

هزینه‌های سرمایه‌گذاری

هزینه‌های سرمایه‌گذاری شامل تمامی هزینه‌های مربوط به طراحی، احداث و راه‌اندازی پروژه نیروگاه خورشیدی است. این هزینه‌ها معمولاً به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند که هر یک به تفصیل در ادامه شرح داده می‌شوند:

هزینه احداث نیروگاه

این بخش شامل هزینه‌های خرید و نصب تجهیزات نیروگاه از قبیل پنل‌های خورشیدی، اینورترها، سازه‌های نگهدارنده، کابل و تجهیزات جانبی است. هزینه‌های مطالعات اولیه، طراحی، مهندسی، نصب و اجرا نیز در این دسته قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که در این مطالعات، هزینه احداث نیروگاه خورشیدی ۱۰۰ مگاواتی، حدود ۴۰۰,۰۰۰ دلار برای هر مگاوات برآورد شده است.

هزینه اتصال به شبکه نیروگاه

با توجه به موقعیت نیروگاه نسبت به شبکه برق پیرامونی و پست ۶۳/۱۳۲ کیلوولت -----، اتصال نیروگاه خورشیدی ۱۰۰ مگاواتی مورد مطالعه در این پروژه از طریق احداث خط دومداره ۱۳۲ کیلوولت و اتصال این خط به پست ۱۳۲/۶۳ کیلوولت پست -----، صورت خواهد گرفت. بنابراین، هزینه اتصال به شبکه نیروگاه شامل مواردی از قبیل احداث خطی به طول تقریبی ۱.۵ کیلومتر و توسعه پست بالادست می‌باشد.

بنابراین، با توجه به توضیحات ارائه شده، هزینه‌های ثابت (CAPEX) احداث نیروگاه خورشیدی ۱۰۰ مگاواتی شهرستان بهادران و توسعه شبکه بالادست، به شرح جدول زیر، می‌باشد. همچنین، شایان ذکر است که در این مطالعات نرخ تبدیل دلار به ریال، ۱۰۰ هزار تومان معادل نرخ دلار نیمایی لحاظ شده است.

جدول: هزینه‌های ثابت نیروگاه خورشیدی ۱۰۰ مگاواتی (بر حسب دلار)

شرح حالت اتصال به شبکه	احداث نیروگاه (دلار)	احداث خط (دلار)	احداث پست (دلار)	توسعه شبکه بالادست (دلار)	مجموع (دلار)
احداث نیروگاه ۱۰۰ مگاواتی و اتصال به شبکه سراسری	۳۹,۰۰۰,۰۰۰	۴۰۰,۷۱۴	۲۰۰,۰۰۰	۱۰۰,۰۰۰	۴۲۴۰,۰۰۰

هزینه‌های عملیاتی و نگهداری

هزینه‌های عملیاتی و نگهداری (OPEX) شامل تمامی هزینه‌هایی است که برای حفظ عملکرد بهینه نیروگاه خورشیدی در طول دوره بهره‌برداری لازم است. این هزینه‌ها شامل مجموعه‌ای از هزینه‌های جاری و پیش‌بینی‌نشده در زمینه‌های مختلف هستند که در ادامه به تفصیل توضیح داده خواهند شد.

هزینه‌های تعمیر و نگهداری دوره‌ای

نیروگاه‌های خورشیدی به منظور عملکرد بهینه نیاز به تعمیر و نگهداری منظم دارند. این هزینه‌ها شامل سرویس‌های دوره‌ای مانند بررسی وضعیت پنل‌های خورشیدی، بررسی عملکرد اینورترها، تمیزکاری، هزینه‌های مربوط به قطعات یدکی و جایگزینی تجهیزات معیوب می‌شود.

هزینه‌های نیروی انسانی

برای عملیات روزانه، نظارت، تعمیرات و دیگر وظایف مدیریتی، نیروگاه‌های خورشیدی به نیروی انسانی ماهر نیاز دارند. این هزینه‌ها شامل حقوق و دستمزد پرسنل، هزینه‌های آموزش کارکنان و هزینه‌های مدیریتی می‌شود. در جدول زیر شرح هزینه‌های جاری نیروگاه خورشیدی ۱۰۰ مگاواتی به تفکیک هر بخش آمده است. در این بخش فرض بر این است که نیروگاه دارای ۳ شیفت کاری بوده که در هر شیفت ۳ نفر در حال فعالیت می‌باشند، همچنین، ۱ نفر نیز به عنوان نیروی فعال در زمینه بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری خط در نظر گرفته شده است.

