امکان‌سنجی اقتصادی تولید برق از ضایعات نیشکر(۵۵۰)

احمد فیروزی[۱] ، نصرت‌اله خادم الا سینی[۲] ، سید صادق سیدلو[۳] ، افشین مرزبان[۴]

چکیده

استفاده از ضایعات کشاورزی برای تولید انرژی، یکی از گزینه‌های مناسب برای حل مشکل پایان پذیری و آلودگی های زیست محیطی ناشی از کاربرد سوخت های ف ی می‌باشد. با توجه به مسائل اقتصادی و زیست محیطی ناشی از دفع و سوزاندن ضایعات نیشکر، مطالعه‌ای در واحدهای هفت‌گانه‌ی شرکت توسعه‌ی نیشکر و صنایع جانبی با هدف تعیین ابعاد بهینه‌ی نیروگاه یا نیروگاه‌های زیست توده‌ی متناسب با پتانسیل موجود انجام شد. برای تعیین ظرفیت بهینه‌ی نیروگاه‌های موردنیاز، سناریوهای سه‌گانه‌ی (سناریوی ۱: یک نیروگاه ۴۰۰ مگاواتی، سناریوی ۲: دو نیروگاه ۳۰۰ و ۱۲۰ مگاواتی، سناریوی ۳: دو نیروگاه ۱۲۰ و یک نیروگاه ۱۸۰ مگاواتی) طرح‌ریزی شده، با توجه به هزینه‌های سرمایه‌گذاری و تولید و نیز درآمد سالیانه‌ی حاصل از فروش برق و با استفاده از نرم‌افزار COMFAR III EXPERT، بر اساس ارزش فعلی خالص و نرخ بازگشت داخلی تحلیل شدند. نتایج نشان داد، که ظرفیت نیروگاه موردنیاز برای یک واحد ۶۰ مگاوات و برای کل واحدها ۴۰۰ مگاوات می‌باشد. نتایج تحلیل اقتصادی نشان داد که هر سه سناریو دارای ارزش حال خالص مثبت و نرخ بازگشت داخلی بالاتر از نرخ بهره می‌باشند. با این وجود سناریوی ۱ دارای بیش‌ترین ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی در بین سناریوها بود. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که سودمندی اقتصادی، بیش‌ترین حساسیت را به ترتیب به تغییرات دو عامل قیمت فروش برق تولیدی و هزینه‌ی سرمایه‌گذاری کل دارد.

کلیدواژه: زیست‌توده، ضایعات نیشکر، انرژی‌های تجدید پذیر، ارزش حال خالص، نرخ بازگشت داخلی.

۱ – فارغ‌التحصیل مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه رامین، پست الکترونیک: a.firouzi@gmail.com
۲و۴– استادیار و مربی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین
۳– مربی دانشگاه تبریز

