



مجتمع تولید باتری‌های لیتیومی در منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره)

Lithium battery production complex in Imam Khomeini
Airport City Free Zone



این مستند صرفاً به عنوان معرفی و تشریح با موضوع مذکور در منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) بوده و سرمایه‌گذاران محترم می‌بایست در طرح خود، اطلاعات و ارقام پیشنهادی مندرج در این مستند را بررسی، بروزآوری، تدقیق و جرح و تعدیل نمایند.

This document is intended solely as an introductory and descriptive overview of the investment opportunity pertaining to the aforementioned subject within the Free Zone of Imam Khomeini Airport City. Esteemed investors are respectfully advised that, in formulating their respective investment proposals, they bear the sole responsibility to independently examine, update, verify, and, where deemed necessary, critically reassess and adjust the indicative information, data, and figures contained herein.

بخش اول: عنوان و مشخصات فرصت سرمایه گذاری

عناوین فارسی و انگلیسی طرح

عنوان فارسی کامل: مجتمع جامع تولید، مونتاژ، بازیافت و توسعه فناوری باتری‌های لیتیوم-یون و لیتیوم-آهن-فسفات در اکوسیستم منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره)

English Title: Integrated Lithium-Ion and Lithium Iron Phosphate Battery Manufacturing, Assembly, Recycling and Technology Development Complex within Imam Khomeini Airport City Free Zone (IKAC)

کد شناسایی طرح:

نوع طرح

طرح تولیدی-فناورانه با ماهیت استراتژیک، صادرات گرا، دانش بنیان و زیست محیطی محور در زمره صنایع پیشرفته انرژی و زنجیره تأمین خودروهای الکتریکی

مقیاس طرح (حجم سرمایه گذاری)

سرمایه گذاری اولیه در محدوده ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلیون دلار آمریکا معادل حدود ۱۲,۰۰۰ تا ۲۰,۰۰۰ میلیارد تومان (با نرخ برابری متغیر) برای فاز اول توسعه با ظرفیت تولید سالانه ۲ گیگاوات-ساعت (۲ GWh) سلول و پک باتری، با امکان توسعه ظرفیت تا ۱۰ گیگاوات-ساعت در فازهای تکمیلی و جذب سرمایه تکمیلی تا ۱.۵ میلیارد دلار. این مقیاس بر اساس تحلیل ظرفیت ۱۵۰۰ هکتار منطقه آزاد تجاری-صنعتی شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) که به موجب ماده ۱۶۶ قانون برنامه پنجم توسعه ایجاد شده است، و همچنین برآورد تقاضای منطقه‌ای برای باتری‌های خودروهای الکتریکی و سیستم‌های ذخیره انرژی تعیین گردیده است.

افق زمانی بهره‌برداری

- فاز مطالعاتی، اخذ مجوزها و مهندسی پایه (FEED): ۹ ماه
- فاز احداث زیرساخت‌های فیزیکی، تأمین تجهیزات و نصب خط تولید: ۲۴ ماه
- فاز راه‌اندازی آزمایشی، کالیبراسیون فرآیند و اخذ گواهینامه‌های بین‌المللی: ۹ ماه
- فاز بهره‌برداری تجاری کامل با ظرفیت ۲ گیگاوات-ساعت: از ماه ۴۳ پس از تصویب طرح
- افق بازگشت سرمایه (Payback Period): ۶.۵ تا ۸.۵ سال با فرض تحقق سناریوی میانه پیش‌بینی درآمد و با

در نظر گیری نوسانات قیمت مواد اولیه لیتیوم

- افق تحلیل اقتصادی طرح: ۲۵ سال با در نظر گیری چرخه عمر فناوری باتری، نیاز به نوسازی خطوط تولید و تحولات بازار خودروهای الکتریکی

بخش دوم: تعریف و تشریح طرح

مجمع تولید باتری های لیتیومی در منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) یک اکوسیستم صنعتی یکپارچه و چندلایه است که با هدف تبدیل شدن به هاب منطقه ای تولید، مونتاژ، تحقیق و توسعه و بازیافت باتری های پیشرفته لیتیوم-یون (Li-ion) و لیتیوم-آهن-فسفات (LiFePO_4) در غرب آسیا طراحی شده است. این طرح صرفاً یک کارخانه تولیدی سنتی نیست، بلکه یک «اکوسیستم نوآوری انرژی» است که در آن خطوط تولید سلول و پک باتری با فناوری های روز جهانی، مراکز تحقیق و توسعه برای بومی سازی فرمولاسیون الکترودها و الکترولیت ها، واحد بازیافت باتری های فرسوده با فناوری هیدرومتالورژی و پیرومتالورژی، آزمایشگاه های تست ایمنی و عملکرد مطابق با استانداردهای UN ۳۸.۳، IEC ۶۲۶۲۰ و ISO ۱۲۴۰۵، و زیرساخت های لجستیکی تخصصی برای واردات مواد اولیه و صادرات محصول نهایی در یک پارک صنعتی تخصصی هم افزایی می کنند.

این مجتمع با بهره گیری از مزایای منحصربه فرد منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) که در مجاورت فرودگاه بین المللی امام خمینی (ره) واقع شده و دسترسی مستقیم به شبکه های حمل و نقل هوایی، ریلی و جاده ای دارد، قادر است زنجیره ارزش کامل تولید باتری لیتیومی را از مرحله تأمین مواد اولیه (کاتد، آند، جداکننده، الکترولیت) تا تولید سلول، مونتاژ پک، تست کیفیت، بسته بندی و توزیع به بازارهای هدف را در یک مکان متمرکز ارائه دهد. موقعیت استراتژیک این منطقه که در تقاطع کریدورهای ترانزیتی شمال-جنوب و شرق-غرب قرار دارد، امکان واردات سریع مواد اولیه از تأمین کنندگان جهانی (چین، کره، استرالیا) و صادرات محصول نهایی به بازارهای منطقه خاورمیانه، آسیای میانه، قفقاز، اروپای شرقی و حتی آفریقا را با کمترین تأخیر زمانی و هزینه لجستیکی فراهم می سازد.

طرح حاضر با رویکرد «تولید با استانداردهای جهانی، تأمین نیاز منطقه و صادرات به بازارهای در حال رشد» طراحی شده و بر چهار رکن اصلی استوار است: نخست، توسعه زیرساخت های فنی و فناوری در سطح جهانی شامل خطوط تولید سلول با فناوری خشک الکترود (Dry Electrode) برای کاهش مصرف انرژی و آب، سیستم های کنترل کیفیت آنلاین مبتنی بر بینایی ماشین و هوش مصنوعی، و آزمایشگاه های تست ایمنی با قابلیت شبیه سازی شرایط بحرانی؛ دوم، ایجاد اکوسیستم حقوقی-مالی جذاب برای جذب سرمایه گذاران داخلی و خارجی با بهره گیری از معافیت های ۲۰ ساله مالیاتی مناطق آزاد، امکان مالکیت ۱۰۰ درصدی خارجی، تسهیلات بانکی ویژه و دسترسی به مکانیزم های تأمین مالی بین المللی؛ سوم، توسعه سرمایه انسانی از طریق همکاری با دانشگاه های برتر کشور و مراکز تحقیقاتی بین المللی برای تربیت نیروی متخصص در حوزه های مهندسی شیمی، مهندسی مواد، الکتروشیمی، مدیریت زنجیره تأمین و ایمنی فرآیند؛ و چهارم، استقرار چارچوب پایداری محیط زیستی با تمرکز بر بازیافت باتری های فرسوده، کاهش مصرف آب و انرژی، و مدیریت ایمن پسماندهای شیمیایی مطابق با بهترین استانداردهای جهانی.

بخش سوم: هدف طرح در سه سطح کلان، میانی و خرد

اهداف کلان (استراتژیک):

۱. تبدیل منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) به قطب منطقه‌ای صنعت باتری‌های پیشرفته و زنجیره تأمین خودروهای الکتریکی در غرب آسیا و ایجاد مزیت رقابتی پایدار برای ایران در بازار جهانی ذخیره‌سازی انرژی که بر اساس گزارش‌های بین‌المللی، بازار جهانی باتری‌های لیتیومی تا سال ۲۰۲۶ به حجم ۱۱۹ میلیارد دلار خواهد رسید.
۲. ایجاد هم‌افزایی استراتژیک بین ظرفیت‌های لجستیکی فرودگاه امام خمینی (ره)، مناطق آزاد و ویژه اقتصادی همجوار، و صنایع خودروسازی داخلی (ایران خودرو، سایپا، گروه مپنا) برای توسعه زنجیره ارزش خودروهای الکتریکی و کاهش وابستگی اقتصاد ملی به درآمدهای نفتی از طریق توسعه صادرات محصولات با ارزش افزوده بالا.
۳. تحقق اهداف سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ در حوزه توسعه فناوری‌های پاک و افزایش سهم صنایع دانش‌بنیان در تولید ناخالص داخلی از طریق ایجاد یک مدل موفق و قابل تکثیر برای تولید باتری‌های پیشرفته در سایر مناطق آزاد کشور.
۴. ارتقای ایران در شاخص‌های جهانی در حوزه انرژی‌های پاک و کاهش فاصله با رقبای منطقه‌ای که در حال سرمایه‌گذاری در زنجیره تأمین باتری هستند. چین در حال حاضر بیش از ۷۰ درصد زنجیره تأمین باتری‌های لیتیوم-یون جهان را کنترل می‌کند.

اهداف میانی (عملیاتی):

۱. جذب حداقل ۳ شرکت معتبر بین‌المللی در حوزه تولید مواد اولیه باتری یا فناوری‌های مرتبط به‌عنوان شریک استراتژیک یا تأمین‌کننده فناوری در فاز اول بهره‌برداری و ایجاد اشتغال مستقیم برای ۱,۵۰۰ نفر نیروی متخصص و غیرمستقیم برای ۴,۰۰۰ نفر در زنجیره تأمین و خدمات پشتیبانی.
۲. دستیابی به تولید سالانه ۲ گیگاوات-ساعت سلول و پک باتری با کیفیت صادراتی در سال سوم بهره‌برداری و ایجاد تراز تجاری مثبت در حوزه محصولات انرژی‌پاک برای کشور.
۳. ایجاد زیرساخت‌های فنی در سطح جهانی شامل ۴ خط تولید سلول نیمه‌اتوماتیک با قابلیت ارتقا به تمام‌اتوماتیک، ۲ خط مونتاژ پک باتری برای کاربردهای خودرویی و ذخیره انرژی ثابت، آزمایشگاه مرکزی تست و کالیبراسیون با ظرفیت تست ۵۰۰ نمونه در ماه، و واحد بازیافت با ظرفیت پردازش ۵,۰۰۰ تن باتری فرسوده در سال.
۴. راه‌اندازی مرکز تحقیق و توسعه تخصصی باتری‌های پیشرفته با ظرفیت انجام ۲۰ پروژه تحقیقاتی سالانه و ثبت حداقل ۱۰ حق اختراع داخلی و بین‌المللی در افق ۵ ساله.

اهداف خرد (تاکتیکی و فنی):

۱. طراحی و پیاده‌سازی معماری فنی مجتمع بر اساس استانداردهای ISO ۱۴۰۰۱ برای مدیریت زیست‌محیطی، ISO ۴۵۰۰۱ برای ایمنی و بهداشت شغلی، و IATF ۱۶۹۴۹ برای کیفیت در صنعت خودرو.

۲. استقرار سیستم‌های مدیریت تولید یکپارچه مبتنی بر متدولوژی‌های Six Sigma و Lean Manufacturing برای تضمین بهره‌وری بالا، کاهش ضایعات و کنترل کیفیت در تمام مراحل فرآیند تولید.

۳. ایجاد پلتفرم داخلی مدیریت زنجیره تأمین مواد اولیه حساس (لیتیوم، کبالت، نیکل) با قابلیت ردیابی منبع (Traceability) و اطمینان از رعایت اصول مسئولیت اجتماعی و زیست‌محیطی در تأمین مواد اولیه مطابق با استانداردهای بین‌المللی.

۴. پیاده‌سازی مکانیزم‌های پایش و ارزیابی عملکرد لحظه‌ای (Real-time KPI Dashboard) برای تمامی واحدهای عملیاتی شامل نرخ بازده خط تولید (OEE)، نرخ ضایعات، مصرف انرژی ویژه، و شاخص‌های ایمنی فرآیند.

بخش چهارم: ضرورت، مزایا و فرصت‌های ایجاد شده طرح

ضرورت اجرای طرح:

۱. **ضرورت اقتصادی-استراتژیک:** با توجه به رشد سریع بازار خودروهای الکتریکی در جهان و منطقه، و پیش‌بینی افزایش تقاضای جهانی برای باتری‌های لیتیومی به میزان ۱۷ درصد سالانه تا سال ۲۰۲۶، ایجاد ظرفیت تولید داخلی باتری پیشرفته نه تنها فرصتی برای کسب سهم از این بازار در حال رشد است، بلکه وابستگی صنایع استراتژیک کشور (خودروسازی، دفاعی، مخابرات) به واردات این کالای حساس را کاهش می‌دهد.

۲. **ضرورت فناوری:** شتاب تحولات فناوری در حوزه باتری‌های پیشرفته (باتری‌های حالت جامد، لیتیوم-گوگرد، لیتیوم-هوا) نیازمند سرمایه‌گذاری سریع و متمرکز در تحقیق و توسعه است تا ایران از قافله تحولات جهانی عقب نماند و بتواند در آینده در تولید نسل‌های بعدی باتری نیز مشارکت داشته باشد.

۳. **ضرورت زیست‌محیطی:** با افزایش استفاده از باتری‌های لیتیومی، مدیریت ایمن پایان عمر این محصولات و بازیافت مواد باارزش موجود در آن‌ها به یک چالش جهانی تبدیل شده است. ایجاد واحد بازیافت در کنار خط تولید، نه تنها ریسک زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد، بلکه منبع ثانویه تأمین مواد اولیه را برای خط تولید فراهم می‌سازد.

۴. **ضرورت لجستیکی:** موقعیت منحصربه‌فرد فرودگاه امام خمینی (ره) به‌عنوان دروازه هوایی کشور و دسترسی به شبکه‌های ریلی و جاده‌ای، امکان واردات سریع مواد اولیه حساس (که اغلب از راه هوایی حمل می‌شوند) و توزیع محصول نهایی به بازارهای منطقه‌ای را با کمترین زمان و هزینه فراهم می‌سازد.

مزایای مستقیم طرح:

۱. **درآمدزایی ارزی:** صادرات باتری‌های لیتیومی با حاشیه سود بالا و بازگشت سریع ارز به چرخه اقتصادی کشور، به‌ویژه با توجه به تقاضای فزاینده در بازارهای همسایه که فاقد ظرفیت تولید داخلی هستند.

۲. **اشتغال‌زایی با کیفیت:** ایجاد مشاغل تخصصی با درآمد بالا برای نیروی جوان و تحصیل کرده کشور در حوزه‌های مهندسی شیمی، مهندسی مواد، الکتروشیمی، کنترل کیفیت و مدیریت زنجیره تأمین.