جدول : هزینه‌های سالیانه نیروگاه خورشیدی ۱۰۰ مگاواتی (بر حسب دلار)

هزینه تعمیر و نگهداری نیروگاه (دلار)	هزینه نیروی کار انسانی نیروگاه (دلار)	هزینه نیروی کار انسانی خط (دلار)	مجموع (دلار)
۳۰۰,۲۸۵	۱۰۰,۵۷۱	۷۵,۲۸۵	۵۹۴,۰۰۰

درآمد نیروگاه خورشیدی

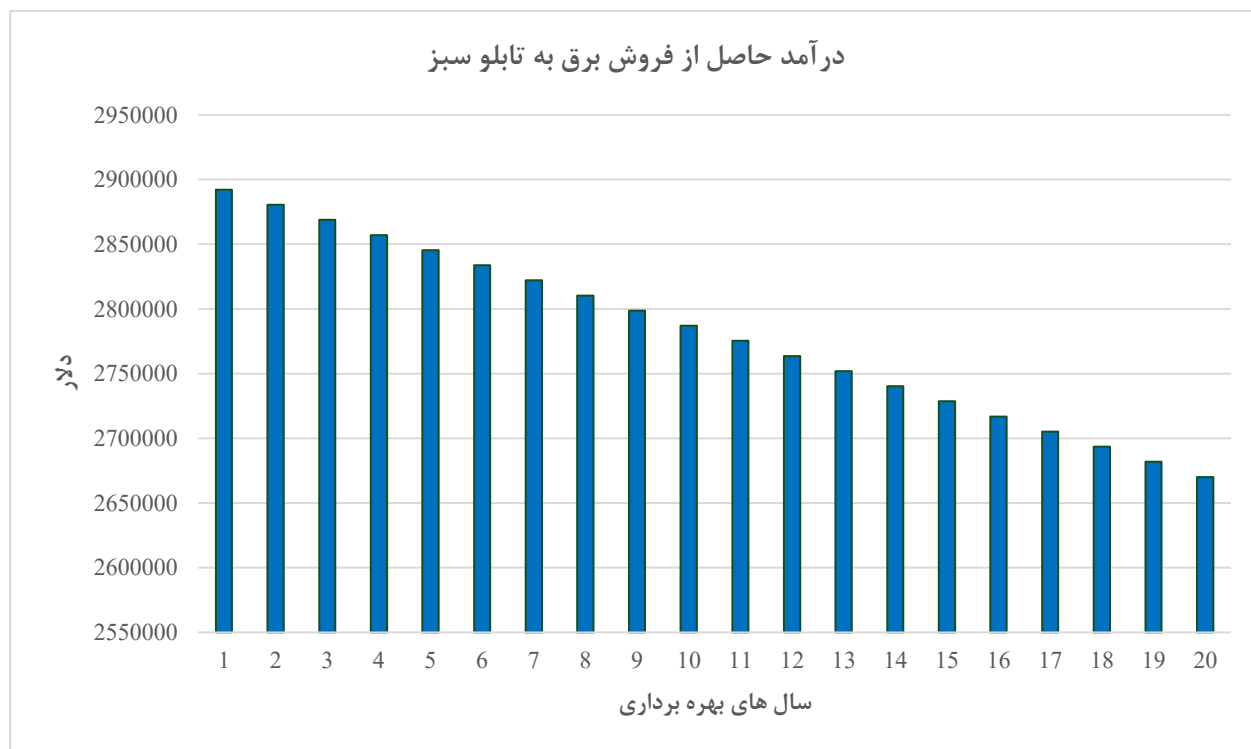
در ایران، مفهوم برق سبز که به برق تولید شده توسط منابع تجدیدپذیر گفته می‌شود، با راه‌اندازی تابلوی برق سبز در بورس انرژی به منظور اجرای اهداف ماده ۱۶ قانون جهش تولید دانش‌بنیان و تأمین برق صنایع با مصرف بالاتر از یک مگاوات، از ابتدای سال ۱۴۰۲ مطرح شد. تابلوی برق سبز و اولین معامله آن که از ابتدای خرداد ۱۴۰۲ صورت گرفت، با ورود انرژی‌های تجدیدپذیر به بورس انرژی، می‌تواند پاسخی به سه چالش مهم ناترازی برق، ناترازی گاز و ناترازی منابع مالی در بخش انرژی باشد. لازم به ذکر است نرخ خرید انرژی تولیدی نیروگاه‌ها در این بازار بر اساس شرایط فصلی تغییر می‌کند؛ این تغییر به نحوی است که در ماه‌های گرم سال (ماه‌های پیک بار شبکه برق) افزایش قابل توجهی نسبت به ماه‌های دیگر سال دارد به نحوی که این مبلغ در تاریخ ۱۴۰۳/۴/۳ در حدود ۷۵۰۰ ریال بوده است. با این حال، با توجه به شرایط عرضه و تقاضا در این بازار، امکان عدم وجود مشتری برای خرید انرژی تولیدی نیروگاه نیز وجود دارد که در این حالت، سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر (ساتبا) اقدام به خرید تضمینی برق تولیدی نیروگاه‌های تجدیدپذیر با نرخ ۷۰ درصد مبلغ معامله انرژی سبز در بورس سبز انرژی می‌نماید. با توجه به اینکه قیمت برق در تابلوی سبز بورس انرژی برای نخستین بار در تیرماه ۱۴۰۲ ارائه شده است، این بازار همچنان در مراحل ابتدایی خود قرار دارد و الگوی قیمتی مشخص و پایداری در آن مشاهده نمی‌شود. علاوه بر این، با توجه به شرایط اقتصادی کشور و تورم مستمر، پیش‌بینی قیمت برق بر حسب ریال با عدم قطعیت قابل توجهی همراه است و نوسانات قابل ملاحظه‌ای را تجربه می‌کند. از اینرو، به منظور ایجاد مبنایی پایدارتر برای تحلیل‌های اقتصادی و مقایسه‌پذیری بهتر در این گزارش، قیمت برق در تابلوی سبز بورس انرژی بر حسب دلار ارائه شده و مبنای محاسبات قرار گرفته است.

