده است.

وارد کمپرسور هوا شده و وارد فرآیند تولید می‌شود لذا هزینه‌ای به عنوان مواد اولیه دیده نشده است. (۳) نرخ استهلاک بر اساس قانون مالیات‌های مستقیم در نظر گرفته شده است.

(۴) FOB

(۱) قیمت برآوردی برای آمونیاک به عنوان ماده اولیه طرح بر اساس میانگین ۸ ساله (سه سال گذشته و پنج سال آتی) می‌باشد.

(۲) اکسیژن مورد نیاز از هوا تامین شده و طبق فرآیند آرایه شده در بخش بعدی پس از عبور از فیلتر

جدول ۹ - درآمد فروش

سال	ظرفیت تولید	میزان تولید (تن)	نرخ فروش (دلار)	جمع کل (هزار دلار)
۱	۸۰٪	۹۶،۰۰۰	۲۵۰	۲۴،۰۰۰
۲	۹۰٪	۱۰۸،۰۰۰	۲۵۰	۲۷،۰۰۰
۳	۱۰۰٪	۱۲۰،۰۰۰	۲۵۰	۳۰،۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۰ - مفروضات مالی

شرح	واحد	مقادیر
مدت زمان ساخت	سال	۴
مدت زمان بهره برداری	سال	۱۵
نرخ تنزیل	درصد	۲۸
نرخ سرمایه گذاری مجدد	درصد	۹٪
درصد تولید	درصد	۸۰٪-۹۰٪-۱۰۰٪
سرمایه در گردش	روز	مواد اولیه ۳۰ روز قطعات یدکی ۳۰ روز مواد شیمیایی ۳۰ روز موجودی کالای ساخته شده ۱۵ روز حساب‌های دریافتی ۳۰ روز حساب‌های پرداختی ۶۰ روز وجه نقد ۳۰ روز
قیمت خوراک (آمونیاک)	دلار بر تن	۴۲۰ - میانگین ۸ ساله (سه سال گذشته و پنج سال آتی)
قیمت فروش (اسید نیتریک)	دلار بر تن	۲۵۰
تورم و افزایش قیمت‌ها	درصد	صفر
نرخ تسعیر ارز (سامانه سنا - ۱۴۰۴/۰۶/۰۴)	ریال	۶۹۸،۳۷۵
مالیات	درصد	۱۰ سال معاف از مالیات - ۵ سال مالیات ۲۵٪

جدول ۱۱ - شاخص‌های اقتصادی

شرح	مقدار	واحد
میزان سرمایه گذاری ثابت مورد نیاز	۷۶،۴۳۱،۱۵۰	دلار
میزان مخارج پیش از تولید مورد نیاز	۱،۴۵۴،۰۰۰	دلار
سرمایه در گردش مورد نیاز	۲،۰۵۴،۵۵۲	دلار
کل سرمایه‌گذاری مورد نیاز	۷۹،۹۳۹،۷۰۲	دلار
ظرفیت تولید	۱۲۰،۰۰۰	تن
هزینه تولید سالانه	۲۸،۸۱۳،۹۴۲	دلار
بهای تمام شده هر واحد محصول	۲۴۰	دلار بر تن
درآمد سالانه	۳۰،۰۰۰،۰۰۰	دلار
قیمت فروش هر واحد محصول	۲۵۰	دلار بر تن
IRR (نرخ بازده داخلی سرمایه گذاری)	۱/۶۶	درصد
NPV در نرخ تنزیل ۲۸٪ (خالص ارزش فعلی کل سرمایه)	-۴۶،۱۸۵،۳۸۶	دلار
MIRR (با نرخ سرمایه‌گذاری مجدد ۹٪) (IRR تعدیل شده)	۴/۷۱	درصد
دوره بازگشت سرمایه عادی (با احتساب مدت زمان ساخت)	۱۸/۲۳	سال

منبع: یافته‌های پژوهش

شاخص‌های اقتصادی

در جدول ۱۰ مفروضات برنامه‌نویسی مالی در نرم افزار کامفار III به صورت خلاصه ارائه است. با بهره‌گیری از نرم افزار کامفار و برنامه نویسی مالی در آن بر اساس مفروضات ارائه شده در جدول ۱۰ و همچنین هزینه‌های سرمایه‌گذاری (جدول ۲)، هزینه‌های بهره‌برداری (جدول ۵) و درآمد فروش (جدول ۹)، محاسبات اقتصادی انجام شده و نتایج در جدول ۱۱ ارائه می‌شود.

طبق محاسبات انجام شده در نرم افزار کامفار و بر اساس جریان نقد پیش بینی شده، دوره بازگشت سرمایه محاسبه شده است که در جدول ۱۱ مشاهده می‌شود، یعنی ۱۸/۲۳ سال طول می‌کشد تا اصل سرمایه‌گذاری انجام شده بازگشت داده شود. با توجه به اینکه نرخ بازده داخلی پروژه برابر با ۱/۶۶ درصد برآورد شده است، بدیهی است که ارزش فعلی خالص پروژه تنها در نرخ‌های تنزیل پایین‌تر از این مقدار می‌تواند مثبت شود؛ از این رو، منفی بودن NPV در نرخ‌های متعارف سرمایه‌گذاری در اقتصاد ایران امری سازگار با نتایج محاسباتی است.