۳. **جذب سرمایه و فناوری خارجی:** بهره‌گیری از معافیت ۲۰ ساله مالیاتی مناطق آزاد و امکان مالکیت ۱۰۰ درصدی خارجی، جذابیت قابل توجهی برای شرکت‌های بین‌المللی فعال در زنجیره تأمین باتری ایجاد می‌کند که می‌تواند منجر به انتقال فناوری و دانش فنی به کشور شود.

۴. **توسعه زنجیره تأمین داخلی:** ایجاد تقاضا برای تأمین‌کنندگان داخلی مواد شیمیایی، قطعات الکترونیکی، بسته‌بندی و خدمات پشتیبانی، که می‌تواند به توسعه صنایع وابسته و ایجاد ارزش افزوده در سطح ملی منجر شود.

مزایای غیرمستقیم طرح:

۱. **ارتقای امنیت انرژی ملی:** کاهش وابستگی به واردات باتری برای صنایع استراتژیک و افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین در برابر شوک‌های خارجی و تحریم‌ها.

۲. **تقویت اکوسیستم نوآوری:** حضور شرکت‌های پیشرو و مراکز تحقیق و توسعه، شبکه‌ای از نوآوری ایجاد کرده که اثرات سرریز مثبت بر سایر صنایع فناوری محور خواهد داشت.

۳. **کاهش مهاجرت نخبگان:** ایجاد فرصت‌های شغلی جذاب و با استاندارد جهانی در داخل کشور برای متخصصان حوزه انرژی و مواد پیشرفته، انگیزه ماندگاری نیروی متخصص را افزایش می‌دهد.

۴. **توسعه متوازن منطقه‌ای:** ایجاد اشتغال و فعالیت اقتصادی در منطقه جنوب تهران و استان تهران، به توسعه متوازن و کاهش تمرکزگرایی کمک می‌کند.

فرصت‌های ایجاد شده:

۱. **فرصت همکاری‌های منطقه‌ای:** موقعیت جغرافیایی ایران امکان همکاری با بازارهای در حال رشد خاورمیانه، آسیای میانه و قفقاز را فراهم می‌سازد که تقاضای فزاینده‌ای برای باتری‌های خودروهای الکتریکی و سیستم‌های ذخیره انرژی خورشیدی دارند.

۲. **فرصت استفاده از فناوری‌های نوظهور:** طرح حاضر می‌تواند به‌عنوان آزمایشگاه زنده (Living Lab) برای تست و تجاری‌سازی فناوری‌هایی مانند باتری‌های حالت جامد، سیستم‌های مدیریت هوشمند باتری (BMS) مبتنی بر هوش مصنوعی، و فرآیندهای بازیافت کم‌مصرف عمل کند.

۳. **فرصت هم‌افزایی با صنایع موجود:** همکاری با خودروسازان داخلی مانند ایران‌خودرو و سایپا، گروه پمپا در حوزه خودروهای الکتریکی، و شهرک‌های صنعتی همجوار برای تأمین قطعات و خدمات پشتیبانی.

۴. فرصت استفاده از ظرفیت‌های دیپلماسی اقتصادی: مناطق آزاد به‌عنوان ویتترین اقتصاد ایران می‌توانند از توافقی‌های بین‌المللی و دیپلماسی اقتصادی برای تسهیل صادرات محصولات با فناوری بالا بهره ببرند.

بخش پنجم: نمونه‌های مشابه جهانی و درس‌های کلیدی

نمونه اول: مجتمع تولید باتری شمال‌ولت (Northvolt) سوئد

نورت‌ولت که در سال ۲۰۱۶ در استکهلم تأسیس شد، یکی از پیشروترین تولیدکنندگان باتری‌های لیتیومی پایدار در اروپا است که بر تولید باتری با کمترین ردپای کربنی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر تمرکز دارد. این شرکت با جذب سرمایه بیش از ۱۰ میلیارد دلار از سرمایه‌گذاران بین‌المللی، خطوط تولید تمام‌اتوماتیک با ظرفیت ده‌ها گیگاوات-ساعت ایجاد کرده و بر بازیافت بیش از ۵۰ درصد مواد باتری‌های فرسوده تأکید دارد.

درس کلیدی برای طرح پیشنهادی: موفقیت نورت‌ولت نشان می‌دهد که ترکیب «پایداری محیط‌زیستی به‌عنوان مزیت رقابتی»، «جذب سرمایه بین‌المللی با روایت قوی»، و «تمرکز بر بازیافت و اقتصاد چرخشی» فرمول موفقیت در صنعت باتری مدرن است. طرح IKAC باید واحد بازیافت را نه به‌عنوان یک هزینه، بلکه به‌عنوان یک منبع استراتژیک تأمین مواد اولیه و مزیت بازاریابی در نظر بگیرد.

نمونه دوم: شهرک صنعتی باتری یانگژیانگ (Yangjiang Battery Industrial Park) چین

این شهرک تخصصی در استان گوانگ‌دونگ چین، میزبان زنجیره کامل تولید باتری از مواد اولیه تا محصول نهایی است و شرکت‌هایی مانند CATL بزرگ‌ترین تولیدکننده باتری جهان در آن فعالیت دارند. مزایای کلیدی این شهرک شامل دسترسی به بندر دریایی برای واردات مواد اولیه، زیرساخت‌های انرژی پایدار، و اکوسیستم تحقیق و توسعه یکپارچه با دانشگاه‌های محلی است.

درس کلیدی برای طرح پیشنهادی: تمرکز چین بر ایجاد «خوشه‌های صنعتی یکپارچه» (Industrial Clusters) که تمام حلقه‌های زنجیره ارزش را در یک مکان متمرکز می‌کند، نشان‌دهنده اهمیت کاهش هزینه‌های لجستیک و تسهیل همکاری بین تأمین‌کنندگان و تولیدکنندگان است. طرح IKAC باید فضایی برای استقرار تأمین‌کنندگان مواد اولیه و خدمات پشتیبانی در مجاورت خط تولید اصلی پیش‌بینی کند.

نمونه سوم: منطقه آزاد جبل‌علی (JAFZA) امارات متحده عربی

اگرچه جبل‌علی تخصصی در باتری ندارد، اما موفقیت آن در جذب سرمایه‌گذاری در صنایع پیشرفته از طریق ارائه «بسته‌های کامل تسهیل کسب‌وکار» شامل معافیت‌های مالیاتی، مالکیت ۱۰۰ درصدی خارجی، زیرساخت‌های لجستیک در سطح جهانی و خدمات اداری یک‌پنجره، الگویی ارزشمند برای مناطق آزاد ایران است.

درس کلیدی برای طرح پیشنهادی: موفقیت JAFZA نشان می‌دهد که «سهولت انجام کسب و کار» و «پاسخگویی سریع به نیازهای سرمایه‌گذار» گاهی مهم‌تر از معافیت‌های مالیاتی صرف است. طرح IKAC باید یک «مرکز تسهیل سرمایه‌گذاری تخصصی باتری» ایجاد کند که تمام فرآیندهای اخذ مجوز، واردات تجهیزات، و استخدام نیروی متخصص خارجی را در کوتاه‌ترین زمان ممکن انجام دهد.

جمع‌بندی درس‌های کلیدی برای طرح پیشنهادی در منطقه آزاد شهر فرودگاهی:

۱. **ترکیب پایداری با سودآوری:** موفقیت در صنعت باتری مدرن نیازمند ادغام اصول اقتصاد چرخشی و پایداری محیط‌زیستی در مدل کسب و کار است، نه صرفاً تمرکز بر تولید انبوه.
۲. **ایجاد خوشه صنعتی یکپارچه:** کاهش هزینه‌های لجستیکی و تسهیل همکاری بین حلقه‌های زنجیره ارزش از طریق استقرار تأمین‌کنندگان و خدمات پشتیبانی در مجاورت خط تولید اصلی.
۳. **جذب سرمایه و فناوری از طریق روایت قوی:** ارائه یک روایت جذاب از «تولید پایدار باتری برای منطقه» می‌تواند سرمایه‌گذاران بین‌المللی و شرکای فناوری را جذب کند.
۴. **استقرار حکمرانی چابک و تخصصی:** ساختار مدیریتی منطقه آزاد باید توانایی تصمیم‌گیری سریع، درک فنی از نیازهای صنعت باتری، و پاسخگویی به چالش‌های پیچیده زنجیره تأمین جهانی را داشته باشد.
۵. **سرمایه‌گذاری موازی بر تولید و بازیافت:** طراحی واحد بازیافت از همان ابتدا به‌عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از خط تولید، هم ریسک زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد و هم منبع ثانویه تأمین مواد اولیه ایجاد می‌کند.

بخش ششم: موقعیت مکانی طرح با تحلیل چندلایه

لایه اول: تحلیل جغرافیایی-استراتژیک: منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) در جنوب غربی تهران و در مجاورت فرودگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) واقع شده است. این موقعیت، دسترسی مستقیم به شبکه حمل و نقل هوایی با ظرفیت جابه‌جایی بیش از ۳۵ میلیون مسافر و صدها هزار تن بار سالانه در فاز توسعه دوم، شبکه ریلی سراسری ایران، و آزادراه‌های اصلی کشور را فراهم می‌سازد. فاصله حدود ۳۰ کیلومتری تا مرکز تهران، امکان دسترسی به بازار مصرف بزرگ پایتخت، مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌های برتر، و هم‌زمان بهره‌مندی از مزایای مناطق آزاد را ایجاد می‌کند.

لایه دوم تحلیل زیرساختی-فنی: منطقه آزاد مذکور با مساحت ۱,۵۰۰ هکتار، دارای زیرساخت‌های پایه شامل شبکه برق با ظرفیت بالا، آب صنعتی، گاز، ارتباطات فیبر نوری و سیستم‌های امنیتی پیشرفته است. برای طرح تولید باتری لیتیومی که نیازمند برق پایدار با کیفیت بالا، آب با خلوص مشخص برای فرآیندهای شیمیایی، و سیستم‌های تهویه و کنترل دما/رطوبت دقیق است،

امکان ارتقاء و توسعه این زیرساخت‌ها در چارچوب مقررات منطقه آزاد وجود دارد. همچنین، وجود منطقه ویژه اقتصادی در مجاورت، امکان هم‌افزایی در ترخیص گمرکی مواد اولیه و تجهیزات وارداتی را فراهم می‌آورد.

لایه سوم تحلیل اقتصادی-بازاری: استان تهران با سهم ۲۱ درصدی از تولید ناخالص داخلی کشور، بزرگ‌ترین بازار مصرف و مرکز تصمیم‌گیری اقتصادی ایران است. وجود صنایع خودروسازی بزرگ (ایران‌خودرو، سایپا)، گروه مپنا در حوزه انرژی‌های پاک، و شرکت‌های فناوری در استان، تقاضای داخلی قابل توجهی برای باتری‌های پیشرفته ایجاد می‌کند. همچنین، تمرکز دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی برتر کشور در تهران، دسترسی به استعدادهای جوان و نیروی متخصص در حوزه‌های مهندسی شیمی، مواد و الکترونیک را تسهیل می‌کند.

لایه چهارم تحلیل حقوقی-حکمرانی: بر اساس قانون چگونگی اداره مناطق آزاد تجاری-صنعتی، سازمان منطقه آزاد اختیار کامل در صدور مجوزهای اقتصادی، تنظیم مقررات داخلی و انعقاد قرارداد با سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی را دارد. معافیت ۲۰ ساله از مالیات بر درآمد و دارایی، امکان ورود و خروج آزاد سرمایه و سود، و استثنا بودن از مقررات عمومی صادرات و واردات، چارچوب حقوقی جذابی برای سرمایه‌گذاری در صنعت استراتژیک باتری ایجاد می‌کند.

لایه پنجم تحلیل محیطی-اقلیمی: اقلیم استان تهران نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد است. برای طرح تولید باتری لیتیومی که فرآیندهای حساس به دما و رطوبت دارد (مانند پوشش‌دهی الکترودها و مونتاژ سلول در اتاق‌های خشک)، این موضوع نیازمند طراحی ساختمان‌ها با سیستم‌های دقیق کنترل محیطی HVAC با قابلیت کنترل رطوبت زیر ۱٪ در اتاق‌های خشک و پیش‌بینی منابع انرژی پایدار برای تأمین برق مورد نیاز است. همچنین، با توجه به چالش‌های کم‌آبی در منطقه، استفاده از فناوری‌های بازچرخانی آب در فرآیندهای صنعتی و سیستم‌های خنک‌کننده با مصرف آب حداقلی الزامی است.

لایه ششم تحلیل ریسک-امنیتی: موقعیت منطقه در مجاورت فرودگاه بین‌المللی، نیازمند هماهنگی کامل با مقررات امنیتی هوانوردی و اخذ مجوزهای لازم از سازمان‌های ذی‌ربط برای حمل‌ونقل مواد شیمیایی حساس است. همچنین، با توجه به حساسیت فناوری تولید باتری و مواد اولیه استراتژیک (لیتیوم، کبالت)، ایجاد مکانیزم‌های حفاظت از دانش فنی، مدیریت ریسک زنجیره تأمین در برابر تحریم‌ها، و استقرار سیستم‌های امنیت سایبری برای حفاظت از داده‌های تولید و تحقیق و توسعه، از چالش‌های کلیدی طرح خواهد بود.

بخش هفتم: پیش‌نیازها و زیرساخت‌های لازم طرح

زیرساخت‌های قانونی و حکمرانی:

۱. تصویب آیین‌نامه تخصصی فعالیت‌های تولید باتری‌های پیشرفته در منطقه: سازمان منطقه آزاد شهر فرودگاهی باید با همکاری وزارت صنعت، معدن و تجارت، وزارت نیرو، سازمان حفاظت محیط‌زیست و شورای عالی مناطق آزاد، آیین‌نامه‌ای ویژه برای تنظیم گری فعالیت‌های تولید باتری‌های لیتیومی تدوین کند که هم‌زمان با رعایت قوانین ملی در حوزه مواد شیمیایی،

ایمنی فرآیند و محیط زیست، انعطاف لازم برای جذب سرمایه گذار و شریک فناوری بین المللی را داشته باشد. این آیین نامه باید شامل ضوابط واردات مواد اولیه حساس، استانداردهای ایمنی انبارش مواد شیمیایی، پروتکل های مدیریت پسماند ویژه باتری، و مکانیزم های تسهیل صادرات محصول نهایی باشد.

۲. **ایجاد «کمیته تخصصی زنجیره تأمین باتری و انرژی های پاک»:** همان طور که کمیته های تسهیل سرمایه گذاری در مناطق آزاد وجود دارد، ایجاد کمیته ای تخصصی با حضور نمایندگان سازمان منطقه آزاد، وزارت صنایع، سازمان انرژی های نو، انجمن خودروسازان، متخصصان الکتروشمی و نمایندگان بخش خصوصی بین المللی برای تسریع در فرآیندهای اخذ مجوز، رفع موانع فنی-حقوقی و هماهنگی بین دستگاهی ضروری است. این کمیته باید دارای اختیارات تصمیم گیری سریع در مورد درخواست های سرمایه گذاران و توانایی ارائه راهکارهای عملی برای چالش های پیچیده زنجیره تأمین جهانی باتری باشد.