مقدمه

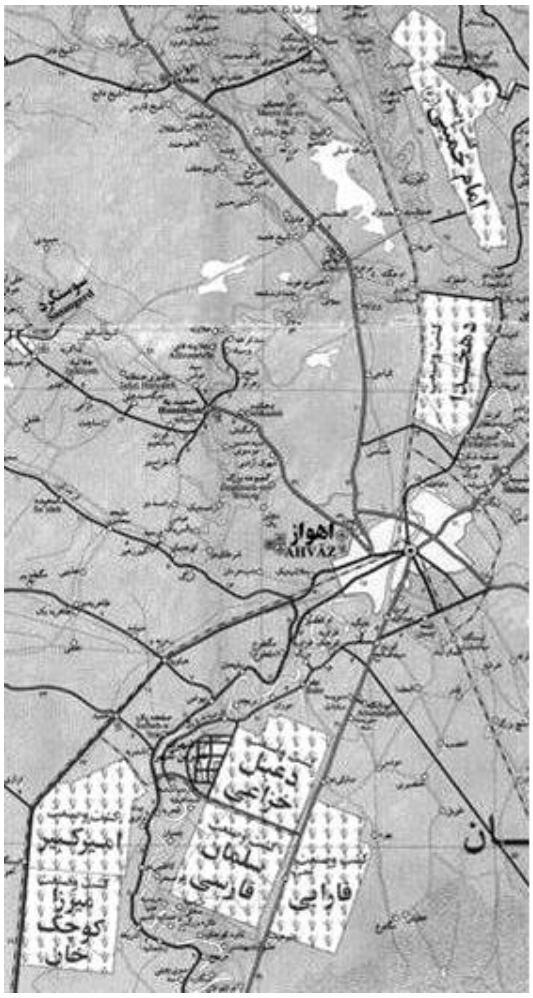
تمدن زغال‌سنگی قرون ۱۸ و ۱۹ بر نگره «پیشرفت» استوار بود. نگره‌ای صرفاً کمی و اقتصادی که عمدتاً میزان سنجش و محاسبه‌ی آن، انبارهای گمرک، دفاتر ثبت بانک‌ها و... بود. تمدن نفت‌سوز کنونی نیز که واپسین سال‌های حیات خود را می‌گذراند، به انگاره‌ی اندکی پیچیده‌تر «توسعه» متکی است. تمدن بعدی اصولاً به سوخت‌های پاک‌تر از قبیل برق‌آبی، خورشیدی، بادی و... متکی خواهد بود. براساس سناریوی پایه‌ی گزارش آژانس بین‌المللی انرژی به نام «دورنمای جهانی انرژی ۲۰۰۵»، در صورت تداوم سیاست‌های کنونی دولت‌ها، نیاز جهانی انرژی در سال ۲۰۱۵، به میزان ۲۵ درصد و در سال ۲۰۳۰ به میزان ۵۰ درصد بیشتر از امروز خواهد بود و در نتیجه این سوال مهم مطرح می‌باشد که آیا منابع انرژی‌های فسیلی در قرن‌های آینده جوابگوی نیاز انرژی جهان برای بقا، تکامل و توسعه خواهند بود یا خیر؟ حداقل به دو دلیل عمده‌ی محدودیت و در عین حال مرغوبیت انرژی‌های فسیلی و مسایل و مشکلات زیست‌محیطی جواب این سوال منفی است. بنابراین استفاده از منابع جدید انرژی به جای منابع فسیلی امری الزامی است. سیستم‌های جدید انرژی در آینده باید متکی به تغییرات ساختاری و بنیادی باشد که در آن منابع انرژی بدون کربن نظیر انرژی خورشیدی و بادی و زمین‌گرمایی و کربن خنثی مانند انرژی بیوماس مورد استفاده قرار می‌گ ند.
استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر حتی برای تولیدکنندگان سوخت‌های فسیلی هم فرصت‌ها و امکانات بهتری را فراهم می‌سازد. زیرا کاهش تقاضا برای سوخت‌های فسیلی می‌تواند موجب کاهش نوسان قیمت در بازارهای انرژی جهان، افزایش دوره‌های تولید سوخت‌های ف یلی و آثار مثبت دیگری چون افزایش فرصت‌های شغلی در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر و صنایع کارایی انرژی شود (ساپرزبرگر، ۲۰۰۶).