جدول ۱۲ - شناسایی و طبقه‌بندی ریسک‌های کلیدی پروژه

دسته ریسک	نوع ریسک	منشأ ریسک	اثر بالقوه بر پروژه	نحوه پوشش در مدل
بازار	نوسان قیمت فروش اسید نیتریک	نوسانات جهانی قیمت کودها و مشتقات نیتروژن	کاهش درآمد و NPV	تحلیل حساسیت درآمد فروش
بازار	محدودیت تقاضای داخلی	وابستگی به سیاست‌های یارانه‌ای کشاورزی	کاهش ظرفیت بهره‌برداری	سناریو بهره‌برداری ۷۰-۱۰۰٪
عملیاتی	افزایش هزینه خوراک آمونیاک	تغییر قیمت انرژی و خوراک	افزایش OPEX و کاهش IRR	تحلیل حساسیت هزینه عملیاتی
عملیاتی	ریسک‌های فنی واحد تولید	توقف‌های ناخواسته و افت راندمان	کاهش تولید سالانه	لحاظ ضریب دسترسی عملیاتی
مالی	ریسک نرخ تنزیل	شرایط کلان اقتصادی و ریسک کشور	کاهش ارزش فعلی پروژه	اعمال نرخ تنزیل تعدیل شده
مالی	ریسک نقدشوندگی	عدم وجود بازار ثانویه دارایی	افزایش بازده مورد انتظار	افزودن صرف ریسک نقدشوندگی
نهادی-سیاستی	تغییر سیاست‌های قیمت‌گذاری	مداخلات دولت در بازار کود	بی‌ثباتی درآمد	تحلیل حساسیت درآمد فروش
نهادی-سیاستی	محدودیت‌های تحریمی	دسترسی به قطعات و فناوری	افزایش سرمایه مورد نیاز و تأخیرات زمانی	رویکرد محافظه‌کارانه در هزینه‌ها

تحلیل ریسک‌های کلیدی پروژه

به‌منظور تکمیل ارزیابی اقتصادی پروژه و پاسخ به عدم قطعیت‌های حاکم بر متغیرهای کلیدی، تحلیل ریسک‌های اصلی پروژه انجام شد. مطابق ادبیات ارزش‌گذاری پروژه‌های صنعتی، ریسک‌ها به چهار دسته اصلی شامل ریسک‌های بازار، ریسک‌های عملیاتی، ریسک‌های مالی و ریسک‌های نهادی-سیاستی طبقه‌بندی می‌شوند [۱۴، ۱۶، ۳۳، ۳۱]. شناسایی و ارزیابی این ریسک‌ها امکان تفسیر واقع‌بینانه‌تر نتایج مالی و تصمیم‌گیری آگاهانه سرمایه‌گذاران را فراهم می‌کند. در این پژوهش، ریسک‌های پروژه به‌صورت کیفی-کمی شناسایی و اثر آن‌ها بر شاخص‌های مالی پروژه تحلیل شده است. جدول ۱۲ خلاصه ریسک‌های کلیدی، منشأ آن‌ها و اثر بالقوه آن‌ها بر شاخص‌های اقتصادی پروژه را نشان می‌دهد.

نتایج تحلیل ریسک نشان می‌دهد که اگرچه پروژه از منظر شاخص‌های مالی پایه فاقد توجیه اقتصادی است، اما بخش قابل‌توجهی از عدم جذابیت مالی ناشی از ریسک‌های بیرونی و نهادی است که خارج از کنترل سرمایه‌گذار خصوصی قرار دارد. از این‌رو، کاهش ریسک‌های سیاستی و بازار از طریق ابزارهای حمایتی می‌تواند به بهبود شاخص‌های اقتصادی پروژه منجر شود. لازم به ذکر است که در این پژوهش، تحلیل ریسک عمدتاً در چارچوب تحلیل حساسیت تک‌متغیره و تعدیل نرخ تنزیل انجام شده است. با توجه به ماهیت پیش‌امکان‌سنجی طرح و محدودیت دسترسی به داده‌های سری زمانی بلندمدت در خصوص نوسانات همبسته قیمت خوراک، محصول و نرخ ارز، به‌کارگیری روش‌های پیشرفته‌تری نظیر شبیه‌سازی مونت کارلو یا سناریوسازی احتمالاتی چندمتغیره در این مرحله مدنظر قرار نگرفت. با این حال، ساختار طبقه‌بندی ریسک‌ها به‌گونه‌ای طراحی شده است که قابلیت توسعه به مدل‌های کمی پیشرفته‌تر را در مطالعات آتی فراهم می‌سازد.