۳. **تعیین چارچوب حقوق مالکیت فکری و انتقال فناوری:** با توجه به حساسیت فناوری تولید باتری و ارزش استراتژیک دانش فنی مرتبط با فرمولاسیون الکترودها، الکترولیت ها و فرآیندهای تولید، منطقه آزاد باید مکانیزم های تسهیل شده ای برای ثبت سریع اختراعات، حفاظت از اسرار تجاری، حل و فصل اختلافات حقوقی مرتبط با مالکیت فکری، و اجرای توافق نامه های انتقال فناوری بین المللی ایجاد کند. این چارچوب باید هم زمان با رعایت قوانین ملی حمایت از مالکیت فکری ایران، با تعهدات بین المللی و انتظارات سرمایه گذاران خارجی در مورد حفاظت از دارایی های نامشهود همسو باشد.

زیرساخت های مالی و تأمین سرمایه:

۱. **طراحی بسته های مالی ترکیبی و چندمنبعی:** با توجه به مقیاس سرمایه گذاری اولیه ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلیون دلاری، طرح نیازمند طراحی یک ساختار مالی ترکیبی است که شامل سرمایه گذاری مستقیم سهامی (Equity) از سوی سرمایه گذاران استراتژیک، وام های بلندمدت کم بهره از صندوق توسعه ملی یا بانک های تخصصی انرژی، تسهیلات ارزی از بانک های خارجی یا نهادهای مالی بین المللی، و جذب سرمایه خطرپذیر (Venture Capital) از صندوق های تخصصی فناوری های پاک منطقه ای باشد. همچنین، امکان انتشار صکوک پروژه ای (Project Sukuk) برای تأمین بخشی از سرمایه زیرساخت های فیزیکی با توجه به قوانین مناطق آزاد باید بررسی شود.

۲. **ایجاد «صندوق تضمین ریسک زنجیره تأمین مواد اولیه استراتژیک»:** با توجه به نوسانات قیمت جهانی لیتیوم، کبالت و نیکل و ریسک های ژئوپلیتیک مرتبط با تأمین این مواد، ایجاد صندوقی با مشارکت سازمان منطقه آزاد، صندوق توسعه ملی، بخش خصوصی و امکان همکاری با نهادهای بین المللی برای پوشش بخشی از ریسک نوسانات قیمت و اختلال در تأمین مواد اولیه پیشنهاد می شود. این صندوق می تواند از ابزارهای مالی مشتقه مانند قراردادهای آتی (Futures) و اختیار معامله (Options) برای مدیریت ریسک قیمت استفاده نماید.

۳. **تسهیل مبادلات ارزی و دسترسی به مکانیزم های مالی بین المللی:** با استفاده از آیین نامه عملیات پولی و بانکی در مناطق آزاد، امکان افتتاح حساب های ارزی چندارزی (دلار، یورو، درهم، یوان)، تسهیل حواله های بین المللی برای پرداخت به تأمین کنندگان خارجی، استفاده از اعتبارات اسنادی (LC) بین المللی، و بهره گیری از مکانیزم های مالی اسلامی (صکوک، مباحه)

برای تأمین سرمایه در گردش فراهم شود. همچنین، ایجاد مکانیزم تسویه حساب ریالی-ارزی با شرکای تجاری منطقه‌ای می‌تواند ریسک ارزی را کاهش دهد.

زیرساخت‌های فیزیکی:

۱. **زمین و ساختمان‌های تخصصی:** اختصاص زمینی به مساحت حدود ۷۵ هکتار در منطقه آزاد با قابلیت توسعه فازبندی شده و طراحی ساختمان‌ها با استانداردهای بین‌المللی صنایع شیمیایی و الکترونیکی. سالن‌های تولید سلول باتری باید مجهز به اتاق‌های خشک (Dry Room) با کنترل رطوبت نقطه شبنم زیر ۴۰- درجه سانتی‌گراد، سیستم‌های تهویه مطبوع دقیق با کلاس تمیزی ISO Class ۸ یا بهتر برای مناطق حساس فرآیند، و کف‌سازی‌های ضد اسید و ضد جرقه باشند. انبارهای مواد اولیه شیمیایی باید مطابق با استانداردهای NFPA و OSHA برای انبارش مواد قابل اشتعال و خورنده طراحی شوند.

۲. **زیرساخت‌های انرژی و تأسیسات:** تأمین برق پایدار با کیفیت بالا (بدون نوسان فرکانس و ولتاژ) با ظرفیت حداقل ۵۰ مگاوات برای فاز اول، پیش‌بینی سیستم‌های برق اضطراری UPS و ژنراتور برای فرآیندهای حساس که قطع برق می‌تواند منجر به ضایعات محصول یا خطر ایمنی شود، و امکان اتصال به منابع انرژی تجدیدپذیر (خورشیدی) برای کاهش هزینه‌های عملیاتی و ردپای کربنی. سیستم‌های تأمین آب صنعتی با خلوص مشخص (آب دیونیزه با مقاومت ویژه بالای ۱۸ مگااهم-سانتی‌متر برای فرآیندهای شیمیایی)، و سیستم‌های تصفیه و بازچرخانی پساب برای کاهش مصرف آب خام.

۳. **زیرساخت‌های لجستیکی و انبارش:** طراحی و احداث انبارهای تخصصی با سیستم‌های کنترل دما و رطوبت برای مواد اولیه حساس (الکترولیت‌ها، جداکننده‌ها)، سیستم‌های جابه‌جایی مواد با لیفتراک‌های ضد جرقه برای محیط‌های قابل اشتعال، اسکله بارگیری و تخلیه با دسترسی مستقیم به شبکه ریلی و جاده‌ای برای کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل داخلی، و هماهنگی با گمرک منطقه ویژه مجاور برای تسریع فرآیندهای ترخیص کالا.

زیرساخت‌های ماشین‌آلات، تجهیزات و فناوری:

۱. **تجهیزات خط تولید سلول باتری:** شامل ماشین‌آلات پوشش‌دهی الکتروکود (Coating Machines) با عرض کاری ۶۰۰-۱۰۰۰ میلی‌متر و دقت ضخامت‌سنجی میکرونی، کوره‌های خشک‌کن و کلسیناسیون، ماشین‌آلات برش و استکینگ الکترودها با دقت میکرونی، دستگاه‌های مونتاژ سلول (Winding/Stacking) نیمه‌اتوماتیک با قابلیت ارتقاء، سیستم‌های تزریق الکترولیت در محیط خشک و خلاء، و دستگاه‌های فرم‌اسیون و تست اولیه سلول با قابلیت برنامه‌ریزی پروفایل‌های شارژ/دشارژ.

۲. **تجهیزات خط مونتاژ پک باتری:** شامل ربات‌های صنعتی برای جوشکاری لیزری اتصالات سلول‌ها، سیستم‌های نصب و سیم‌کشی ماژول‌های باتری، دستگاه‌های تست الکتریکی و ایمنی پک‌های نهایی، سیستم‌های نصب سیستم مدیریت باتری (BMS) و کالیبراسیون آن، و خطوط بسته‌بندی نهایی با قابلیت ردیابی سریال محصول.

۳. **تجهیزات آزمایشگاه و کنترل کیفیت:** شامل دستگاه‌های تست سیکل عمر (Cycle Testing) با ظرفیت تست هم‌زمان صدها نمونه، دستگاه‌های تست ایمنی (نشتی حرارتی، اتصال کوتاه، فشار مکانیکی) مطابق با UN ۳۸.۳، میکروسکوپ‌های

الکترونی برای آنالیز مورفولوژی الکترودها، دستگاه‌های طیف‌سنجی برای آنالیز شیمیایی مواد، و سیستم‌های اندازه‌گیری الکتروشیمیایی (مانند پتانسیواستات/گالوانواستات).

۴. **فناوری‌های نرم‌افزاری و دیجیتال:** شامل سیستم‌های مدیریت تولید یکپارچه (MES) برای پایش لحظه‌ای پارامترهای فرآیند، نرم‌افزارهای شبیه‌سازی فرآیند و بهینه‌سازی فرمولاسیون، پلتفرم‌های مدیریت زنجیره تأمین با قابلیت ردیابی منبع مواد اولیه، و سیستم‌های هوش مصنوعی برای پیش‌بینی کیفیت محصول و تشخیص زودهنگام انحرافات فرآیند.

زیرساخت‌های نیروی انسانی، دانش و مهارت:

۱. **جذب نیروی متخصص کلیدی:** ایجاد مکانیزم‌های جذب نخبگان داخلی و بین‌المللی در حوزه‌های الکتروشیمی، مهندسی شیمی فرآیند، مهندسی مواد پیشرفته، اتوماسیون صنعتی و مدیریت کیفیت از طریق ارائه بسته‌های حقوقی رقابتی (حداقل ۴۰ درصد بالاتر از میانگین بازار صنایع مشابه)، تسهیلات اسکان در مجتمع‌های مسکونی مجاور منطقه آزاد، و برنامه‌های توسعه شغلی و آموزشی بلندمدت.

۲. **توسعه آموزش تخصصی و انتقال دانش:** راه‌اندازی «مرکز آموزش تخصصی فناوری‌های باتری و انرژی‌های پاک» با همکاری دانشگاه‌های برتر ایران (مانند دانشگاه تهران، صنعتی شریف، صنعتی امیرکبیر) و نهادهای بین‌المللی (مانند مؤسسه تحقیقاتی باتری آلمان، آزمایشگاه ملی آرگون آمریکا) برای تربیت نیروی متخصص در سطوح تکنسین، مهندس و مدیر. این مرکز باید شامل کارگاه‌های عملی با تجهیزات واقعی، دوره‌های گواهینامه‌دار بین‌المللی، و برنامه‌های کارآموزی در خطوط تولید باشد.

۳. **ایجاد اکوسیستم دانش و نوآوری:** استقرار سیستم‌های مدیریت دانش (Knowledge Management) برای ثبت و اشتراک‌گذاری دانش فنی کسب‌شده، برگزاری رویدادهای تخصصی سالانه مانند «کنفرانس منطقه‌ای فناوری‌های باتری»، ایجاد شبکه‌ای از مشاوران و متاورهای بین‌المللی با تجربه در صنعت باتری، و همکاری با مراکز تحقیق و توسعه داخلی و خارجی برای انجام پروژه‌های مشترک.

عوامل محیطی و پایداری:

۱. **مدیریت پسماندهای شیمیایی و خطرناک:** پیش‌بینی سیستم‌های جمع‌آوری، جداسازی، خنثی‌سازی و دفع ایمن پسماندهای شیمیایی تولیدشده در فرآیند (مانند حلال‌های آلی، الکتrolیت‌های مصرف‌شده، ضایعات الکتروود) مطابق با استانداردهای بین‌المللی Basel Convention و مقررات ملی سازمان حفاظت محیط‌زیست. ایجاد واحد تخصصی بازیافت درون‌فرآیندی برای بازیافت حلال‌ها و مواد باارزش از پسماندها.

۲. **مدیریت مصرف آب و انرژی:** با توجه به چالش کم‌آبی در استان تهران، استفاده از فناوری‌های بازچرخانی آب در فرآیندهای صنعتی (با هدف بازیافت حداقل ۸۰ درصد آب مصرفی)، سیستم‌های خنک‌کننده بسته (Closed-loop Cooling) با مصرف آب حداقلی، و بهینه‌سازی مصرف انرژی در فرآیندهای پر مصرف مانند خشک‌کردن الکتروودها و کلسیناسیون مواد.

۳. **کاهش ردپای کربنی و انتشار آلاینده‌ها:** استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر (پنل‌های خورشیدی روی سقف سالن‌ها) برای تأمین بخشی از برق مورد نیاز، بهینه‌سازی فرآیندها برای کاهش مصرف انرژی ویژه (کیلووات-ساعت بر کیلوگرم محصول)، نصب سیستم‌های تصفیه گازهای خروجی برای حذف آلاینده‌های شیمیایی، و پایش لحظه‌ای انتشارات مطابق با استانداردهای ISO ۱۴۰۶۴.

۴. **مسئولیت اجتماعی و توسعه جامعه محلی:** ایجاد برنامه‌هایی برای استخدام و آموزش نیروی کار از جامعه محلی، حمایت از کسب و کارهای کوچک و متوسط محلی در زنجیره تأمین غیرحساس، و مشارکت در پروژه‌های توسعه پایدار منطقه‌ای مانند احداث فضای سبز یا مراکز آموزشی.

بخش هشتم: خدمات پیشنهادی قابل ارائه طرح و تشریح آنها

مجتمع تولید باتری‌های لیتیومی در منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) با رویکرد ارائه «زنجیره ارزش کامل از مواد اولیه تا محصول نهایی و باز یافت» طراحی شده و خدمات خود را در هشت دسته اصلی و چندین زیرمجموعه تخصصی ارائه می‌نماید که هر یک به‌طور تفصیلی تشریح می‌گردد:

دسته اول: خدمات تولید سلول و پک باتری با سفارشی‌سازی این دسته شامل ارائه ظرفیت تولید سلول‌های لیتیوم-یون و لیتیوم-آهن-فسفات در فرمت‌های استوانه‌ای (مانند ۱۸۶۵۰، ۲۱۷۰۰)، منشوری (Prismatic) و کیسه‌ای (Pouch) با ظرفیت‌های متنوع از ۲ آمپر-ساعت تا ۳۰۰ آمپر-ساعت است که قابلیت سفارشی‌سازی بر اساس نیاز مشتری را دارد. خدمات شامل طراحی و تولید سلول با پارامترهای الکتریکی مشخص (ولتاژ نامی، ظرفیت، نرخ دشارژ، مقاومت داخلی)، مونتاژ پک باتری با سیستم مدیریت باتری (BMS) یکپارچه برای کاربردهای خودروهای الکتریکی، سیستم‌های ذخیره انرژی ثابت (ESS)، تجهیزات پرتابل و کاربردهای صنعتی، و ارائه گواهینامه‌های تست عملکرد و ایمنی مطابق با استانداردهای بین‌المللی است. امکان تولید نمونه اولیه (Prototype) و تولید انبوه (Mass Production) با حفظ کیفیت یکسان از ویژگی‌های این خدمات است.

دسته دوم: خدمات تحقیق و توسعه و بومی‌سازی فناوری مرکز تحقیق و توسعه مجتمع، خدمات تخصصی در حوزه‌های فرمولاسیون و بهینه‌سازی مواد الکترود (کاتد و آنود)، توسعه الکترولیت‌های پیشرفته با پایداری حرارتی و الکتروشیمیایی بالاتر، طراحی و تست جداکننده‌های (Separator) با تخلخل کنترل‌شده و مقاومت مکانیکی بهبودیافته، و توسعه فرآیندهای تولید کم‌مصرف و پایدار ارائه می‌دهد. این خدمات شامل انجام مطالعات امکان‌سنجی فنی برای بومی‌سازی مواد اولیه وارداتی، همکاری در پروژه‌های مشترک تحقیق و توسعه با دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی، ثبت اختراعات مشترک، و انتقال دانش فنی به شرکای داخلی از طریق برنامه‌های آموزشی و کارگاهی است. همچنین، آزمایشگاه‌های مرجع مجتمع قابلیت ارائه خدمات تست و آنالیز مواد و سلول‌های باتری به شرکتهای خارجی را به‌عنوان سرویس آزمایشگاهی (Lab-as-a-Service) دارند.