با توجه به توضیحات ارائه شده و از آنجاکه بر اساس خروجی نرم افزار PVSyst، میزان انرژی تولیدی نیروگاه خورشیدی ۱۰۰ مگاواتی شهرستان بهادران در سال اول بهره‌برداری از آن در حدود ۴۸۲۰۳ MWh می‌باشد، در جدول ۹، میزان درآمد نیروگاه ارائه شده است. در این جدول، میزان انرژی تولیدی نیروگاه در طول ۲۰ سال بهره‌برداری از آن (با در نظر گرفتن تلفات سالیانه پنل‌های خورشیدی مورد استفاده در پروژه)، مبلغ متوسط خرید انرژی تولیدی نیروگاه‌های خورشیدی بر اساس تابلو سبز و میزان درآمد سالیانه نیروگاه، بیان شده است. شایان ذکر است که قیمت خرید انرژی براساس قیمت‌های موجود در تابلو سبز بورس ۰/۰۶ دلار و با قیمت دلار نیمایی ۱۰۰ هزار تومان در نظر گرفته شده است. با توجه به این شکل، درآمد سالیانه نیروگاه به صورت نزولی بوده که این امر بدلیل محاسبه درآمد نیروگاه بصورت دلاری می‌باشد.

جدول ۹: درآمد سالیانه نیروگاه خورشیدی ۱۰۰ مگاواتی (بر حسب دلار)