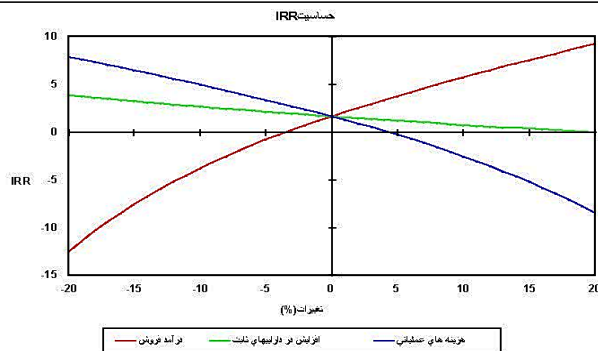
نتایج و بحث

اقتصاد مهندسی با هدف تخصیص بهینه منابع محدود، ابزارهای تحلیلی لازم برای ارزیابی هزینه و ارزش پروژه‌ها را در اختیار تصمیم‌گیران قرار می‌دهد [۱۳]. در این راستا، مطالعات امکان‌سنجی به‌عنوان بخش کلیدی فرآیند سرمایه‌گذاری، با بررسی جنبه‌های فنی، مالی، بازاری و زیست‌محیطی، زمینه تصمیم‌گیری آگاهانه را فراهم می‌سازند و ریسک شکست طرح‌ها را کاهش می‌دهند [۱۴ و ۲، ۳]. از میان روش‌های ارزیابی اقتصادی، «ارزش خالص فعلی» و «نرخ بازده داخلی» بیشترین کاربرد را در تحلیل سودآوری و کارایی مالی دارند [۱۸ و ۱۶]. پژوهش نامدار زنگنه و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که مدل‌های ترکیبی نظیر روش دلفی و برنامه‌ریزی آرمانی، در مقایسه با مدل‌های تک‌بعدی، دقت و اثربخشی بیشتری در انتخاب پروژه‌های اقتصادی دارند [۱۵، ۱۷]. در گزارش اینتراتک^۱ (۲۰۲۴) هزینه‌های تولید اسید نیتریک شامل سرمایه‌گذاری، مواد اولیه، انرژی و جریان نقدی تحلیل شده و تأثیر نوع فرآیند بر هزینه نهایی مورد تأکید قرار گرفته است [۱۸]. همچنین، مطالعات بین‌المللی مانند ژانگ و همکاران (۲۰۲۰) و سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (۲۰۲۱) بیان می‌کنند که تلفیق تحلیل‌های فنی، مالی و محیطی در پروژه‌های صنایع شیمیایی به کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و افزایش بازده منجر می‌شود [۲۰ و ۱۹]. در این پژوهش، تحلیل اقتصادی پروژه با استفاده از نرم‌افزار کامفار و داده‌های تطبیق یافته مؤسسه IHS Markit انجام شده است. نتایج نشان داد که در نرخ تنزیل ۲۸ درصد، شاخص ارزش خالص فعلی برابر با ۴۶- میلیون دلار و نرخ بازده داخلی ۱/۶۶ درصد است؛ بنابراین، پروژه از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر نیست. انتخاب نرخ تنزیل مذکور با توجه به ریسک‌های بالای سرمایه‌گذاری در اقتصاد ایران انجام شده است. تحلیل حساسیت نتایج نسبت به تغییرات درآمد فروش، هزینه‌های بهره‌برداری و هزینه‌های سرمایه‌ای نیز بررسی گردید. از منظر زیست‌محیطی، فرآیند اکسیداسیون آمونیاک موجب

(۱) Intratec



COMFAR III Expert



تغییرات %	درآمد فروش	افزایش در درایه های ثابت	هزینه های عملیاتی
۲۰,۰۰	۱۲,۵۶	۳,۸۷	۷,۹۰
۱۶,۰۰	۸,۴۲	۳,۳۷	۶,۷۵
۱۲,۰۰	۵,۱۹	۲,۹۰	۵,۶۰
۸,۰۰	۲,۵۱	۲,۴۶	۴,۳۷
۴,۰۰	۰,۲۲	۲,۰۵	۳,۰۶
۰,۰۰	۱,۶۶	۱,۶۶	۱,۶۶
۴,۰۰	۳,۳۹	۱,۲۹	۰,۱۷
۸,۰۰	۴,۹۹	۰,۹۴	-۱,۵۶
۱۲,۰۰	۶,۴۹	۰,۶۱	-۳,۵۳
۱۶,۰۰	۷,۹۰	۰,۳۰	-۵,۷۹
۲۰,۰۰	۹,۲۳	-۰,۰۱	-۸,۴۳

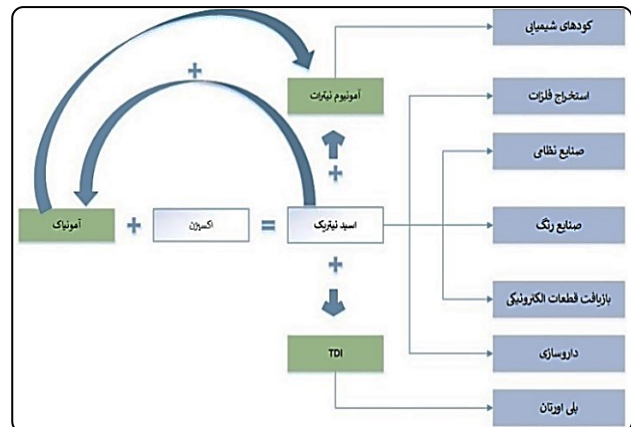
نمودار ۱ - حساسیت IRR

منبع: یافته های پژوهش (خروجی نرم افزار کامفار III)