انرژی از جمله عوامل ضروری برای توسعه می‌ب شد. از طرف دیگر مصرف انرژی منجر به کاهش و در نهایت اتمام منابع انرژی می‌شود. همچنین مصرف انرژی به خصوص سوخت‌های فسیلی، مهم‌ترین عامل آلودگی هوا و تغییرات ب و هوایی هستند. به همین دلیل مستقل کردن توسعه‌ی اقتصادی از مصرف انرژی، همواره به عنوان یک هدف مهم در توسعه پایدار مدنظر بوده است، که این امر با بهینه‌سازی و بهبود روش‌های بهره‌برداری از منابع انرژی امکان‌پذیر است (ترازنامه انرژی ایران، ۱۳۸۵). جایگزینی سوخت‌های فسیلی مرسوم با زیست‌توده به منظور تولید انرژی، هم در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و هم در جایگزینی منابع انرژی تجدیدناپذیر نتیجه‌بخش بوده است. با این حال در حال حاضر تولید انرژی از زیست‌توده به دلیل محدودیت‌های تکنولوژیکی وابسته به بازده‌های تبدیل پای ن و نیز موانع لجستیکی، پرهزینه می‌باشد (کاپوتو و همکاران، ۲۰۰۵). مزایای اقتصادی استفاده از زیست‌توده به عنوان منبع انرژی عبارتند از: توسعه اقتصادی روستایی، افزایش درآمد زراعی، تنوع بازار، کاهش کالای کشاورزی مازاد و پرداختهای حمایتی محرک، افزایش رقابت بین‌ال للی (ماتیاس، ۲۰۰۴). سه عامل مهم برای تعیین هزینه‌های فعالیت و احداث یک نیروگاه زیست‌توده سوز با اندازه معین عبارتند از: در دسترس بودن سوخت موردنیاز، قیمت سوخت تحویلی و منابع مالی احداث نیروگاه مطلوب (بالات، ۲۰۰۵). کامرون و همکاران (۲۰۰۷)، نیز معتقدند که برای یک منبع زیست‌توده مشخص، سه عامل محصول نهایی (توان، حرارت، اتانول و ...)، تکنولوژی تبدیل و مقیاس، بر هزینه استفاده از آن اثرات شدیدی خواهند داشت. هزینه‌های تولید توان از زیست‌توده به دلیل تنوع مواد اولیه، فرآیندها و هزینه‌ها، به‌طور گسترده‌ای متغیر هستند. در نتیجه امکان‌سنجی اقتصادی شدیداً وابسته به شرایط محلی است (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۰۷). اما به‌طور کلی هزینه به ازای واحد توان تولیدی، با کوچک‌تر شدن اندازه فرآیند، افزایش می‌یابد و درنتیجه هزینه تجهیزات بازیافت انرژی به عنوان عامل بازدارنده عمل می‌کند (ماتسومورا و همکاران، ۲۰۰۵). فیالا و همکاران (۱۹۹۷)، مدلی را بر اساس روش هزینه و فایده با فرض ثابت بودن جریان نقدی سالانه در طول عمر مفید نیروگاه برای ابعادبندی بهینه نیروگاه‌های با سوخت زیست‌توده ارائه دادند. تحلیل حساسیت[1] شاخص سودمندی در اثر تغییرات ۲۰± درصدی فاکتورهای فنی و اقتصادی نشان داد که زمان کار سالیانه نیروگاه، سرمایه‌گذاری ویژه، مقدار ارزش حرارتی و هزینه خرید زیست‌توده، قیمت انرژی الکتریکی دارای سهم بیشتری در تأثیر روی شاخص سودمندی هستند. نکته بارز در این تحلیل کاهش حساسیت شاخص سودمندی با افزایش ظرفیت نیروگاه می‌باشد. کاپوتو وهمکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی امکان اقتصادی کاربرد زیست‌توده برای تولید مستقیم انرژی الکتریکی با استفاده از فرآیندهای احتراق و گازی‌سازی را در محدوده ظرفیت ۵ تا ۵۰ مگاوات با منظورکردن سرمایه‌گذاری کل، درآمدهای فروش، انرژی و هزینه‌های فعالیت کل و نیز ارزیابی هزینه‌های لجستیک بررسی و ارزیابی کردند. نتایج به دست آمده، رشد هزینه‌ی

1 . Sensitivity Analysis

سرمایه‌گذاری ثابت کل را با افزایش ظرفیت نیروگاه نشان داده و هزینه‌های سرمایه‌گذاری ویژه نیز با افزایش ظرفیت نیروگاه کاهش می‌یافت. به‌طوری که با افزایش ظرفیت از ۵ به ۵۰ مگاوات، هزینه‌های سرمایه‌گذاری ویژه از ۴۴۰۰ به ۱۷۰۰ یورو بر کیلووات در فرآیند احتراق کاهش می‌یابد. در هر ظرفیتی فرآیند احتراق مستقیم دارای سرمایه موردنیاز کمتری است. دلیل این مسأله مربوط به شرایط تکنولوژیکی می‌باشد. چون در حال حاضر سیستم‌های احتراق روش‌های تکامل یافته‌تری برای تولید برق از زیست‌توده هستند. در حالی که گازی‌سازی هنوز یک تکنولوژی در حال رشد می‌باشد. کامرون و همکاران (۲۰۰۷)، طی مطالعه‌ای تأثیر هزینه‌ی مواداولیه بر انتخاب تکنولوژی و اندازه بهینه‌ی نیروگاه را در حین مقایسه یک تکنولوژی با بازده پایین و هزینه‌ی سرمایه کمتر به ازای واحد ستاده و یک تکنولوژی با بازده و هزینه‌ی سرمایه بالاتر را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که با افزایش عملکرد و مقدار زیست‌توده، فاصله حمل‌ونقل کاهش یافته و اندازه بهینه‌ی نیروگاه افزایش می‌یابد. برای عملکردهای بسیار کم، تکنولوژی گازی‌سازی دارای اندازه بهینه بیش‌تری از احتراق مستقیم می‌باشد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که برای هزینه‌های متغیر حمل‌ونقل بالاتر، فرآیند گازی‌سازی دارای اندازه بهینه‌ی بزرگ‌تری در هر عملکرد است. اما برای هزینه‌های بین ۲۰ و۳۳ دلار برای هرتن ماده خشک، اندازه بهینه‌ی گازی‌سازی کوچک‌تر از احتراق مستقیم می‌باشد.