سال	میزان انرژی تولیدی منطقه در سال (MWh)	متوسط قیمت هر KWH انرژی در تابلو سبز (دلار)	درآمد حاصل از فروش برق به تابلو سبز (دلار)
۱۴۰۴	.	.	.
۱۴۰۵	۴۸۲۰۳	۰,۰۶	۲۰۰۴۲۸,۸
۱۴۰۶	۴۸۰۰۸,۲۴	۰,۰۶	۱۹۸۴۲۴,۵
۱۴۰۷	۴۷۸۱۳,۴۸	۰,۰۶	۱۹۷۸۸۰۸,۸
۱۴۰۸	۴۷۶۱۸,۷۲	۰,۰۶	۱۹۶۷۱۲۳,۲
۱۴۰۹	۴۷۴۲۳,۹۶	۰,۰۶	۱۹۵۵۴۳۷,۶
۱۴۱۰	۴۷۲۲۹,۲	۰,۰۶	۱۹۴۳۷۵۲
۱۴۱۱	۴۷۰۳۴,۴۴	۰,۰۶	۱۹۳۲۰۶۶,۴
۱۴۱۲	۴۶۸۳۹,۶۸	۰,۰۶	۱۹۲۰۳۸۰,۸
۱۴۱۳	۴۶۶۴۴,۹۲	۰,۰۶	۱۹۱۸۶۹۵,۲
۱۴۱۴	۴۶۴۵۰,۱۶	۰,۰۶	۱۹۰۷۰۰۹,۶
۱۴۱۵	۴۶۲۵۵,۴	۰,۰۶	۱۸۹۵۳۲۴
۱۴۱۶	۴۶۰۶۰,۶۴	۰,۰۶	۱۸۸۳۶۳۸,۴
۱۴۱۷	۴۵۸۶۵,۸۸	۰,۰۶	۱۸۷۱۹۵۲,۸
۱۴۱۸	۴۵۶۷۱,۱۲۵	۰,۰۶	۱۸۶۰۲۶۷,۵
۱۴۱۹	۴۵۴۷۶,۳۶۵	۰,۰۶	۱۸۵۸۵۸۱,۹
۱۴۲۰	۴۵۲۸۱,۶۰	۰,۰۶	۱۸۴۶۸۹۶,۳۶۴
۱۴۲۱	۴۵۰۸۶,۸۴	۰,۰۶	۱۸۳۵۲۱۰,۷۸۸

۱۸۲۳۵۲۵,۱۶	۰,۰۶	۴۴۸۹۲,۰۸	۱۴۲۲
۱۸۲۱۸۳۹,۶۳۶	۰,۰۶	۴۴۶۹۷,۳۲	۱۴۲۳
۱۸۱۰۱۵۴,۰۶۱	۰,۰۶	۴۴۵۰۲,۵۶	۱۴۲۴