در این پژوهش با توجه به استفاده از نرم افزار کامفار، تحلیل حساسیت این دو شاخص بر اساس سه پارامتر زیر مورد بررسی قرار گرفته است:

- تغییرات در درآمد فروش
- تغییرات در هزینه های بهره برداری
- تغییرات در هزینه های سرمایه گذاری ثابت

در نمودار ۱ حساسیت شاخص IRR نسبت به تغییرات ± 20 درصد در پارامترهای فوق الذکر نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود بیشترین حساسیت مربوط به تغییرات در درآمد فروش و هزینه های عملیاتی می باشد. در صورت کاهش ۲۰ درصدی درآمد فروش این شاخص به $12/54$ - درصد و در صورت افزایش به $9/23$ درصد خواهد رسید. در صورت کاهش ۲۰ درصدی هزینه های بهره برداری این شاخص به $7/90$ درصد و در صورت افزایش به $8/43$ - درصد خواهد رسید. در صورت کاهش ۲۰ درصدی هزینه های سرمایه گذاری ثابت این شاخص به $3/87$ درصد و در صورت افزایش به $0/01$ - درصد خواهد رسید.

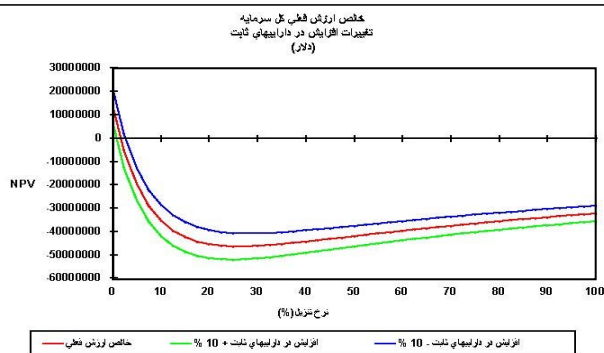


شکل ۱ - زنجیره ارزش اسید نیتریک

انتشار اکسیدهای نیتروژن می شود که از مهم ترین آلاینده های جوی به شمار می روند [۲۶] که در پژوهش عسکرزاده و همکاران (۱۳۹۴) شبیه سازی واحد اسید نیتریک پتروشیمی شیراز انجام شده است [۲۵]. به کارگیری کاتالیست های پلاتین-رودیم، سامانه های بازیابی حرارت و واحدهای جذب گاز مانند SCR می تواند تا حدود ۹۵ درصد از میزان انتشار این ترکیبات بکاهد [۲۷]. علاوه بر این، رعایت استانداردهای ISO 14001 و الزامات سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ضمن ارتقای بهره وری منابع و پایداری زیست محیطی، در برآورد هزینه های سرمایه گذاری پروژه نیز لحاظ شده است [۶]. تکمیل زنجیره ارزش همواره یکی از برنامه ها و سیاست های شرکت ملی صنایع پتروشیمی بوده است به طوری که شرکت ملی صنایع پتروشیمی اعلام نموده دیگر مجوز جدیدی برای تولید متانول و اوره در کشور صادر نمی شود^۱ و تمرکز بر اجرای طرح های مختلفی با هدف تکمیل زنجیره ارزش در صنعت پتروشیمی خواهد بود. زنجیره ارزش اسید نیتریک به شرح شکل ۱ می باشد، همانگونه که مشاهده می شود صنایع مهم و استراتژیکی به این محصول وابسته می باشد که این موضوع سبب لزوم اجرای این طرح خواهد شد.

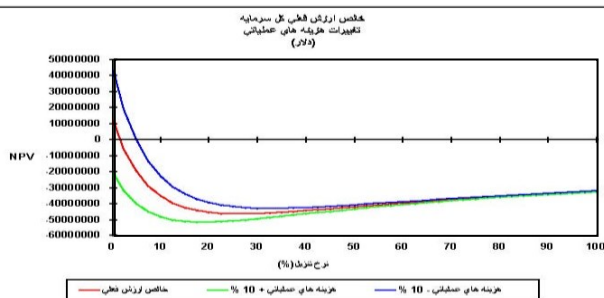
استفاده از نرخ تنزیل ۲۸ درصد برای ارزیابی پروژه ها در ایران، یک انتخاب واقع بینانه برای انعکاس «ارزش زمانی پول» و «ریسک های ذاتی سرمایه گذاری» در محیط پرنوسان اقتصادی این کشور است. این نرخ بالا، دلیل محکمی است که چرا بسیاری از پروژه های ظاهراً سودآور در محاسبات اولیه، از توجیه اقتصادی خارج می شوند. لازم به تأکید است که تمامی شاخص های مالی بر مبنای مفروضات یکسان و در چارچوب روش تنزیل جریان های نقدی محاسبه شده اند و تفاوت نتایج صرفاً ناشی از سطح نرخ تنزیل مفروض است.