با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده و بررسی منابع اطلاعاتی در زمینه‌ی به‌کارگیری منابع تجدیدپذیر به صورت اعم و ضایعات نیشکر به طور ویژه و با جمع‌بندی دیدگاه‌های متعدد فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی در این زمینه به نظر می‌رسد که حرکت به سمت برخورداری و بهره‌برداری از تکنولوژی‌های مربوط به انرژی‌های بی‌کران و پاک تجدیدپذیر، حداقل در میان‌مدت و بلندمدت نه تنها به عنوان یک گزینه‌ی انتخابی، بلکه به صورت یک ضرورت و اجبار اجتناب‌ناپذیر، فراروی کشور ما می‌باشد. به نظر می‌رسد با توجه به پیشینه‌ی تکنولوژیکی در کشور و سهولت نسبی بهره‌گیری از این تکنولوژی‌ها با توجه به وجود پتانسیل‌های عظیم استفاده از بقایای کشاورزی، مخصوصاً در مناطقی مانند کشت‌وصنعت‌ها که بسیاری از شبکه‌های پشتیبانی را با حداقل هزینه می‌توان تدارک دید، به کارگیری سیستم‌های تولید انرژی از ضایعات کشاورزی می‌تواند از جنبه‌های مختلف سودآور باشد.



شکل ۱، محدوده مطالعه‌ی امکان‌سنجی

مواد و روش‌ها

با توجه به ضرورت تأمین مواد اولیه و اطمینان از قابلیت دسترسی پایدار و وجود زیرساخت‌های لازم برای انجام مطالعات بنیادین جهت احداث نیروگاه‌های با سوخت ضایعات کشاورزی، هفت واحد تابعه‌ی شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان شامل امام خمینی، دعبل خزاعی، امیرکبیر، میرزا کوچک خان، سلمان فارسی، فارابی و دهخدا برای انجام این مطالعه انتخاب شدند. محدوده طرح‌های توسعه نیشکر بخشی از دشت وسیع خوزستان در جنوب غربی ایران است که در ناحیه‌ای بین عرض جغرافیایی ۳۰/۴۵ تا ۳۱/۱۵ شمالی و طول شرقی ۴۸/۱۲ تا ۴۸/۴۰ واقع شده است (شکل ۱).

برای انجام مطالعه‌ی امکان‌سنجی سناریوهای مختلفی با توجه به عوامل فنی مورد بررسی قرار گرفت و در نتیجه سه سناریو انتخاب گردید. سناریوهای سه‌گانه با توجه به شرایط مناسب از لحاظ مسافت‌های حمل‌ونقل، محل قرارگیری

واحدهای هفت‌گانه و هزینه‌های سرمایه‌گذاری به شرح زیر انتخاب شدند:

۱- استفاده از ضایعات واحدهای هفت‌گانه در یک نیروگاه به صورت مجتمع.

۲- احداث دو نیروگاه جداگانه: یک نیروگاه برای دو واحد واقع در شمال اهواز یعنی واحدهای امام خ ینی و دهخ ا و یک نیروگاه برای پنج واحد واقع در جنوب اهواز یعنی واحدهای امیر کبیر، دعبل خزاعی، میرزا کوچک‌خان، فارابی و سلمان فارسی.

۳- احداث سه نیروگاه جداگانه: یک نیروگاه برای دو واحد واقع در شمال اهواز یعنی واحدهای امام خمینی و دهخدا، یک نیروگاه برای دو واحد امیر بیر و میرزا کوچک‌خان و یک نیروگاه برای سه واحد دعبل خزاعی، سلمان فارسی و فارابی.