نمودار درآمد حاصل از فروش برق به تابلو سبز در طول ۲۰ سال مدت بهره‌برداری

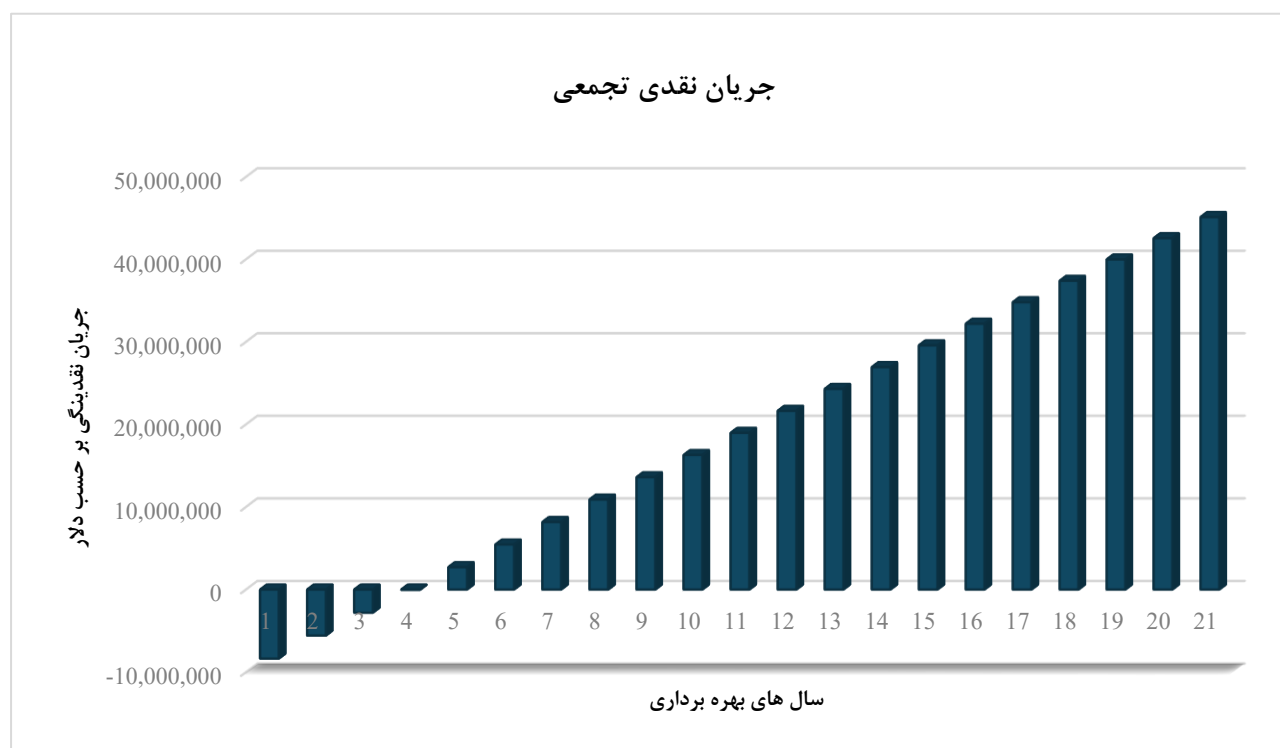
محاسبه شاخص‌های مالی و اقتصادی

در جدول ۱۰، برخی از مهم‌ترین شاخص‌های اقتصادی برای نیروگاه ۱۰۰ مگاواتی شهرستان بهادران محاسبه و تحلیل شده است.

جدول ۱۰: شاخص‌های اقتصادی نیروگاه خورشیدی ۱۰۰ مگاواتی شهرستان بهادران

IRR-%	(kWh/\$) LCOE	دوره بازگشت سرمایه (سال)
۳۲/۸	۰/۰۱۱	۴

در جدول ۷، دوره بازگشت سرمایه، مدت زمانی است که طول می کشد تا درآمدها و صرفه جویی های ناشی از پروژه، هزینه های سرمایه گذاری اولیه را جبران کند. این شاخص بعنوان یک معیار ساده برای ارزیابی ریسک و سرعت بازگشت سرمایه به کار می رود و هرچه کوتاه تر باشد نشان دهنده ریسک کمتر است. در این پروژه، این دوره، در حدود ۴ سال به دست آمده است که عددی معقول و منطقی است. همچنین، **Error! Reference source not found.** جریان نقدی تجمعی پروژه را نشان می دهد. محور عمودی بیانگر جریان نقدینگی بر حسب دلار بوده و محور افقی نیز بیانگر سال های بهره برداری از نیروگاه می باشد. لازم به ذکر است سال نخست، سال سرمایه گذاری بوده و بهره برداری از سال دوم آغاز می شود. بنابراین مدت زمان بهره برداری ۲۱ سال برآورد شده است.



نمودار جریان نقدی تجمعی بر حسب دلار

شاخص دیگری که در این جدول ذکر شده و در زمینه مباحث هزینه ای و سرمایه گذاری پروژه های خورشیدی به آن توجه می شود، استفاده از شاخص ^۱ LCOE یا هزینه تراز شده انرژی می باشد. هزینه تراز شده انرژی، معیار متوسط هزینه خالص فعلی تولید برق برای یک نیروگاه در طول عمر آن است. شاخص LCOE به عنوان یک معیار کلیدی در تصمیم گیری های سرمایه گذاری در حوزه انرژی استفاده می شود. این معیار به سرمایه گذاران و تصمیم گیران کمک می کند تا هزینه های نسبی تولید برق از منابع مختلف (مانند باد، خورشید، زغال سنگ، گاز طبیعی، هسته ای) را مقایسه کنند و پروژه هایی را انتخاب کنند که بیشترین بازده اقتصادی را در طول عمر خود دارند. به بیان ساده، این معیار هزینه کل تولید برق را در طول عمر یک پروژه انرژی (مانند نیروگاه) در نظر می گیرد و آن را به صورت یک مقدار واحد بر مبنای هر کیلووات ساعت انرژی تولیدی ارائه می دهد.

^۱ Levelized Cost of Electricity