(۱) <https://apic.co/0000Cv> و www.shana.ir/news/475788/



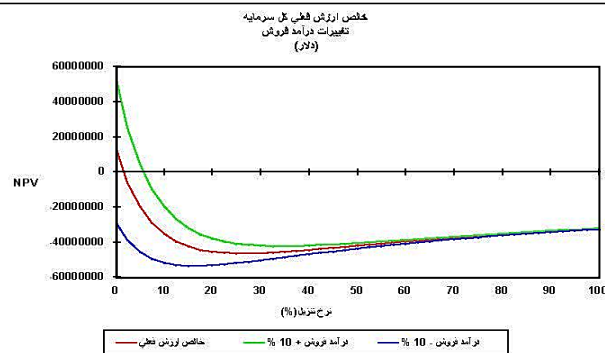
نرخ تنزیل %	خالص ارزش فعلی	افزایش در داراییهای ثابت + 10%	افزایش در داراییهای ثابت - 10%
0,00	۱۴,۳۶۶,۱۹۹,۵۵	۷,۱۵۹,۵۷۳,۱۸	۲۱,۵۷۲,۸۲۵,۹۳
۱۰,۰۰	-۳۵,۲۳۳,۲۳۷,۹۱	-۴۱,۸۵۲,۷۷۲,۵۲	-۲۸,۶۱۱,۷۰۳,۲۹
۲۰,۰۰	-۴۵,۲۹۹,۲۵۳,۱۵	-۵۱,۲۲۷,۸۲۵,۷۸	-۳۹,۳۷۰,۶۸۰,۵۱
۳۰,۰۰	-۴۵,۹۹۸,۱۸۷,۳۸	-۵۱,۳۳۷,۹۲۶,۷۴	-۴۰,۶۵۸,۴۴۸,۰۳
۴۰,۰۰	-۴۴,۲۳۷,۰۷۴,۶۹	-۴۹,۰۹۶,۶۰۱,۳۱	-۳۹,۳۷۷,۵۴۸,۰۸
۵۰,۰۰	-۴۱,۹۰۴,۳۷۲,۱۳	-۴۶,۳۷۱,۵۴۸,۷۳	-۳۷,۴۳۷,۱۹۵,۵۲
۶۰,۰۰	-۳۹,۵۷۴,۱۱۲,۴۳	-۴۳,۷۱۷,۱۸۳,۷۶	-۳۵,۴۳۱,۰۴۱,۱۱
۷۰,۰۰	-۳۷,۴۲۱,۳۴۱,۳۱	-۴۱,۲۹۳,۳۷۲,۹۰	-۳۳,۵۴۹,۳۰۹,۷۱
۸۰,۰۰	-۳۵,۴۸۷,۶۳۳,۶۸	-۳۹,۱۳۰,۳۵۰,۳۶	-۳۱,۸۴۴,۹۱۷,۰۰
۹۰,۰۰	-۳۳,۷۶۸,۲۴۴,۳۸	-۳۷,۲۱۴,۸۸۷,۷۶	-۳۰,۳۲۱,۶۰۱,۰۱
۱۰۰,۰۰	-۳۲,۲۴۳,۲۸۹,۵۰	-۳۵,۵۲۰,۶۸۵,۱۴	-۲۸,۹۶۵,۸۹۳,۸۵

نمودار ۳ - حساسیت NPV نسبت به تغییرات سرمایه گذاری ثابت
منبع: یافته‌های پژوهش (خروجی نرم‌افزار کامفار III)



نرخ تنزیل %	خالص ارزش فعلی	هزینه‌های عملیاتی + 10%	هزینه‌های عملیاتی - 10%
0,00	۱۴,۳۶۶,۱۹۹,۵۵	-۱۹,۴۶۲,۹۴۹,۳۷	۴۶,۶۷۷,۵۴۴,۷۲
۱۰,۰۰	-۳۵,۲۳۳,۲۳۷,۹۱	-۴۸,۱۶۲,۱۷۵,۷۶	-۲۲,۶۳۵,۷۳۴,۳۳
۲۰,۰۰	-۴۵,۲۹۹,۲۵۳,۱۵	-۵۱,۳۹۳,۱۱۴,۰۲	-۳۹,۲۹۰,۲۶۹,۲۱
۳۰,۰۰	-۴۵,۹۹۸,۱۸۷,۳۸	-۴۹,۳۱۹,۲۴۱,۱۹	-۴۲,۷۰۱,۵۵۲,۳۰
۴۰,۰۰	-۴۴,۲۳۷,۰۷۴,۶۹	-۴۶,۳۳۷,۶۷۸,۲۹	-۴۲,۲۴۴,۲۵۷,۲۲
۵۰,۰۰	-۴۱,۹۰۴,۳۷۲,۱۳	-۴۳,۱۹۸,۱۱۹,۳۹	-۴۰,۶۱۳,۳۳۴,۴۷
۶۰,۰۰	-۳۹,۵۷۴,۱۱۲,۴۳	-۴۰,۴۵۵,۵۸۶,۵۷	-۳۸,۹۶۳,۶۵۴,۸۹
۷۰,۰۰	-۳۷,۴۲۱,۳۴۱,۳۱	-۳۸,۰۴۶,۳۹۲,۱۶	-۳۶,۷۹۶,۶۹۷,۵۸
۸۰,۰۰	-۳۵,۴۸۷,۶۳۳,۶۸	-۳۵,۹۴۵,۰۸۹,۲۱	-۳۵,۰۳۰,۳۵۰,۷۹
۹۰,۰۰	-۳۳,۷۶۸,۲۴۴,۳۸	-۳۴,۱۱۱,۷۶۷,۰۱	-۳۳,۴۲۴,۷۹۸,۷۵
۱۰۰,۰۰	-۳۲,۲۴۳,۲۸۹,۵۰	-۳۲,۵۰۶,۸۴۰,۳۸	-۳۱,۹۷۹,۷۷۴,۵۳