دسته سوم: خدمات باز یافت و اقتصاد چرخشی باتری‌های فرسوده واحد تخصصی باز یافت مجتمع، خدمات جمع‌آوری، دسته‌بندی، تخلیه ایمن و پردازش باتری‌های لیتیومی فرسوده از منابع داخلی و منطقه‌ای را ارائه می‌دهد. فرآیند باز یافت

شامل مراحل پیش پردازش مکانیکی (خردایش، جداسازی فیزیکی)، فرآیندهای هیدرومتالورژی (لیچینگ اسیدی، استخراج حلالی، رسوب دهی انتخابی) و/یا فرآیندهای پیرومتالورژی (ذوب در کوره قوس الکتریکی) برای بازیابی مواد با ارزش مانند لیتیوم، کبالت، نیکل، منگنز و مس است. مواد بازیافتی پس از خالص سازی به عنوان مواد اولیه ثانویه به خط تولید بازگردانده شده یا به تأمین کنندگان مواد شیمیایی فروخته می شوند. این خدمات نه تنها ریسک زیست محیطی باتری های فرسوده را مدیریت می کند، بلکه منبع پایدار و کم هزینه تری برای تأمین مواد اولیه استراتژیک ایجاد می نماید.

دسته چهارم: خدمات لجستیک تخصصی و مدیریت زنجیره تأمین با بهره گیری از موقعیت استراتژیک منطقه آزاد و دسترسی به فرودگاه بین المللی، مجتمع خدمات لجستیک تخصصی برای حمل و نقل ایمن مواد اولیه شیمیایی حساس (که اغلب در دسته کالاهای خطرناک طبقه بندی می شوند) و توزیع محصول نهایی به بازارهای منطقه ای ارائه می دهد. این خدمات شامل انبارداری تخصصی با کنترل دما و رطوبت، بسته بندی و برجسب گذاری مطابق با مقررات حمل و نقل کالاهای خطرناک مانند IATA DGR برای حمل هوایی، ترخیص گمرکی سریع با استفاده از مزایای منطقه آزاد و منطقه ویژه مجاور، و مدیریت حمل و نقل چندوجهی (هوایی، ریلی، جاده ای) به مقاصد منطقه ای است. همچنین، پلتفرم دیجیتال مدیریت زنجیره تأمین مجتمع، قابلیت ردیابی لحظه ای محموله ها، پیش بینی زمان تحویل، و مدیریت موجودی بهینه را برای مشتریان فراهم می سازد.

دسته پنجم: خدمات فنی-مهندسی، راه اندازی و پشتیبانی پس از فروش این دسته شامل ارائه خدمات مشاوره فنی برای طراحی و بهینه سازی سیستم های باتری در کاربردهای خاص، خدمات مهندسی و نظارت بر راه اندازی خطوط تولید باتری برای سرمایه گذاران دیگر در منطقه یا کشور، خدمات کالیبراسیون و نگهداری پیشگیرانه تجهیزات تخصصی، و پشتیبانی فنی ۷/۲۴ برای مشتریان محصول نهایی است. خدمات پس از فروش شامل گارانتی عملکرد محصول، ارائه خدمات تعویض یا تعمیر ماژول های معیوب، به روزرسانی نرم افزار سیستم مدیریت باتری (BMS)، و آموزش اپراتورها و تکنسین های مشتری برای بهره برداری ایمن و بهینه از محصولات است.

دسته ششم: خدمات آموزش، گواهینامه و توسعه سرمایه انسانی مرکز آموزش تخصصی مجتمع، دوره های آموزشی گواهینامه دار در سطوح مختلف در حوزه های اصول الکتروشمی و فناوری باتری، ایمنی فرآیند و مدیریت مواد شیمیایی خطرناک، کنترل کیفیت و تست باتری مطابق با استانداردهای بین المللی، و مدیریت زنجیره تأمین صنایع پیشرفته ارائه می دهد. این دوره ها با همکاری نهادهای بین المللی تخصصی طراحی شده و شامل کارگاه های عملی با تجهیزات واقعی، شبیه سازی فرآیند، و فرصت های کارآموزی در خطوط تولید است. همچنین، مجتمع قابلیت ارائه خدمات آزمون و صدور گواهینامه های صلاحیت حرفه ای برای تکنسین ها و مهندسان فعال در صنعت باتری منطقه را دارد.

دسته هفتم: خدمات تجاری سازی، بازاریابی و توسعه بازار منطقه ای مجتمع با ایجاد «مرکز توسعه بازار منطقه ای باتری و انرژی های پاک»، خدمات معرفی محصولات تولیدی به خریداران بالقوه در بازارهای هدف (خودروسازان منطقه، توسعه دهندگان سیستم های ذخیره انرژی خورشیدی، تولید کنندگان تجهیزات الکترونیکی)، مذاکره و تسهیل عقد قراردادهای تأمین بلندمدت، و ارائه خدمات بازاریابی دیجیتال هدفمند برای افزایش دیده شدن برند در بازارهای منطقه ای را ارائه می دهد. همچنین،

برگزاری رویدادهای تخصصی سالانه مانند «نمایشگاه منطقه‌ای فناوری‌های باتری و خودروهای الکتریکی» و «کنفرانس زنجیره تأمین انرژی‌های پاک»، بستری برای شبکه‌سازی، تبادل دانش و ایجاد همکاری‌های تجاری بین تولیدکنندگان، تأمین‌کنندگان و خریداران منطقه فراهم می‌آورد.

دسته هشتم: خدمات پایداری، گزارش‌دهی و انطباق با استانداردهای بین‌المللی این دسته شامل ارائه خدمات مشاوره در زمینه طراحی فرآیندهای تولید با کمترین اثر زیست‌محیطی، محاسبه و گزارش‌دهی ردپای کربنی محصولات مطابق با استانداردهای بین‌المللی مانند ISO ۱۴۰۶۷، کمک به مشتریان برای اخذ گواهینامه‌های پایداری مورد نیاز برای صادرات به بازارهای حساس (مانند اروپا)، و ارائه خدمات ممیزی و انطباق با استانداردهای مسئولیت اجتماعی و زنجیره تأمین اخلاقی مانند اصول OECD برای مواد معدنی حساس است. این خدمات به تولیدکنندگان و مشتریان کمک می‌کند تا الزامات فزاینده بازارهای جهانی در مورد پایداری و شفافیت زنجیره تأمین را رعایت نمایند.

بخش نهم: جزئیات دقیق و عمیق فنی، عمرانی و انواع منابع مورد نیاز طرح

جزئیات فنی و عمرانی زیرساخت‌های فیزیکی:

طرح حاضر نیازمند احداث مجموعه‌ای از ساختمان‌ها و تأسیسات تخصصی با کاربری‌های متفاوت است که هر یک با مشخصات فنی دقیق و مطابق با استانداردهای بین‌المللی صنایع شیمیایی و الکترونیکی طراحی شده‌اند.

سالن تولید سلول باتری با مساحت کل حدود ۴۰,۰۰۰ مترمربع، شامل خطوط تولید پوشش‌دهی الکترود با عرض کاری ۸۰۰ میلی‌متر و طول کوره خشک‌کن ۵۰ متر، اتاق‌های خشک (Dry Room) با مساحت ترکیبی ۵,۰۰۰ مترمربع و سیستم‌های کنترل رطوبت با نقطه شبنم ۴۰- درجه سانتی‌گراد، مناطق مونتاژ سلول با کلاس تمیزی ISO Class ۸، و فضاهای پشتیبانی شامل انبار مواد اولیه، آزمایشگاه کنترل کیفیت در خط، و اتاق‌های کنترل فرآیند است. دیوارها و کف سالن‌ها با پوشش‌های اپوکسی ضد اسید و ضد جرقه، و سیستم‌های تهویه با فیلتراسیون HEPA برای کنترل ذرات معلق طراحی شده‌اند.

سالن مونتاژ پک باتری با مساحت ۱۵,۰۰۰ مترمربع، شامل خطوط جوشکاری لیزری اتوماتیک برای اتصال سلول‌ها، ایستگاه‌های نصب ماژول‌ها و سیستم مدیریت باتری (BMS)، مناطق تست الکتریکی و ایمنی با تجهیزات ایزوله، و انبار محصول نهایی با سیستم‌های کنترل دما است. این سالن مجهز به سیستم‌های اطفای حریق تخصصی برای باتری‌های لیتیومی (مانند سیستم‌های مبتنی بر فلوئوروکون یا نیتروژن) و سنسورهای تشخیص نشتی حرارتی (Thermal Runaway) است.

واحد بازیافت باتری‌های فرسوده با مساحت ۱۰,۰۰۰ مترمربع و طراحی جداگانه با فاصله ایمنی از مناطق تولید، شامل مناطق دریافت و تخلیه ایمن باتری‌های فرسوده، واحد تخلیه الکتریکی و خردایش مکانیکی، رآکتورهای لیچینگ اسیدی با سیستم‌های کنترل خوردگی، واحدهای استخراج حلالی و رسوب‌دهی انتخابی، و سیستم‌های تصفیه پساب و گازهای خروجی است. این واحد مطابق با استانداردهای مدیریت پسماندهای خطرناک و با سیستم‌های پایش لحظه‌ای انتشار آلاینده‌ها طراحی شده است.

مرکز تحقیق و توسعه و آزمایشگاه‌های مرجع با مساحت ۸,۰۰۰ مترمربع، شامل آزمایشگاه‌های تخصصی الکتروشیمی با هودهای شیمیایی و سیستم‌های تهویه موضعی، اتاق‌های تست سیکل عمر و ایمنی با سیستم‌های اطفای حریق خودکار، آزمایشگاه‌های آنالیز مواد با تجهیزات پیشرفته مانند XPS، XRD، SEM، و فضاهای کار مشترک برای تیم‌های پژوهشی است.

تأسیسات و زیرساخت‌های پشتیبانی شامل پست برق اختصاصی با ظرفیت ۵۰ مگاوات و سیستم‌های UPS با ظرفیت ۵ مگاوات برای فرآیندهای حساس، سیستم‌های تأمین آب دیونیزه با ظرفیت ۲۰۰ مترمکعب در روز و سیستم بازچرخانی پساب با راندمان ۸۵ درصد، سیستم‌های هوای فشرده و گازهای صنعتی (نیتروژن، آرگون) با خلوص بالا، و سیستم‌های مدیریت پسماند و دفع ایمن مواد شیمیایی است.

منابع انسانی مورد نیاز:

طرح حاضر در فاز بهره‌برداری کامل با ظرفیت ۲ گیگاوات-ساعت، نیازمند جذب و به‌کارگیری حدود ۱,۵۰۰ نیروی انسانی مستقیم در دسته‌های تخصصی زیر است: **تیم فنی-تولیدی** شامل مهندسان فرآیند شیمیایی، متخصصان الکتروشیمی، اپراتورهای خطوط تولید با آموزش دیده، تکنسین‌های نگهداری و تعمیرات تجهیزات تخصصی، و کارشناسان کنترل کیفیت که حداقل ۴۰ درصد آن‌ها باید دارای سابقه کار در صنایع مشابه یا گواهینامه‌های بین‌المللی مرتبط باشند. **تیم تحقیق و توسعه** شامل پژوهشگران دکترا و فوق‌لیسانس در حوزه‌های مواد پیشرفته، الکتروشیمی، شبیه‌سازی فرآیند و هوش مصنوعی کاربردی، که توانایی انجام پژوهش‌های کاربردی و ثبت اختراع را داشته باشند. **تیم مدیریت و زنجیره تأمین** شامل مدیران پروژه با گواهینامه‌های PMP یا معادل، متخصصان تأمین بین‌المللی با دانش بازارهای مواد اولیه استراتژیک، کارشناسان لجستیک کالاهای خطرناک، و مدیران کیفیت با تجربه در استانداردهای صنعت خودرو مانند IATF ۱۶۹۴۹. **تیم ایمنی، محیط‌زیست و پایداری** شامل متخصصان ایمنی فرآیند (Process Safety)، کارشناسان محیط‌زیست با دانش مدیریت پسماند‌های شیمیایی، و مسئولان انطباق با استانداردهای بین‌المللی پایداری.

برای تأمین این نیروی انسانی، استراتژی ترکیبی شامل جذب نخبگان داخلی از طریق ارائه بسته‌های حقوقی رقابتی (حداقل ۴۰ درصد بالاتر از میانگین بازار صنایع شیمیایی و الکترونیکی تهران)، تسهیلات اسکان در مجتمع‌های مسکونی مجاور منطقه آزاد، و برنامه‌های توسعه شغلی و آموزشی بلندمدت؛ و جذب متخصصان خارجی کلیدی از طریق تسهیل فرآیند اخذ ویزای کاری، معافیت‌های مالیاتی شخصی، و ایجاد محیط کاری چندفرهنگی پیش‌بینی شده است.

منابع دانشی، فناوری و تجهیزات:

فناوری‌های نرم‌افزاری: طرح نیازمند دسترسی به لایسنس‌های سازمانی نرم‌افزارهای تخصصی شامل نرم‌افزارهای شبیه‌سازی فرآیند مانند Aspen Plus، COMSOL Multiphysics برای مدل‌سازی الکتروشیمیایی، نرم‌افزارهای مدیریت تولید و کیفیت مانند SAP ME، Minitab برای تحلیل آماری فرآیند، پلتفرم‌های مدیریت زنجیره تأمین با قابلیت ردیابی منبع، و نرم‌افزارهای تخصصی طراحی و تست سیستم مدیریت باتری (BMS) است. همچنین، پیاده‌سازی سیستم‌های هوش مصنوعی برای پایش لحظه‌ای کیفیت فرآیند و پیش‌بینی خرابی تجهیزات ضروری است.

تجهیزات سخت‌افزاری تولید: شامل ماشین‌آلات پوشش‌دهی الکتروود با سیستم‌های کنترل ضخامت لیزری، کوره‌های خشک‌کن و کلسیناسیون با کنترل اتمسفر و دقت دمایی ± 1 درجه سانتی‌گراد، ماشین‌آلات برش و استکینگ الکتروود با دقت موقعیت‌یابی میکرونی، دستگاه‌های مونتاژ سلول ویندینگ/استکینگ نیمه‌اتوماتیک با قابلیت تولید ۲۰۰-۱۰۰ سلول در دقیقه، سیستم‌های تزریق الکتروولیت در محیط خشک با دقت حجمی میکرولیتری، دستگاه‌های فرم‌اسیون و تست اولیه با قابلیت برنامه‌ریزی پروفایل‌های پیچیده شارژ/دشارژ، و ربات‌های صنعتی برای جوشکاری لیزری و مونتاژ پک.

تجهیزات آزمایشگاهی و تست: شامل دستگاه‌های تست سیکل عمر با ظرفیت ۵۱۲ کانال هم‌زمان و قابلیت تست در دماهای کنترل‌شده (۲۰- تا ۶۰+ درجه سانتی‌گراد)، دستگاه‌های تست ایمنی مطابق با UN ۳۸.۳ (تست نشی حرارتی، اتصال کوتاه خارجی و داخلی، فشار مکانیکی، لرزش)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) برای آنالیز مورفولوژی، دستگاه‌های پتانسیواستات/گالوانواستات برای اندازه‌گیری‌های الکتروشیمیایی دقیق، و دستگاه‌های طیف‌سنجی جرمی (ICP-MS) برای آنالیز عنصری مواد با دقت بخش در میلیارد.