نمودار ۴ - حساسیت NPV نسبت به تغییرات هزینه‌های بهره‌برداری
منبع: یافته‌های پژوهش (خروجی نرم‌افزار کامفار III)



نرخ تنزیل %	خالص ارزش فعلی	درآمد فروش + 10%	درآمد فروش - 10%
0,00	۱۴,۳۶۶,۱۹۹,۵۵	۵۴,۷۱۶,۱۹۹,۵۵	-۲۸,۲۵۱,۰۱۱,۷۰
۱۰,۰۰	-۳۵,۲۳۳,۲۳۷,۹۱	-۱۹,۵۰۸,۱۸۳,۹۷	-۵۱,۴۵۴,۱۹۶,۷۸
۲۰,۰۰	-۴۵,۲۹۹,۲۵۳,۱۵	-۳۷,۸۰۱,۶۶۳,۹۳	-۵۲,۹۲۳,۵۸۵,۹۲
۳۰,۰۰	-۴۵,۹۹۸,۱۸۷,۳۸	-۴۱,۸۸۶,۶۳۶,۸۰	-۵۰,۱۴۶,۲۰۱,۵۲
۴۰,۰۰	-۴۴,۲۳۷,۰۷۴,۶۹	-۴۱,۷۵۲,۶۰۳,۹۳	-۴۶,۷۳۳,۱۷۲,۱۷
۵۰,۰۰	-۴۱,۹۰۴,۳۷۲,۱۳	-۴۰,۲۹۵,۳۷۱,۲۶	-۴۳,۵۱۷,۴۱۹,۱۴
۶۰,۰۰	-۳۹,۵۷۴,۱۱۲,۴۳	-۳۸,۴۷۷,۱۴۱,۹۲	-۴۰,۶۷۲,۶۰۰,۹۸
۷۰,۰۰	-۳۷,۴۲۱,۳۴۱,۳۱	-۳۶,۶۴۳,۲۹۷,۴۸	-۳۸,۱۹۹,۹۹۳,۰۹
۸۰,۰۰	-۳۵,۴۸۷,۶۳۳,۶۸	-۳۴,۹۱۸,۱۸۳,۸۴	-۳۶,۰۵۷,۳۴۱,۳۲
۹۰,۰۰	-۳۳,۷۶۸,۲۴۴,۳۸	-۳۳,۳۴۰,۶۴۳,۰۶	-۳۴,۱۹۵,۹۶۰,۶۸
۱۰۰,۰۰	-۳۲,۲۴۳,۲۸۹,۵۰	-۳۱,۹۱۵,۲۶۴,۶۳	-۳۲,۵۷۱,۳۶۷,۹۸

نمودار ۲ - حساسیت NPV نسبت به تغییرات درآمد فروش
منبع: یافته‌های پژوهش (خروجی نرم‌افزار کامفار III)

در نمودار ۲ حساسیت شاخص NPV نسبت به تغییرات $\pm 10\%$ درصد درآمد فروش در نرخ تنزیل‌های مختلف نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در شرایط فعلی این شاخص در نرخ تنزیل ۱۰ درصد به بالا منفی بوده و پروژه اقتصادی نمی‌باشد در صورت افزایش ۱۰ درصدی درآمد فروش این شاخص در نرخ تنزیل صفر مثبت می‌شود.

در نمودار ۳ حساسیت شاخص NPV نسبت به تغییرات $\pm 10\%$ درصد سرمایه‌گذاری ثابت در نرخ تنزیل‌های مختلف نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در شرایط فعلی این شاخص در نرخ تنزیل ۱۰ درصد به بالا منفی بوده و پروژه اقتصادی نمی‌باشد در صورت کاهش و یا افزایش ۱۰ درصدی هزینه‌های سرمایه‌گذاری این شاخص در نرخ تنزیل صفر مثبت می‌شود.

در نمودار ۴ حساسیت شاخص NPV نسبت به تغییرات $\pm 10\%$ درصد هزینه‌های بهره‌برداری در نرخ تنزیل‌های مختلف نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در شرایط فعلی این شاخص در نرخ تنزیل ۱۰ درصد به بالا منفی بوده و پروژه اقتصادی نمی‌باشد در صورت کاهش ۱۰ درصدی هزینه‌های عملیاتی این شاخص در نرخ تنزیل صفر مثبت می‌شود.

نتیجه گیری

ملاحظات سیاست گذاری: سرمایه گذاری در تولید اسید نیتریک همسو با سیاست های توسعه صنعتی و زنجیره ارزش کشور است و می تواند نقش مهمی در افزایش اشتغال، انتقال فناوری و ارتقای بهره وری سرمایه داشته باشد، حتی اگر از نظر اقتصادی صرفه مالی مستقیم نداشته باشد.

نتایج این پژوهش نشان می دهد که پروژه از منظر سرمایه گذاری خصوصی و با معیارهای مالی متعارف توجیه پذیر نیست؛ با این حال، از منظر سیاست گذاری صنعتی و منافع اجتماعی-اقتصادی، می تواند دارای توجیه باشد. این شکاف میان منطق بازار و منطق سیاست، ضرورت مداخله دولت از طریق مشوق های حمایتی را برجسته می سازد. نتایج نشان می دهد که عدم توجیه پذیری مالی پروژه بیش از آنکه ناشی از ناکارایی فنی باشد، حاصل ریسک های نهادی و سیاستی است. از محدودیت های این پژوهش می توان به عدم دسترسی به قراردادهای واقعی فروش و تأمین خوراک اشاره کرد.

همچنین، تحلیل ریسک پروژه مبتنی بر رویکرد نرخ تنزیل تعدیل شده و تحلیل حساسیت بوده و بررسی همزمان عدم قطعیت چندمتغیره و همبستگی متغیرهای کلان اقتصادی در چارچوب مدل های احتمالاتی پیشرفته در دامنه این پژوهش قرار نداشته است. پیشنهاد می شود پژوهش های آتی با استفاده از داده های پویا و مدل های شبیه سازی تصادفی، ارزیابی جامع تری از توزیع احتمالی بازده پروژه ارائه دهند.

پژوهش حاضر با هدف بررسی توجیه پذیری اقتصادی احداث واحد تولید اسید نیتریک ۶۰ درصد و نقش آن در توسعه صنایع پایین دست اوره و تکمیل زنجیره ارزش نیتروژنی در کشور انجام شد. بر اساس تحلیل های فنی و اقتصادی به کمک نرم افزار کامفار و داده های بومی شده موسسه IHS Markit، نتایج زیر حاصل گردید:

نتایج فنی و تولیدی: فرآیند تولید اسید نیتریک به روش اکسیداسیون آمونیاک (فرآیند استوالد) با بهره وری مناسب و استانداردهای زیست محیطی قابل اجرا است. ظرفیت پیشنهادی ۱۲۰،۰۰۰ تن در سال، پاسخگوی نیاز صنایع پایین دست اوره و کودهای نیتروژنی کشور خواهد بود.

نتایج اقتصادی و مالی: شاخص های اقتصادی نشان می دهد که تحت شرایط فعلی بازار، پروژه دارای خالص ارزش فعلی منفی است و از نظر مالی به تنهایی توجیه پذیر نمی باشد. تحلیل حساسیت نیز نشان می دهد که افزایش قیمت فروش محصول یا کاهش هزینه های سرمایه گذاری می تواند وضعیت اقتصادی پروژه را بهبود بخشد؛ بدیهی است که با توجه به سطح پایین نرخ بازده داخلی، تنها در شرایط کاهش معنادار نرخ تنزیل به سطوح بسیار پایین تر از نرخ های متعارف سرمایه گذاری، امکان مثبت شدن NPV وجود خواهد داشت.

پیامدهای صنعتی و توسعه ای: احداث این واحد می تواند علاوه بر ایجاد ارزش افزوده مستقیم، به تکمیل زنجیره ارزش اوره کمک کند، میزان خام فروشی را کاهش داده و زمینه توسعه محصولات پایین دست نیتروژنی مانند نیتрат های ویژه و کودهای تخصصی را فراهم آورد.

مراجع

- [1] UNIDO, COMFAR III Expert: Computer Model for Feasibility Analysis and Reporting. Vienna: United Nations Industrial Development Organization (1995/2024).
- [۲] معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، راهنمای تهیه گزارش توجیهی طرح جلد اول: مروری بر روش های تدوین گزارش توجیه طرح های عمرانی (تجربه جهانی)، نشریه شماره ۳۱۲۱ (۱۳۹۲).
- [۳] معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، راهنمای تهیه گزارش توجیهی طرح جلد دوم: توجیه فنی، مالی، اقتصادی و اجتماعی، نشریه شماره ۳۱۲۲ (۱۳۹۲).
- [4] International Fertilizer Association (IFA), Mineral Fertilizer Production and the Environment (Technical Report) (2023).
- [5] Gopakumar J., Myrstad R., Bo Rresen Anda R., Øien H., Enger B.R.C., Waller D., Ro Nning M., Ostwald Process Intensification by Catalytic Oxidation of Nitric Oxide, *ACS Omega*. **10**(2): 2197-2211 (2025)
- [6] U.S. Environmental Protection Agency, Nitric Acid Production (Emission Factors and Process Description). AP-42, Chapter 8.8. (2008). Retrieved (2025).