منابع مواد اولیه و مصرفی: طرح نیازمند تأمین پایدار مواد اولیه استراتژیک شامل مواد کاتد مانند NMC ۸۱۱، LFP ، مواد آنود (گرافیت سنتتیک یا طبیعی، سیلیکون کامپوزیت)، جداکننده‌های پلیمری (مانند پلی‌اتیلن/پلی‌پروپیلن)، الکتروولیت‌های مبتنی بر لیتروم هگزافلوروفسفات (LiPF_6) در حلال‌های آلی، و مواد افزودنی تخصصی است. استراتژی تأمین بر اساس ترکیبی از واردات مستقیم با استفاده از مزایای گمرکی منطقه آزاد از تأمین‌کنندگان معتبر جهانی، توسعه تأمین‌کنندگان داخلی برای مواد کم‌حساسیت، و ایجاد ظرفیت بازیافت داخلی برای تأمین مواد ثانویه طراحی شده است.

عوامل محیطی و پایداری:

طرح حاضر متعهد به رعایت اصول پایداری محیط‌زیستی و ایمنی در تمام مراحل طراحی، احداث و بهره‌برداری است.

مدیریت انرژی: استفاده از پنل‌های خورشیدی با ظرفیت ۱۰ مگاوات روی سقف ساختمان‌ها برای تأمین بخشی از برق مورد نیاز، سیستم‌های بازیافت حرارت از کوره‌ها و کمپرسورها، و طراحی فرآیندها برای حداقل‌سازی مصرف انرژی ویژه (هدف: کمتر از ۵ کیلووات-ساعت بر کیلووات-ساعت ظرفیت باتری تولیدی).

مدیریت آب: استقرار سیستم‌های بازچرخانی آب با راندمان حداقل ۸۵ درصد، استفاده از فناوری‌های تبخیرکننده کریستالایزر برای پساب‌های غلیظ شیمیایی، و پایش لحظه‌ای مصرف آب با سنسورهای IoT.

مدیریت پسماند: جداسازی و بازیافت پسماندهای شیمیایی در مبدأ، همکاری با شرکت‌های معتبر دارای مجوز برای دفع ایمن پسماندهای غیرقابل بازیافت، و استقرار سیستم مدیریت پسماند مطابق با استانداردهای ISO ۱۴۰۰۱.

ایمنی فرآیند: پیاده‌سازی لایه‌های حفاظتی چندگانه (Layers of Protection Analysis) برای فرآیندهای حساس، سیستم‌های تشخیص و اطفای حریق تخصصی برای باتری‌های لیتیومی، و آموزش مستمر پرسنل در زمینه ایمنی مواد شیمیایی و پاسخ به شرایط اضطراری.

بخش دهم: استانداردهای الزامی و اختیاری

استانداردهای الزامی (Mandatory Standards):

۱. **استانداردهای فنی تولید و ایمنی محصول:** رعایت کامل استانداردهای بین‌المللی مرتبط با تولید و تست باتری‌های لیتیومی شامل UN ۳۸.۳ برای ایمنی حمل‌ونقل باتری‌های لیتیومی، IEC ۶۲۶۱۹ برای ایمنی باتری‌های لیتیوم-یون صنعتی، IEC ۶۲۱۳۳ برای باتری‌های قابل حمل، و ISO ۱۲۴۰۵ برای تست عملکرد پک‌های باتری خودروهای الکتریکی. همچنین، رعایت استانداردهای مربوط به سیستم مدیریت باتری (BMS) شامل ISO ۲۶۲۶۲ برای ایمنی عملکردی در صنعت خودرو و UL ۹۵۴۰A برای ارزیابی ایمنی سیستم‌های ذخیره انرژی ثابت الزامی است.

۲. **استانداردهای ایمنی فرآیند و بهداشت حرفه‌ای:** پیاده‌سازی کامل الزامات استاندارد OSHA ۱۹۱۰.۱۱۹ برای مدیریت ایمنی فرآیندهای شامل مواد شیمیایی خطرناک، رعایت استانداردهای NFPA ۳۰ برای انبارش مایعات قابل اشتعال، NFPA ۸۵۵ برای نصب سیستم‌های ذخیره انرژی استاتیک، و پیاده‌سازی سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی ISO ۴۵۰۰۱. همچنین، رعایت دستورالعمل‌های ATEX برای تجهیزات الکتریکی در محیط‌های قابل انفجار و استانداردهای مربوط به اتاق‌های خشک (Dry Room) شامل کنترل رطوبت و ذرات معلق الزامی است.

۳. **استانداردهای زیست‌محیطی و مدیریت پسماند:** اخذ گواهینامه ISO ۱۴۰۰۱ برای سیستم مدیریت زیست‌محیطی، رعایت کامل مقررات انتشار آلاینده‌های هوا، پساب‌های صنعتی و مدیریت پسماندهای خطرناک، و پیاده‌سازی اصول کنوانسیون بازل برای کنترل حمل‌ونقل برون‌مرزی پسماندهای خطرناک. همچنین، رعایت استانداردهای مربوط به بازیافت باتری‌های فرسوده شامل الزامات بازیابی حداقل ۵۰ درصد مواد باارزش و دفع ایمن مواد خطرناک باقیمانده ضروری است.

۴. **استانداردهای کیفیت و انطباق صنعت خودرو:** با توجه به کاربردهای اصلی باتری در صنعت خودروهای الکتریکی، رعایت استاندارد IATF ۱۶۹۴۹ برای سیستم مدیریت کیفیت در زنجیره تأمین صنعت خودرو، استاندارد VDA ۶.۳ برای ممیزی فرآیند تولید، و الزامات مشتریان اصلی خودروساز (مانند تست‌های خاص، ردیابی کامل مواد اولیه، و گزارش‌دهی کیفیت) الزامی است. همچنین، پیاده‌سازی سیستم ردیابی کامل محصول (Full Traceability) از مواد اولیه تا محصول نهایی برای امکان فراخوان در صورت وجود نقص ایمنی ضروری می‌باشد.

۵. **استانداردهای امنیت اطلاعات و حفاظت از دانش فنی:** با توجه به حساسیت فناوری تولید باتری، پیاده‌سازی الزامات استاندارد ISO/IEC ۲۷۰۰۱ برای سیستم مدیریت امنیت اطلاعات، رعایت پروتکل‌های حفاظت از اسرار تجاری و دانش فنی، و استفاده از سیستم‌های کنترل دسترسی فیزیکی و دیجیتال پیشرفته برای مناطق حساس فرآیند و تحقیق و توسعه الزامی است.

استانداردهای اختیاری (Recommended Standards):

۱. **استانداردهای پایداری و اقتصاد چرخشی:** اخذ گواهینامه‌های تخصصی پایداری مانند ISO ۱۴۰۶۴ برای گزارش‌دهی انتشار گازهای گلخانه‌ای، ISO ۱۴۰۶۷ برای محاسبه ردپای کربنی محصول، و استانداردهای اقتصاد چرخشی مانند

BS ۸۰۰۱ برای طراحی فرآیندها با حداقل ضایعات و حداکثر بازیافت. پیاده‌سازی چارچوب گزارش‌دهی پایداری GRI برای شفاف‌سازی اثرات اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی طرح برای سرمایه‌گذاران و جامعه توصیه می‌شود.

۲. **استانداردهای تخصصی صنعت انرژی و خودروهای الکتریکی:** رعایت راهنماهای فنی انجمن‌های حرفه‌ای بین‌المللی مانند SAE International برای کاربردهای خودرویی باتری، IEEE برای سیستم‌های ذخیره انرژی متصل به شبکه، و Eurobat برای طبقه‌بندی و تست باتری‌های صنعتی. همچنین، انطباق با الزامات مقرراتی بازارهای هدف صادراتی مانند مقررات باتری اتحادیه اروپا (EU Battery Regulation ۲۰۲۳) که از سال ۲۰۲۷ الزامی می‌شود و شامل الزامات ردپای کربنی، محتوای بازیافتی و مسئولیت گسترده تولیدکننده است.

۳. **استانداردهای نوآوری و مدیریت تحقیق و توسعه:** استقرار چارچوب‌های مدیریت نوآوری مانند ISO ۵۶۰۰۲ و اختصاص حداقل ۴ درصد از درآمد سالانه به فعالیت‌های تحقیق و توسعه در حوزه فناوری‌های نسل بعدی باتری (مانند باتری‌های حالت جامد، لیتیوم-گوگرد). همچنین، پیاده‌سازی سیستم مدیریت دانش برای ثبت، اشتراک‌گذاری و حفاظت از دانش فنی کسب‌شده در طول پروژه‌های تحقیق و توسعه توصیه می‌گردد.

۴. **استانداردهای مسئولیت اجتماعی و زنجیره تأمین اخلاقی:** پیاده‌سازی اصول راهنمای OECD برای زنجیره تأمین مسئولانه مواد معدنی حساس (مانند کبالت، لیتیوم)، رعایت اصول اتحادیه جهانی برای پایداری کبالت (Cobalt Industry Responsible Assessment Framework)، و اخذ گواهینامه‌های مسئولیت اجتماعی مانند SA ۸۰۰۰ برای اطمینان از رعایت حقوق کارگران در کل زنجیره تأمین. این استانداردها به‌ویژه برای صادرات به بازارهای اروپا و آمریکا حیاتی هستند.

۵. **استانداردهای تعالی سازمانی و بهبود مستمر:** اخذ گواهینامه‌های ISO ۹۰۰۱ برای سیستم مدیریت کیفیت عمومی و مدل تعالی سازمانی EFQM یا جایزه ملی کیفیت ایران برای ارتقای فرهنگ بهبود مستمر، رضایت ذینفعان و رقابت‌پذیری بلندمدت. همچنین، پیاده‌سازی متدولوژی‌های Lean Manufacturing و Six Sigma برای کاهش ضایعات، بهبود بهره‌وری و کنترل کیفیت آماری فرآیند توصیه می‌شود.

بخش یازدهم: ساختار تفصیلی حجم سرمایه، هزینه‌های عملیاتی و شاخص‌های کلیدی تحلیل مالی و اقتصادی

ساختار تفصیلی حجم سرمایه‌گذاری اولیه (فاز اول با ظرفیت ۲ گیگاوات-ساعت):

سرمایه‌گذاری اولیه طرح در فاز اول بهره‌برداری در محدوده ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلیون دلار آمریکا برآورد می‌شود:

هزینه‌های زمین و آماده‌سازی سایت شامل خرید یا اجاره بلندمدت زمین ۷۵ هکتاری در منطقه آزاد، عملیات خاک‌برداری، تسطیح، دیوارکشی ایمنی، ایجاد دسترسی‌های جاده‌ای و ریلی، و آماده‌سازی زیرساخت‌های اولیه برق و آب: حدود ۴۰ تا ۷۰ میلیون دلار.

هزینه‌های احداث ساختمان‌ها و زیرساخت‌های فیزیکی تخصصی شامل ساخت سالن تولید سلول با اتاق‌های خشک، سالن مونتاژ پک، واحد بازیافت، مرکز تحقیق و توسعه، آزمایشگاه‌های مرجع، انبارهای تخصصی مواد شیمیایی، و فضاهای اداری-خدماتی با استانداردهای بین‌المللی صنایع شیمیایی و الکترونیکی: حدود ۱۲۰ تا ۱۸۰ میلیون دلار.

هزینه‌های تجهیزات خط تولید و فناوری شامل خرید ماشین‌آلات پوشش‌دهی الکتروود، کوره‌های خشک‌کن و کلسیناسیون، دستگاه‌های مونتاژ سلول و پک، سیستم‌های تست و فرم‌اسیون، تجهیزات آزمایشگاهی پیشرفته، و نرم‌افزارهای تخصصی مدیریت تولید و شبیه‌سازی: حدود ۱۰۰ تا ۱۶۰ میلیون دلار.

هزینه‌های توسعه تحقیق و توسعه و انتقال فناوری شامل هزینه‌های همکاری با شرکای فناوری بین‌المللی، خرید لایسنس‌های فناوری، ثبت اختراعات، و راه‌اندازی مرکز تحقیق و توسعه: حدود ۲۰ تا ۴۰ میلیون دلار.

هزینه‌های تأمین سرمایه انسانی اولیه و آموزش شامل جذب و آموزش نیروی متخصص کلیدی، هزینه‌های انتقال متخصصان خارجی، و راه‌اندازی مرکز آموزش تخصصی: حدود ۱۵ تا ۳۰ میلیون دلار.

هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده و ذخیره احتیاطی معادل ۱۲ درصد کل سرمایه‌گذاری برای پوشش ریسک‌های اجرایی، نوسانات ارزی، و افزایش قیمت تجهیزات وارداتی: حدود ۳۵ تا ۶۰ میلیون دلار.

ساختار تفصیلی هزینه‌های عملیاتی سالانه (در سال پنجم بهره‌برداری با ظرفیت کامل ۲ گیگاوات-ساعت):

هزینه‌های عملیاتی سالانه طرح در سال پنجم که به ظرفیت پایدار رسیده است، حدود ۱۸۰ تا ۲۵۰ میلیون دلار برآورد می‌شود که شامل: **هزینه‌های مواد اولیه و مصرفی** که بزرگ‌ترین جزء هزینه عملیاتی است، شامل خرید مواد کاتد LFP، NMC، مواد آند (گرافیت)، جداکننده‌ها، الکترولیت‌ها، و مواد افزودنی تخصصی: حدود ۱۰۰ تا ۱۴۰ میلیون دلار (معادل ۶۰-۵۵ درصد کل هزینه‌های عملیاتی). **هزینه‌های پرسنلی** شامل حقوق و مزایای ۱,۵۰۰ نیروی مستقیم، حق‌الزحمه متخصصان پروژه‌ای، و هزینه‌های آموزش مستمر: حدود ۳۰ تا ۴۵ میلیون دلار. **هزینه‌های انرژی و تأسیسات** شامل برق صنعتی با مصرف ویژه حدود ۴-۵ کیلووات-ساعت بر کیلووات-ساعت ظرفیت باتری، آب دیونیزه، گازهای صنعتی (نیتروژن، آرگون)، و نگهداری سیستم‌های HVAC و کنترل محیطی: حدود ۱۵ تا ۲۵ میلیون دلار. **هزینه‌های نگهداری و تعمیرات** شامل سرویس دوره‌ای تجهیزات تخصصی، کالیبراسیون ابزار دقیق، تعمیرات پیشگیرانه، و خرید قطعات یدکی: حدود ۱۰ تا ۱۸ میلیون دلار. **هزینه‌های لجستیک و زنجیره تأمین** شامل حمل‌ونقل مواد اولیه وارداتی، انبارداری تخصصی، بیمه کالاهای خطرناک، و هزینه‌های ترخیص گمرکی: حدود ۸ تا ۱۵ میلیون دلار. **هزینه‌های تحقیق و توسعه و نوآوری** شامل بودجه پروژه‌های تحقیقاتی، همکاری با دانشگاه‌ها، و ثبت اختراعات: حدود ۷ تا ۱۲ میلیون دلار (معادل ۴ درصد درآمد). **هزینه‌های بازاریابی و توسعه بازار** شامل حضور در نمایشگاه‌های بین‌المللی، بازاریابی دیجیتال، و هزینه‌های نمایندگی‌های منطقه‌ای: حدود ۳ تا ۶ میلیون دلار. **هزینه‌های اداری، عمومی و انطباق** شامل بیمه‌های تخصصی، هزینه‌های حقوقی و ممیزی، گزارش‌دهی زیست‌محیطی، و هزینه‌های مدیریت منطقه آزاد: حدود ۷ تا ۱۴ میلیون دلار.

شاخص های کلیدی تحلیل مالی و اقتصادی:

پیش بینی درآمد: درآمد سالانه طرح در سال پنجم بهره برداری از محل فروش سلول و پک باتری به خودروسازان داخلی و منطقه ای، ارائه خدمات بازیافت، فروش مواد بازیافتی، خدمات آزمایشگاهی و فنی-مهندسی، و درآمدهای جانبی، در سناریوی میانه حدود ۲۸۰ تا ۴۰۰ میلیون دلار پیش بینی می شود. این برآورد با فرض قیمت فروش متوسط ۱۲۰-۱۰۰ دلار بر کیلووات-ساعت برای سلول های LFP و ۱۵۰-۱۳۰ دلار بر کیلووات-ساعت برای سلول های NMC، و تحقق ظرفیت تولید ۲ گیگاوات-ساعت با نرخ بهره برداری ۸۵ درصد محاسبه شده است.

حاشیه سود ناخالص: با توجه به ماهیت سرمایه بر و فناوری محور طرح، و با فرض مدیریت کارآمد زنجیره تأمین و بهره وری تولید، حاشیه سود ناخالص در محدوده ۲۵ تا ۳۵ درصد برآورد می گردد که با استانداردهای جهانی صنعت باتری همخوانی دارد.

نقطه سربه سر: با فرض تحقق سناریوی میانه درآمد و هزینه، نقطه سربه سر عملیاتی در سال چهارم بهره برداری (سال هفتم از شروع پروژه) محقق خواهد شد.

دوره بازگشت سرمایه (Payback Period): با در نظر گیری جریان های نقدی آزاد و با احتساب ارزش زمانی پول، دوره بازگشت سرمایه اولیه بین ۶.۵ تا ۸.۵ سال پیش بینی می شود که با توجه به ریسک های صنعت و منطقه، در محدوده قابل قبول برای سرمایه گذاران استراتژیک قرار دارد.

نرخ بازده داخلی (IRR): نرخ بازده داخلی طرح در افق ۲۵ ساله، با احتساب ارزش زمانی پول، ریسک های منطقه ای، و نوسانات قیمت مواد اولیه، در محدوده ۱۶ تا ۲۲ درصد برآورد می گردد که بالاتر از نرخ بازده مورد انتظار برای پروژه های صنعتی در مناطق آزاد است.

خالص ارزش فعلی (NPV): با نرخ تنزیل ۱۴ درصد (منعکس کننده ریسک کشور، صنعت و فناوری)، خالص ارزش فعلی جریان های نقدی طرح در افق ۲۵ ساله مثبت و در محدوده ۳۵۰ تا ۶۰۰ میلیون دلار برآورد می شود که توجیه اقتصادی قوی برای اجرای طرح ارائه می دهد.

مکانیزم های پوشش ریسک مالی و تضمین بازدهی:

۱. **تنوع بخشی به سبد محصولات و بازارها:** طراحی خط تولید با قابلیت تولید هم زمان باتری های LFP برای بازارهای حساس به قیمت (مانند خودروهای اقتصادی و سیستم های ذخیره انرژی ثابت) و باتری های NMC برای بازارهای با ارزش افزوده بالاتر (مانند خودروهای الکتریکی پریمیوم و تجهیزات پرتابل)، به منظور کاهش وابستگی به یک نوع محصول یا بازار خاص. همچنین، هدف گذاری هم زمان بازارهای داخلی، منطقه ای (خاورمیانه، آسیای میانه) و صادراتی (اروپای شرقی، آفریقا) برای توزیع ریسک جغرافیایی.

۲. **ابزارهای مالی پوشش ریسک قیمت مواد اولیه:** با توجه به نوسانات شدید قیمت جهانی لیتیوم، کبالت و نیکل، استفاده از قراردادهای آتی (Futures)، اختیار معامله (Options)، و سوآپ قیمتی از طریق بورس های کالای بین المللی مانند LME،

SHFE برای قفل کردن قیمت بخشی از مواد اولیه استراتژیک. همچنین، انعقاد قراردادهای تأمین بلندمدت (Long-term Supply Agreements) با تأمین کنندگان معتبر با مکانیزم‌های تعدیل قیمت شفاف و پیش‌بینی‌پذیر.

۳. **بیمه‌های تخصصی ریسک صنعتی و سیاسی:** اخذ بیمه‌نامه‌های جامع برای پوشش ریسک‌های فیزیکی (آتش‌سوزی، انفجار، زلزله)، ریسک‌های عملیاتی (قطع تولید، خرابی تجهیزات حساس)، ریسک‌های محصول (فراخوان ایمنی، مسئولیت محصول)، و ریسک‌های سیاسی-اقتصادی (تحریم، مصادره، عدم امکان انتقال ارز) از طریق شرکت‌های بیمه معتبر داخلی و بین‌المللی و نهادهایی مانند MIGA آژانس تضمین سرمایه‌گذاری چندجانبه بانک جهانی.

۴. **صندوق تثبیت قیمت و تضمین خرید داخلی:** ایجاد مکانیزمی با مشارکت وزارت صنعت، سازمان منطقه آزاد و خودروسازان داخلی برای تضمین خرید بخشی از تولید با قیمت حداقلی مشخص در سال‌های اولیه بهره‌برداری، به‌منظور کاهش ریسک بازار در فاز راه‌اندازی و ایجاد اطمینان برای سرمایه‌گذاران. این مکانیزم می‌تواند به تدریج و با بلوغ بازار و رقابت‌پذیری محصول، کاهش یابد.

۵. **مکانیزم‌های تعدیل قیمت در قراردادهای بلندمدت:** گنجاندن بندهای تعدیل قیمت در قراردادهای تأمین با مشتریان بزرگ بر اساس ترکیبی از شاخص‌های تورم داخلی و بین‌المللی، نوسانات قیمت مواد اولیه مرجع (مانند شاخص قیمت لیتیوم کاربونات)، و تغییرات نرخ ارز، برای حفظ حاشیه سود در برابر شوک‌های خارجی.

۶. **ذخیره استراتژیک نقدینگی و دسترسی به خطوط اعتباری اضطراری:** اختصاص حداقل ۱۰ درصد از جریان‌های نقدی آزاد سالانه به ایجاد ذخیره نقدینگی استراتژیک برای عبور از دوره‌های رکود موقت، شوک‌های قیمتی یا اختلال در زنجیره تأمین. همچنین، پیش‌تأمین خطوط اعتباری اضطراری (Contingency Credit Lines) از بانک‌های داخلی و بین‌المللی برای مواقع ضروری.

۷. **استراتژی مدیریت موجودی هوشمند مواد اولیه:** پیاده‌سازی سیستم‌های پیش‌بینی تقاضا و مدیریت موجودی بهینه (با استفاده از هوش مصنوعی و تحلیل کلان‌داده) برای حفظ تعادل بین هزینه نگهداری موجودی و ریسک اختلال در تأمین، به‌ویژه برای مواد اولیه استراتژیک با زنجیره تأمین متمرکز جغرافیایی.

بخش دوازدهم: مدت پیشنهادی اجرای طرح با برنامه‌ریزی فازبندی‌شده، مدیریت مسیر بحرانی و دروازه‌های نظارتی

برنامه زمانی کلان و فازبندی اجرایی طرح:

مدت کل پیشنهادی برای اجرای کامل طرح مجتمع تولید باتری‌های لیتیومی در منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره)، از تاریخ تصویب نهایی تا رسیدن به بهره‌برداری تجاری کامل با ظرفیت ۲ گیگاوات-ساعت، ۴۸ ماه (چهار سال) در نظر گرفته شده

است. این بازه زمانی بر اساس تحلیل دقیق فعالیت‌های پیش‌نیاز، برآورد منابع، ارزیابی ریسک‌های اجرایی، و تجربه پروژه‌های مشابه بین‌المللی در صنعت باتری تعیین گردیده و در پنج فاز اصلی با دروازه‌های نظارتی مشخص ساختاردهی شده است:

فاز صفر: مطالعات تکمیلی، اخذ مجوزهای تخصصی و تأمین مالی مقدماتی (ماه‌های ۱ تا ۹) این فاز شامل فعالیت‌های حیاتی پیش از شروع عملیات اجرایی است که عدم تکمیل صحیح آن‌ها می‌تواند کل پروژه را با تأخیر جدی یا شکست مواجه سازد. فعالیت‌های کلیدی این فاز عبارتند از: تکمیل مطالعات امکان‌سنجی فنی-اقتصادی با جزئیات مهندسی (FEED) شامل انتخاب نهایی فناوری تولید (فرآیند تر یا خشک برای پوشش‌دهی الکترود)، آنالیز دقیق زنجیره تأمین مواد اولیه استراتژیک، و ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی و ایمنی؛ اخذ مصوبه هیئت‌مدیره سازمان منطقه آزاد و تأییدیه شورای عالی مناطق آزاد برای پروژه استراتژیک باتری؛ انعقاد تفاهم‌نامه‌های همکاری با نهادهای حاکمیتی مرتبط (وزارت صنعت، معدن و تجارت، سازمان انرژی‌های نو، سازمان حفاظت محیط‌زیست، وزارت نیرو)؛ اخذ مجوزهای تخصصی شامل مجوز احداث واحد تولید مواد شیمیایی، مجوز مدیریت پسماندهای خطرناک، مجوز ایمنی فرآیند برای مواد قابل اشتعال، و مجوزهای زیست‌محیطی؛ نهایی‌سازی ساختار حقوقی و مالی پروژه شامل ثبت شرکت پروژه (SPV)، جذب سرمایه‌گذاران استراتژیک اولیه، اخذ تعهدات تأمین مالی از نهادهای اعتباری داخلی و بین‌المللی، و طراحی ساختار بهینه ترکیب بدهی-سرمایه؛ و انتخاب پیمانکاران مشاور طراحی مهندسی، نظارت و تأمین تجهیزات از طریق فرآیند مناقصه شفاف بین‌المللی با معیارهای فنی، مالی و سابقه اجرایی. **دروازه نظارتی پایان فاز صفر:** اخذ «مجوز شروع به کار» از سازمان منطقه آزاد که منوط به تکمیل ۱۰۰ درصدی فعالیت‌های فوق، اخذ کلیه مجوزهای کلیدی، و تأمین حداقل ۳۵ درصد از سرمایه اولیه فاز اول از طریق تعهدات قطعی مالی است.

فاز یک: طراحی تفصیلی مهندسی، تدارکات بلندمدت و شروع عملیات عمرانی (ماه‌های ۱۰ تا ۲۴) این فاز طولانی‌ترین بخش اجرایی طرح است که هم‌زمان شامل فعالیت‌های طراحی مهندسی با جزئیات کامل، تدارکات تجهیزات با زمان تحویل طولانی (Long-Lead Items)، و شروع عملیات ساختمانی می‌باشد. فعالیت‌های کلیدی شامل: تکمیل طراحی‌های معماری، سازه‌ای، تأسیساتی، فرآیندی و ابزار دقیق با جزئیات اجرایی (Detailed Design) و اخذ تأییدیه‌های نهایی از نهادهای ناظر فنی و ایمنی؛ اخذ پروانه‌های ساختمانی و مجوزهای اتصال به شبکه‌های زیربنایی برق، آب، گاز و فاضلاب؛ شروع عملیات خاک‌برداری، فونداسیون، اسکاف‌سازی و سازه‌های فلزی ساختمان‌های اصلی با اولویت‌بندی سالن تولید سلول به‌عنوان فعالیت بحرانی؛ عقد قراردادهای خرید تجهیزات تخصصی با زمان تحویل ۱۸-۱۲ ماهه (مانند ماشین‌آلات پوشش‌دهی الکترود، کوره‌های کلسیناسیون، سیستم‌های کنترل رطوبت اتاق‌های خشک) با تأمین کنندگان معتبر بین‌المللی و پیش‌بینی مکانیزم‌های تضمین تحویل و جریمه تأخیر؛ شروع توسعه پلتفرم‌های نرم‌افزاری مدیریت تولید، سیستم‌های ردیابی محصول، و پلتفرم مدیریت زنجیره تأمین؛ و آغاز فرآیند جذب و آموزش نیروی انسانی کلیدی از طریق همکاری با دانشگاه‌ها و مراکز آموزش تخصصی. **دروازه نظارتی پایان فاز یک:** اخذ «گواهی پیشرفت فیزیکی ۵۰ درصدی و تأمین تجهیزات کلیدی» که منوط به اتمام اسکاف ساختمان‌های اصلی، عقد قراردادهای خرید حداقل ۸۰ درصد تجهیزات با زمان تحویل طولانی، تکمیل طراحی‌های مهندسی با تأییدیه نهایی، و تأمین حداقل ۷۰ درصد سرمایه مورد نیاز فاز اجرایی است.

فاز دو: تکمیل عملیات عمرانی، نصب تجهیزات، راه‌اندازی سرد و تست یکپارچه (ماه‌های ۲۵ تا ۳۹) این فاز

بر تکمیل زیرساخت‌های فیزیکی، نصب و کالیبراسیون تجهیزات تخصصی، و اطمینان از عملکرد صحیح سیستم‌ها قبل از شروع تولید تجاری متمرکز است. فعالیت‌های کلیدی شامل: اتمام عملیات نازک‌کاری، تأسیسات مکانیکی و الکتریکی، و سیستم‌های کنترل محیطی HVAC، Dry Room ساختمان‌ها؛ نصب مکانیکی و الکتریکی تجهیزات خط تولید، سیستم‌های اتوماسیون و ابزار دقیق، و تجهیزات آزمایشگاهی؛ راه‌اندازی سرد (Cold Commissioning) تجهیزات بدون مواد اولیه برای تست عملکرد مکانیکی و الکتریکی؛ راه‌اندازی گرم (Hot Commissioning) با مواد اولیه واقعی برای کالیبراسیون فرآیند، بهینه‌سازی پارامترها و تولید نمونه‌های اولیه؛ انجام تست‌های عملکردی یکپارچه (Integrated Systems Testing) و تست‌های ایمنی فرآیند؛ آموزش عملیاتی نیروی انسانی بر روی تجهیزات نصب‌شده و تدوین دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری؛ اخذ گواهینامه‌های ایمنی، بهداشت، محیط‌زیست و کیفیت برای بهره‌برداری از نهادهای ناظر داخلی و بین‌المللی؛ و تولید نمونه‌های اولیه (Pilot Batch) برای تست عملکرد، ایمنی و اخذ تأییدیه مشتریان کلیدی. **دروازه نظارتی پایان فاز دو:** اخذ «گواهی آمادگی بهره‌برداری آزمایشی» که منوط به تکمیل ۱۰۰ درصدی عملیات نصب، موفقیت‌آمیز بودن تست‌های یکپارچه و ایمنی، تولید نمونه‌های اولیه با کیفیت قابل قبول، و تأییدیه نهادهای ناظر بر رعایت کلیه استانداردهای فنی، ایمنی و زیست‌محیطی است.