- [7] Britannica T., Editors of Encyclopaedia. (n.d.). **Nitric acid**. *Encyclopaedia Britannica*. (2025).
- [8] PubChem, **Nitric acid (HNO₃) - Compound Summary**. *National Center for Biotechnology Information*. (2024).
- [9] <https://B2n.ir/ub6807>
- [10] Abbasian Hamedani E., Abdalisousan A., Khoshgard A., Nazari M., **Energy, Exergy, and Sustainability Analysis of an Industrial Nitric Acid Plant**, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, **45**: 10952-10970 (2023).
- [11] <https://www.mdpi.com/171144>
- [12] S&P Global Commodity Insights. Nitric Acid Market and Pricing Data. (2024).
- [۱۳] مهربانی، فاطمه. بررسی و نقد کتاب ارزیابی اقتصادی طرحها (موضوعات پیشرفته). پژوهشنامه انتقادی متون و برنامه های علوم/انسانی، ۲۱(۴): ۳۱۳-۳۲۶ (۱۴۰۰).
- [14] Brealey R.A., Myers S.C., Allen F., Principles of Corporate Finance. *McGraw-Hill Education*. ISBN10: 1266586156 | ISBN13: 9781266586156. (2019).
- [۱۵] مزینی، امیرحسین. بررسی و نقد کتاب ارزیابی اقتصادی طرحها. پژوهش نامه انتقادی متون و برنامه های علوم انسانی، ۲۲(۲): ۳۷۵-۳۵۵ (۱۴۰۱).
- [16] Götze U., Northcott D., Schuster P., **Investment Appraisal: Methods and Models**. *Springer*. (2015).
- [۱۷] نامدار زنگنه س.، وطنخواه س.، عادل کوهی ف.، انتخاب اقتصادی ترین پروژه با استفاده از روش دلفی، روش رتبه بندی دینامیک و برنامه ریزی آرمانی. مدیریت صنعتی، ۸(۲۵): ۵۵-۶۱ (۱۳۹۲).
- [18] Intratec. **Nitric Acid Production Cost Reports | Q3 2024**. *Intratec Analysis*. (2024).
- [19] Zhang H., Li J., Wang Y., **Economic Feasibility Analysis of Chemical Industry Projects: Integrating Financial and Environmental Perspectives**, *Journal of Cleaner Production*, **258**: 120586. (2020).
- [20] OECD. **Petrochemicals 2030: A Global Perspective**. *OECD Publishing*. (2021).
- [21] Anastasopoulou A., Tsagaraki E., Papadopoulos A.I., **Techno-Economic Analysis of Nitric Acid Production Units with Renewable Energy Integration Processes**, **4(4)**: 54. *MDPI AG*. (2016).
- [۲۲] محله ا، عصاره م.، امکان سنجی فنی و برنامه ریزی بهینه فرایند بازگردانی گاز در یک مخزن گاز میعانی، نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران، ۴۱(۴): ۳۱۳-۳۲۵ (۱۴۰۱).
- [23] Møller S.V., Priestley R., **the Role of the Discount Rate in Investment and Employment Decisions**. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, **58(2)**: 914-938 (2023).
- [24] Vonlanthen J., **on the Determinants of Discount Rates in Discounted Cash Flow Valuations: A Counterfactual Analysis**. *Real Estate*, **1(2)**: 174-197 (2024).
- [۲۵] عسکرزاده، محمدامین، عتیقی، مریم، بهبودی، جابر، و خورگویی، حسین. شبیه سازی واحد اسید نیتریک پتروشیمی شیراز و مقایسه نتایج. همایش علمی مهندسی فرآیند، پالایش و پتروشیمی. (۱۳۹۴).
- [26] European Environment Agency, **Air Quality in Europe — 2021 Report**. *EEA Report No 15/2021*. (2021).
- [27] Eurofer. **Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Large Volume Inorganic Chemicals — Ammonia, Acids and Fertilisers**. *Publications Office of the European Union*. (2022).

[۲۸] طالبی احمد ف.، قربانی، ح.، مدل سازی الگوی پراکنش آلاینده های NOx و SO2 با استفاده از مدل AERMOD،

مطالعه موردی نیروگاه شهید سلیمی نکا، مطالعات علوم محیط زیست، ۸(۲): ۶۶۶۱-۶۶۴۷ (۱۴۰۲).

[29] <https://connect.ihsmarket.com>

[30] Damodaran A., Country Risk Premiums and Risk-Free Rates. *NYU Stern School of Business*. (2024).

[31] McKinsey & Company, Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies. (2020).

[32] Appl M., Nitric Acid. In *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH. (2012).