فاز سه: بهره‌برداری آزمایشی، جذب مشتریان اولیه و بهینه‌سازی فرآیند (ماه‌های ۴۰ تا ۴۵) این فاز بر انتقال

تدریجی از حالت پروژه به حالت عملیات تجاری و ایجاد جریان درآمدی اولیه متمرکز است. فعالیت‌های کلیدی شامل: راه‌اندازی آزمایشی خط تولید با ظرفیت ۵۰-۳۰ درصد برای تولید محموله‌های کوچک جهت تست بازار و جمع‌آوری بازخورد مشتریان؛ رفع نواقص نهایی فرآیندها، تجهیزات و سیستم‌های مدیریتی بر اساس داده‌های عملیاتی واقعی؛ اجرای کمپین‌های بازاریابی هدفمند و جذب مشتریان اولیه استراتژیک (خودروسازان داخلی، توسعه‌دهندگان سیستم‌های ذخیره انرژی)؛ عقد قراردادهای تأمین اولیه با مشتریان کلیدی و شروع تحویل محموله‌های تجاری کوچک؛ آموزش نهایی پرسنل عملیاتی و استقرار سیستم‌های پشتیبانی فنی ۷/۲۴؛ و پایش لحظه‌ای شاخص‌های کلیدی عملکرد OEE، نرخ ضایعات، مصرف انرژی ویژه برای شناسایی فرصت‌های بهبود. **دروازه نظارتی پایان فاز سه:** اخذ «گواهی موفقیت بهره‌برداری آزمایشی» که منوط به جذب حداقل ۳ مشتری استراتژیک، تحویل موفقیت‌آمیز محموله‌های اولیه با رضایت مشتری، تحقق شاخص‌های کلیدی کیفیت و بهره‌وری در محدوده هدف، و تأییدیه مدیریت پروژه بر آمادگی برای افزایش ظرفیت است.

فاز چهار: راه‌اندازی تجاری کامل، افزایش ظرفیت و توسعه بازار (ماه‌های ۴۶ تا ۴۸ و پس از آن) این فاز

نهایی بر رسیدن به ظرفیت نامی تولید، تثبیت جایگاه در بازار و آماده‌سازی برای فازهای توسعه‌ای بعدی متمرکز است. فعالیت‌های کلیدی شامل: افزایش تدریجی ظرفیت تولید به ۱۰۰ درصد نامی (۲ گیگاوات-ساعت در سال) با حفظ کیفیت و ایمنی؛ بهینه‌سازی فرآیندها برای کاهش هزینه واحد تولید و افزایش بهره‌وری؛ توسعه سبد محصولات با افزودن فرمت‌ها یا شیمی‌های جدید باتری بر اساس بازخورد بازار؛ گسترش شبکه توزیع و خدمات پس از فروش در بازارهای هدف منطقه‌ای؛ و شروع مطالعات امکان‌سنجی برای فاز توسعه دوم با ظرفیت ۱۰-۵ گیگاوات-ساعت. **دروازه نظارتی پایان فاز چهار:** اخذ «گواهی بهره‌برداری تجاری کامل» که منوط به تحقق ظرفیت تولید نامی با نرخ بهره‌برداری حداقل ۸۵ درصد، رضایت مشتریان کلیدی از کیفیت و تحویل به موقع،

تحقق شاخص‌های مالی پیش‌بینی شده برای سال اول بهره‌برداری کامل، و تأییدیه هیئت‌مدیره پروژه بر آمادگی برای مقیاس‌پذیری و توسعه آتی است.

مدیریت مسیر بحرانی (Critical Path Management) :

با استفاده از متدولوژی مدیریت پروژه مبتنی بر مسیر بحرانی (CPM) و نرم‌افزارهای تخصصی مانند Oracle Primavera P6 یا Microsoft Project، فعالیت‌های کلیدی که تأخیر در آن‌ها مستقیماً بر تاریخ پایان پروژه تأثیر می‌گذارد، شناسایی و به‌طور مستمر پایش می‌شوند. مسیر بحرانی اصلی طرح شامل زنجیره فعالیت‌های زیر است: اخذ مجوزهای تخصصی زیست‌محیطی و ایمنی فرآیند (فاز صفر) ← تکمیل طراحی مهندسی فرآیند و اتاق‌های خشک (فاز یک) ← تأمین و حمل تجهیزات تخصصی با زمان تحویل طولانی از تأمین‌کنندگان بین‌المللی (فاز یک و دو) ← نصب و کالیبراسیون سیستم‌های کنترل رطوبت و تمیزی اتاق‌های خشک (فاز دو) ← راه‌اندازی گرم و کالیبراسیون فرآیند پوشش‌دهی الکتروود (فاز دو و سه) ← اخذ تأییدیه کیفیت و ایمنی از مشتریان کلیدی برای شروع تحویل تجاری (فاز سه). برای مدیریت ریسک تأخیر در این فعالیت‌ها، راهکارهای زیر پیش‌بینی شده است: **برای مجوزهای تخصصی:** ایجاد تیم ویژه ارتباط با نهادهای حاکمیتی با اختیارات تصمیم‌گیری سریع، استفاده از مشاوران حقوقی متخصص در مقررات مواد شیمیایی و ایمنی فرآیند، و پیاده‌سازی مکانیزم «پیش‌بررسی موازی» برای کاهش زمان اخذ مجوزهای متوالی. **برای طراحی مهندسی:** استخدام مشاوران بین‌المللی با سابقه پروژه‌های تولید باتری، پیاده‌سازی فرآیند طراحی موازی برای بخش‌های مستقل فرآیند، و استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) برای شناسایی زود هنگام تداخلات طراحی. **برای تأمین تجهیزات:** عقد قراردادهای خرید با شرایط تحویل قطعی (Firm Delivery Date) و جریمه‌های شفاف برای تأخیر، پیش‌بینی تأمین‌کنندگان جایگزین برای تجهیزات حیاتی، و استفاده از مزایای گمرکی منطقه آزاد برای تسریع ترخیص. **برای نصب و کالیبراسیون:** آموزش پیش‌دستانه نیروی نصب توسط تأمین‌کنندگان تجهیزات، برنامه‌ریزی تست‌های مرحله‌ای برای شناسایی زود هنگام نواقص، و استقرار تیم‌های فنی واکنش سریع برای رفع مشکلات فنی در محل.

دروازه‌های نظارتی و مکانیزم‌های کنترل پروژه:

برای اطمینان از انطباق پیشرفت پروژه با اهداف تعیین شده و امکان تصمیم‌گیری به‌موقع در مورد ادامه، اصلاح یا توقف پروژه، هشت دروازه نظارتی (Stage-Gate) در طول چرخه اجرا تعریف شده است: **دروازه ۱ (پایان ماه ۴):** بررسی تکمیل مطالعات امکان‌سنجی فنی-اقتصادی و تأیید ساختار حقوقی-مالی اولیه پروژه. **دروازه ۲ (پایان ماه ۹):** تأیید اخذ کلیه مجوزهای کلیدی تخصصی و تأمین حداقل ۳۵ درصد سرمایه اولیه برای صدور مجوز شروع به کار. **دروازه ۳ (پایان ماه ۱۵):** ارزیابی پیشرفت طراحی‌های مهندسی و تدارکات تجهیزات با زمان تحویل طولانی و تأیید تداوم تأمین مالی برای ورود به فاز اجرایی سنگین. **دروازه ۴ (پایان ماه ۲۴):** بررسی پیشرفت فیزیکی ۵۰ درصدی، عقد قراردادهای خرید حداقل ۸۰ درصد تجهیزات کلیدی، و تأیید برنامه‌های نصب و راه‌اندازی برای ادامه فاز دو. **دروازه ۵ (پایان ماه ۳۰):** ارزیابی ریسک‌های باقیمانده فنی و تأمین مواد اولیه و تأیید آمادگی برای ورود به فاز نصب و راه‌اندازی تجهیزات. **دروازه ۶ (پایان ماه ۳۹):** تأیید موفقیت‌آمیز بودن تست‌های یکپارچه و ایمنی، تولید نمونه‌های اولیه با کیفیت قابل قبول، و صدور مجوز بهره‌برداری آزمایشی. **دروازه ۷ (پایان ماه ۴۵):** ارزیابی

عملکرد بهره‌برداری آزمایشی، رضایت مشتریان اولیه، و تأیید آمادگی برای افزایش ظرفیت به سطح تجاری کامل. **دروازه ۸**
(پایان ماه ۴۸): ارزیابی نهایی عملکرد بهره‌برداری کامل، تحقق شاخص‌های مالی و عملیاتی سال اول، و تأیید برنامه توسعه فاز دوم.

در هر دروازه، یک کمیته راهبری متشکل از نمایندگان سازمان منطقه آزاد، سرمایه‌گذاران اصلی، مشاوران فنی مستقل با تخصص صنعت باتری، نمایندگان نهادهای حاکمیتی مرتبط، و نمایندگان بخش خصوصی، با بررسی گزارش‌های پیشرفت فنی-مالی، تحلیل انحرافات از برنامه پایه، ارزیابی ریسک‌های جدید، و بازبینی توجیه اقتصادی پروژه در شرایط به‌روز، تصمیم‌گیری می‌کند که پروژه می‌تواند به فاز بعدی وارد شود، نیاز به اصلاح برنامه و تخصیص منابع اضافی دارد، یا در موارد حاد با توجیه فنی-اقتصادی، باید متوقف یا بازتعریف گردد. این مکانیزم تضمین می‌کند که منابع مالی و انسانی ارزشمند تنها در صورتی به مراحل بعدی تخصیص یابند که توجیه فنی-اقتصادی و استراتژیک پروژه همچنان معتبر و قوی باقی مانده باشد.

سیستم‌های پایش و گزارش‌دهی لحظه‌ای:

برای پشتیبانی از مدیریت مسیر بحرانی و دروازه‌های نظارتی، یک پلتفرم دیجیتال مدیریت پروژه یکپارچه مبتنی بر فناوری‌های IoT و هوش مصنوعی مستقر می‌شود که امکان پایش لحظه‌ای پیشرفت فیزیکی، مالی، زمانی و کیفی فعالیت‌ها را فراهم می‌سازد. این پلتفرم با اتصال به سیستم‌های مالی، تدارکات، منابع انسانی، مدیریت تولید (MES)، و ابزار دقیق فرآیند، داده‌های کلیدی را به‌صورت خودکار جمع‌آوری و در داشبوردهای مدیریتی با قابلیت دریل‌داون به سطوح مختلف فعالیت، بسته‌کاری و حتی تجهیز نمایش می‌دهد. شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPI) پایش شده شامل: درصد پیشرفت فیزیکی هر فعالیت نسبت به برنامه پایه (Planned vs Actual)، انحراف هزینه واقعی از بودجه مصوب (Cost Variance - CV)، انحراف زمانی از مسیر بحرانی (Schedule Variance - SV)، نرخ بازده کلی تجهیزات (OEE) برای خطوط تولید، نرخ ضایعات و دوباره‌کاری در فرآیند، مصرف انرژی ویژه و آب ویژه تولید، شاخص‌های ایمنی فرآیند (مانند تعداد حوادث قابل ثبت)، و تعداد ریسک‌های فعال با اولویت بالا است. گزارش‌های تحلیلی هفتگی برای تیم مدیریت پروژه، گزارش‌های خلاصه ماهانه برای کمیته راهبری و سرمایه‌گذاران، و گزارش‌های فصلی برای نهادهای حاکمیتی ناظر تولید می‌شود تا تصمیم‌گیری‌ها مبتنی بر داده‌های به‌روز، قابل اعتماد و قابل ردیابی باشد.

بخش سیزدهم: انواع قراردادهای پیشنهادی قابل انجام بین منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) با سرمایه‌گذاران با تحلیل حقوقی، تخصیص ریسک و چارچوب‌های حکمرانی

با توجه به ماهیت استراتژیک، سرمایه‌بر و فناوری‌محور طرح مجتمع تولید باتری‌های لیتیومی و تنوع ذینفعان بالقوه (سرمایه‌گذاران استراتژیک داخلی و خارجی، شرکت‌های فناوری باتری، تأمین‌کنندگان مواد اولیه، خودروسازان به‌عنوان مشتریان کلیدی، نهادهای تحقیق و توسعه)، طراحی چارچوب قراردادی منعطف، شفاف، متوازن و منطبق با قوانین مناطق آزاد ایران و اصول حقوق بین‌الملل سرمایه‌گذاری، از ارکان اساسی موفقیت و جذب سرمایه‌گذاری باکیفیت در این طرح است. قراردادهای پیشنهادی ذیل با رعایت کامل قوانین حاکم بر مناطق آزاد تجاری-صنعتی ایران (قانون چگونگی اداره مناطق آزاد مصوب ۱۳۷۲ و اصلاحات

بعدی)، مقررات تخصصی صنعت باتری و مواد شیمیایی، اصول حقوق بین الملل سرمایه گذاری، و بهترین تجربیات جهانی در توسعه اکوسیستم های صنعتی پیشرفته طراحی شده اند.

نوع اول: قرارداد اجاره بلندمدت زمین و فضای تولیدی تخصصی (Long-Term Industrial Lease Agreement)

شرح قرارداد: این قرارداد برای سرمایه گذاری طراحی شده است که تمایل به احداث و بهره برداری از واحدهای تولیدی مستقل در داخل مجتمع (مانند واحد تولید مواد کاتد، واحد مونتاژ پک، یا واحد بازیافت) دارند. منطقه آزاد، زمین یا فضای ساختمانی آماده شده با مشخصات فنی دقیق (از ۵,۰۰۰ مترمربع تا ۲۰ هکتار) را برای مدت ۳۰ تا ۴۰ سال به سرمایه گذار اجاره می دهد. **تحلیل حقوقی:** این قرارداد بر اساس ماده ۱۶ و ۲۴ قانون چگونگی اداره مناطق آزاد و آیین نامه های اجرایی مربوطه منعقد می شود و دارای ویژگی های کلیدی زیر است: مالکیت عین زمین کماکان در اختیار سازمان منطقه آزاد باقی می ماند، اما حق انتفاع و بهره برداری انحصاری برای فعالیت های مجاز موضوع پروانه بهره برداری به مستأجر واگذار می گردد؛ مستأجر حق احداث بنا، نصب تجهیزات تخصصی و انجام فعالیت های تولیدی مجاز را دارد؛ در پایان مدت قرارداد، کلیه ابنیه و تأسیسات ثابت بدون دریافت وجه به منطقه آزاد منتقل می شود، مگر آن که توافق جدیدی برای تمدید قرارداد یا خرید حقوق حاصله با قیمت کارشناسی صورت پذیرد؛ مستأجر متعهد به رعایت کلیه استانداردهای ایمنی فرآیند، زیست محیطی و کیفیت مورد تأیید منطقه آزاد و نهادهای ناظر است. **تخصیص ریسک:** ریسک های مربوط به تغییر قوانین کلان مناطق آزاد یا مقررات حاکم بر صنعت باتری که به طور نامتناسبی بر منافع اقتصادی مستأجر تأثیر منفی بگذارد، بر عهده منطقه آزاد است و می تواند منجر به بازنگری در شرایط قرارداد شود؛ ریسک های اجرایی، فنی، بازاریابی و مدیریت عملیات واحد تولیدی بر عهده مستأجر است؛ ریسک های قهری (Force Majeure) مانند زلزله، سیل یا شرایط سیاسی غیرمترقبه طبق قانون مدنی ایران و با در نظر گیری بیمه نامه های اجباری و اختیاری مدیریت می شود؛ ریسک نوسانات قیمت مواد اولیه و محصول نهایی به طور کامل بر عهده مستأجر است. **چارچوب حکمرانی:** نظارت بر رعایت کاربری های مجاز، استانداردهای فنی، ایمنی و زیست محیطی توسط واحد نظارت تخصصی منطقه آزاد انجام می پذیرد؛ حل و فصل اختلافات ابتدا از طریق مذاکره مستقیم، سپس میانجی گری تخصصی توسط کمیته حل اختلاف منطقه آزاد، و در نهایت از طریق داوری داخلی منطقه آزاد با امکان ارجاع به داوری بین المللی مانند ICC یا LCIA برای سرمایه گذاران خارجی پیش بینی شده است.

نوع دوم: قرارداد مشارکت در ساخت و بهره برداری با انتقال نهایی BOT با ویژگی های تخصصی باتری

شرح قرارداد: این مدل برای پروژه های زیرساختی بزرگ مقیاس یا فناوری محور در داخل مجتمع (مانند واحد بازیافت پیشرفته باتری های فرسوده، مرکز تحقیق و توسعه مشترک، یا پلنفرم لجستیک تخصصی مواد شیمیایی) مناسب است. سرمایه گذار متعهد می شود با سرمایه و فناوری خود، زیرساخت یا واحد تخصصی مورد توافق را احداث نماید، برای مدت مشخصی (معمولاً ۲۰ تا ۲۵ سال) آن را بهره برداری کرده و درآمد حاصل را کسب نماید، و در پایان مدت، مالکیت کامل زیرساخت و فناوری های توسعه یافته را بدون دریافت وجه یا با قیمت نمادین به منطقه آزاد منتقل کند. **تحلیل حقوقی:** این قرارداد بر اساس ماده ۲۴ قانون برنامه پنجم توسعه و آیین نامه های مشارکت عمومی-خصوصی در مناطق آزاد تنظیم می شود و با توجه به حساسیت فناوری باتری، شامل بندهای ویژه حفاظت از دانش فنی است. ویژگی های کلیدی: تضمین انحصار بهره برداری برای سرمایه گذار در حوزه موضوع قرارداد برای

مدت معین، با تعریف دقیق محدوده انحصار برای جلوگیری از تضاد منافع؛ تعیین مکانیزم شفاف تعرفه‌گذاری خدمات ارائه‌شده توسط واحد (مانند هزینه بازیافت هر تن باتری فرسوده یا هزینه استفاده از آزمایشگاه مرجع) با امکان تعدیل دوره‌ای بر اساس شاخص‌های تورم و هزینه‌های عملیاتی؛ پیش‌بینی مکانیزم‌های جبران سرمایه‌گذار در صورت خاتمه زودهنگام قرارداد به دلایل غیرتقصیری (مانند تغییر سیاست کلان حاکمیتی) بر اساس ارزش دفتری تعدیل‌شده یا جریان‌های نقدی آتی تنزیل‌شده. **تخصیص ریسک:** ریسک ساخت (تأخیر، هزینه اضافی، عدم دستیابی به مشخصات فنی) عمدتاً بر عهده سرمایه‌گذار است، مگر آن‌که ناشی از قصور یا تغییر خواسته منطقه آزاد باشد؛ ریسک تقاضا (کاهش استفاده از خدمات واحد) می‌تواند به صورت مشترک یا با مکانیزم‌های تضمین حداقل درآمد (Minimum Revenue Guarantee) از سوی منطقه آزاد یا مشتریان کلیدی مدیریت شود؛ ریسک تغییر قوانین تنظیم‌گری یا استانداردهای ایمنی/زیست‌محیطی که هزینه‌های عملیاتی را به طور قابل توجهی افزایش دهد، بر عهده منطقه آزاد است و می‌تواند منجر به تعدیل تعرفه‌ها یا تمدید مدت قرارداد شود. **چارچوب حکمرانی:** ایجاد کمیته مشترک نظارت بر عملکرد قرارداد متشکل از نمایندگان منطقه آزاد، سرمایه‌گذار، و یک ناظر فنی مستقل با تخصص صنعت باتری؛ استقرار سیستم شفاف گزارش‌دهی مالی، عملیاتی، ایمنی و زیست‌محیطی با دسترسی برخط برای ناظران؛ پیش‌بینی فرآیند داوری تخصصی با حضور کارشناسان فنی صنعت باتری برای حل و فصل اختلافات فنی-مالی قبل از ارجاع به مراجع حقوقی عمومی.

نوع سوم: قرارداد همکاری فناوری و انتقال دانش (Technology Cooperation and Know-How Transfer Agreement)

شرح قرارداد: این مدل برای جذب شرکت‌های بین‌المللی پیشرو در فناوری باتری که تمایل به مشارکت در تولید یا تحقیق و توسعه در ایران بدون سرمایه‌گذاری سنگین مستقیم دارند، طراحی شده است. شرکت فناوری متعهد می‌شود دانش فنی، فرآیندهای تولید، فرمولاسیون مواد، یا طراحی تجهیزات تخصصی را در ازای دریافت حق‌الزحمه (Royalty)، سهام در شرکت پروژه، یا ترکیبی از هر دو، در اختیار طرف ایرانی قرار دهد. **تحلیل حقوقی:** این قرارداد بر اساس قوانین حمایت از مالکیت فکری ایران، مقررات مناطق آزاد در مورد ورود و خروج فناوری، و اصول قراردادهای بین‌المللی انتقال فناوری تنظیم می‌شود. ویژگی‌های کلیدی: تعریف دقیق و شفاف محدوده دانش فنی منتقل‌شده Technical Support، Training، Documentation، مدت و محدوده جغرافیایی حق بهره‌برداری، و مکانیزم‌های به‌روزرسانی دانش فنی در طول مدت قرارداد؛ تعیین ساختار پرداخت حق‌الزحمه (مبلغ ثابت، درصدی از فروش، یا ترکیبی) و شرایط تعدیل آن؛ پیش‌بینی مکانیزم‌های حفاظت از اسرار تجاری و دانش فنی شامل بندهای محرمانگی (NDA)، محدودیت‌های استفاده مجدد، و جریمه‌های شفاف برای نقض تعهدات؛ تعیین حقوق و تعهدات طرفین در مورد مالکیت و بهره‌برداری از بهبودها و اختراعات توسعه‌یافته در طول همکاری. **تخصیص ریسک:** ریسک عدم کارایی یا انطباق دانش فنی منتقل‌شده با شرایط محلی بر عهده ارائه‌دهنده فناوری است و می‌تواند منجر به کاهش حق‌الزحمه یا جبران خسارت شود؛ ریسک نقض مالکیت فکری توسط اشخاص ثالث یا رقبا بر عهده طرفی است که تعهد حفاظت از آن را بر عهده داشته است؛ ریسک تحریم‌ها یا محدودیت‌های صادرات فناوری بر عهده طرف خارجی است و در صورت تحقق، می‌تواند منجر به فسخ قرارداد بدون جریمه برای طرف ایرانی شود. **چارچوب حکمرانی:** ایجاد کمیته فنی مشترک برای پایش انتقال دانش، رفع موانع فنی، و تأیید

به روزرسانی‌ها؛ استقرار سیستم ثبت و ردیابی دانش فنی منتقل شده و آموزش‌های ارائه شده؛ پیش‌بینی مکانیزم داوری تخصصی با حضور کارشناسان مالکیت فکری و فناوری برای حل و فصل اختلافات مرتبط با دانش فنی.

نوع چهارم: قرارداد تأمین بلندمدت مواد اولیه با مکانیزم‌های پوشش ریسک (Long-Term Raw Material Supply Agreement with Risk Mitigation Mechanisms)

شرح قرارداد: این مدل برای ایجاد اطمینان در تأمین پایدار مواد اولیه استراتژیک (لیتیوم، کبالت، نیکل) از تأمین‌کنندگان معتبر بین‌المللی طراحی شده است. تأمین‌کننده متعهد می‌شود مقدار مشخصی از ماده اولیه با کیفیت تعریف شده را در بازه‌های زمانی معین (مثلاً سالانه) به مجتمع تحویل دهد، و مجتمع متعهد به خرید آن مقدار با قیمت‌گذاری مبتنی بر فرمول شفاف می‌شود. **تحلیل حقوقی:** این قرارداد بر اساس قانون تجارت ایران، مقررات مناطق آزاد در مورد واردات، و اصول قراردادهای بین‌المللی تأمین کالا تنظیم می‌شود. ویژگی‌های کلیدی: تعریف دقیق مشخصات فنی و کیفی ماده اولیه (خلوص، اندازه ذرات، رطوبت، ناخالصی‌های مجاز) و مکانیزم‌های تست و تأیید کیفیت در مبدأ و مقصد؛ تعیین مکانیزم قیمت‌گذاری شفاف مبتنی بر شاخص‌های مرجع بین‌المللی مانند شاخص قیمت لیتیوم کاربونات Fastmarkets با فرمول تعدیل دوره‌ای؛ پیش‌بینی مکانیزم‌های پوشش ریسک نوسانات قیمت شامل بندهای سقف و کف قیمت (Price Collar)، اختیار خرید/فروش (Options)، یا تسویه تفاوت قیمت (Price Swap)؛ تعیین شرایط تحویل (Incoterms ۲۰۲۰)، مسئولیت‌های حمل و نقل و بیمه، و مکانیزم‌های جبران تأخیر یا عدم تحویل. **تخصیص ریسک:** ریسک نوسانات قیمت جهانی ماده اولیه از طریق مکانیزم‌های پوشش ریسک تعریف شده بین طرفین تقسیم می‌شود؛ ریسک کیفیت و انطباق ماده اولیه با مشخصات فنی بر عهده تأمین‌کننده است و در صورت عدم انطباق، حق رد محموله و دریافت جبران خسارت برای خریدار پیش‌بینی می‌شود؛ ریسک اختلال در حمل و نقل یا تحویل به دلایل قهری بر اساس قوانین بین‌المللی حمل و نقل و بیمه مدیریت می‌شود؛ ریسک تحریم‌ها یا محدودیت‌های صادراتی بر عهده تأمین‌کننده است و در صورت تحقق، تعهدات قرارداد به حالت تعلیق درآمده یا فسخ می‌گردد. **چارچوب حکمرانی:** ایجاد کانال ارتباطی مستقیم و شفاف بین تیم‌های تأمین دو طرف برای پیش‌بینی تقاضا و برنامه‌ریزی تولید؛ استقرار سیستم ردیابی لحظه‌ای محموله‌ها و کیفیت از مبدأ تا مقصد؛ پیش‌بینی مکانیزم حل و فصل سریع اختلافات کیفی یا تحویلی از طریق کارشناسی فنی مستقل قبل از ارجاع به داوری.

نوع پنجم: قرارداد خرید تضمینی محصول با خودروسازان یا مشتریان استراتژیک (Off-take Agreement with Strategic Customers)

شرح قرارداد: این مدل برای ایجاد اطمینان در بازار فروش محصول نهایی و جذب سرمایه‌گذار از طریق تضمین تقاضا طراحی شده است. مشتری استراتژیک (مانند یک خودروساز داخلی یا منطقه‌ای) متعهد می‌شود مقدار مشخصی از محصول نهایی (سلول یا پک باتری) با مشخصات فنی تعریف شده را در بازه‌های زمانی معین خریداری نماید، و مجتمع متعهد به تأمین آن مقدار با کیفیت و قیمت توافق شده می‌شود. **تحلیل حقوقی:** این قرارداد بر اساس قانون تجارت ایران، مقررات مناطق آزاد در مورد صادرات، و اصول قراردادهای بین‌المللی خرید تضمینی تنظیم می‌شود. ویژگی‌های کلیدی: تعریف دقیق مشخصات فنی و عملکردی محصول (ظرفیت، ولتاژ، نرخ دشارژ، ابعاد، وزن، استانداردهای ایمنی) و مکانیزم‌های تست و تأیید کیفیت قبل از تحویل؛ تعیین مکانیزم قیمت‌گذاری شفاف مبتنی بر فرمولی که هزینه مواد اولیه، هزینه تبدیل، و حاشیه سود معقول را پوشش دهد، با امکان تعدیل دوره‌ای

بر اساس تغییرات هزینه مواد اولیه و تورم؛ پیش‌بینی مکانیزم‌های انعطاف در مقدار خرید Take-or-Pay با درصد انعطاف، مثلاً ۸۰-۱۲۰ درصد مقدار تعهدی برای مدیریت نوسانات تقاضای مشتری؛ تعیین شرایط تحویل، بسته‌بندی، مستندات فنی، و پشتیبانی پس از فروش. **تخصیص ریسک:** ریسک نوسانات هزینه مواد اولیه از طریق فرمول تعدیل قیمت بین طرفین تقسیم می‌شود؛ ریسک کیفیت و انطباق محصول با مشخصات فنی بر عهده تولیدکننده (مجتمع) است و در صورت عدم انطباق، حق رد محموله و دریافت جبران خسارت برای مشتری پیش‌بینی می‌شود؛ ریسک کاهش تقاضای مشتری به دلایل بازار یا تغییر استراتژی از طریق مکانیزم Take-or-Pay با درصد انعطاف مدیریت می‌شود؛ ریسک تحریم‌ها یا محدودیت‌های صادراتی که تحویل محصول را غیرممکن سازد، بر عهده تولیدکننده است و می‌تواند منجر به فسخ قرارداد بدون جریمه برای مشتری شود. **چارچوب حکمرانی:** ایجاد کمیته فنی مشترک برای هماهنگی مشخصات محصول، برنامه‌ریزی تولید و تحویل، و رفع موانع فنی؛ استقرار سیستم پایش لحظه‌ای کیفیت تولید و رضایت مشتری؛ پیش‌بینی مکانیزم حل و فصل سریع اختلافات کیفی یا تحویلی از طریق کارشناسی فنی مشترک قبل از ارجاع به داوری.

جمع‌بندی نهایی چارچوب قراردادی برای صنعت باتری:

چارچوب قراردادی پیشنهادی برای مجتمع تولید باتری‌های لیتیومی در منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره)، با الهام از بهترین تجربیات جهانی در توسعه اکوسیستم‌های صنعتی پیشرفته و تطبیق هوشمند آن با قوانین، مقررات و شرایط خاص ایران و مناطق آزاد، تلاش دارد تا با ارائه طیف متنوعی از مدل‌های همکاری با تحلیل دقیق حقوقی، تخصیص متوازن ریسک و چارچوب‌های حکمرانی شفاف، جذابیت سرمایه‌گذاری را برای بازیگران مختلف با انگیزه‌ها، ظرفیت‌ها و ریسک‌پذیری‌های متفاوت حداکثر نماید. کلید موفقیت این چارچوب، نه در پیچیدگی حقوقی یا انعطاف‌پذیری بی‌حد، بلکه در شفافیت کامل، تعادل منطقی منافع، انعطاف‌پذیری هوشمند در برابر تحولات سریع فناوری و بازار جهانی باتری، و استقرار مکانیزم‌های حکمرانی چابک، تخصصی و پاسخگو است که بتواند هم‌زمان از منافع ملی، جذب سرمایه و فناوری با کیفیت، و پایداری زیست‌محیطی-اجتماعی طرح حفاظت نماید.