تحلیل سودمندی اقتصادی سناریوهای سه‌گانه با استفاده از روش تحلیل هزینه- فایده و بر اساس محاسبه ارزش فعلی خالص و نرخ بازگشت داخلی با فرض ثابت بودن جریان نقدینگی سالیانه در طول عمر مفید نیروگاه به کمک نرم‌افزار بین‌المللی COMFAR[1] III EXPERT انجام گردید (اسکونژاد، ۱۳۸۴). همچنین عناصری که تغییرات آنها بر سودمندی اقتصادی طرح مورد بررسی قرار گرفتند، عبارت بودند از: هزینه سرمایه‌گذاری، هزینه تعمیر و نگهداری، هزینه مواد اولیه، عمر مفید و قیمت فروش برق. داده‌ها و اطلاعات اولیه برای تحلیل اقتصادی سناریوهای طرح‌ریزی‌شده با استفاده از روش‌های پیمایشی و منابع مختلف (فیروزی و همکاران۱۳۸۷، کاپوتو و همکاران، ۲۰۰۵، کامرون و همکاران ۲۰۰۷، فیالا و همکاران ۱۹۹۷) به‌دست آمد.

توان الکتریکی قابل نصب

برای تعیین توان الکتریکی نیروگاه از رابطه ۱ استفاده شد (کاپوتو و همکاران، ۲۰۰۵). این رابطه مدل نیروگاه و تابع مورد استفاده برای تعیین توان الکتریکی قابل نصب را نشان می‌دهد.

$$M \rightarrow P_e = \frac{M \cdot \eta_e \cdot LHV}{3.6 \cdot OH} \rightarrow P_e$$ **رابطه‌ی ۱**

در این مدل P_e توان الکتریکی نیروگاه بر حسب مگاوات و OH ساعات کار سالیانه نیروگاه (با توجه به زمان در دسترس بودن و امکان عملی ذخیره و انبار نمودن مواد اولیه ۶۰۰۰ ساعت منظور شد) می‌باشد. قسمت ورودی این مدل مقدار ضایعات در دسترس برای کاربرد سوخت نیروگاه و صورت کسر در واقع همان پتانسیل تولید انرژی الکتریکی است که با توجه به نتایج مطالعات فیروزی و همکاران (۱۳۸۷) منظور شد.

هزینه‌های سرمایه‌گذاری

قیمت‌های ارائه‌شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی(۲۰۰۶)، برای هزینه‌ی ویژه‌ی سرمایه‌گذاری و کل سرمایه‌ی مورد نیاز برای ظرفیت‌های مختلف نیروگاه‌های طرح‌ریزی شده برای سناریوها، بر اساس سرمایه مورد نیاز برای نصب یک کیلووات‌ساعت ظرفیت نیروگاه با استفاده از تکنولوژی احتراق مستقیم، در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- هزینه‌ی سرمایه‌گذاری مورد نیاز در مقابل ظرفیت نیروگاه

ظرفیت (مگاوات)	۱۲۰	۱۸۰	۳۰۰	۴۰۰
سرمایه‌ی ویژه (یورو بر کیلووات‌ساعت)	۱۱۵۰	۹۵۰	۸۰۰	۷۰۰
سرمایه‌ی کل (یورو)	۱۳۸۰۰۰۰۰۰	۱۷۱۰۰۰۰۰۰	۲۴۰۰۰۰۰۰۰	۲۸۰۰۰۰۰۰۰

اجزای هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای تحلیل اقتصادی بر اساس درصدی از هزینه‌ی موردنیاز برای خرید تجهیزات و نیز هزینه‌ی کل سرمایه‌گذاری با استفاده از نتایج مطالعه کاپوتو و همکاران (۲۰۰۵)، در نظر گرفته شد.

هزینه‌های تولید سالیانه

هزینه‌های عملیاتی یا تولید برق شامل هزینه‌های تأمین ضایعات (سوخت نیروگاه)، تعمیر و نگهداری، پرسنل نیروگاه و نیز بیمه و هزینه‌های عمومی نیروگاه می‌باشد. هزینه‌ی تأمین ضایعات متشکل از هزینه‌ی خرید، جمع‌آوری و حمل ضایعات است. در این

1. **Co**mputer **M**odel for **F**easibility **A**nalysis and **R**eporting

مطالعه هزینه‌ای برای خرید ضایعات منظور نشد. هزینه‌ی جمع‌آوری و حمل ضایعات نیز با استعلام از واحدهای کشت و صنعت و نیز پیمان‌کاران مربوطه برای فواصل مختلف بر پایه سناریوهای سه‌گانه محاسبه و لحاظ گردید. هزینه‌های مربوط به پرسنل نیروگاه نیز با توجه به تعداد موردنیاز برای هر نیروگاه (کاپوتو و همکاران، ۲۰۰۵) و میانگین دستمزد، با در نظر گرفتن دو شیفت کاری (۸ ساعت) در روز به صورت سالیانه محاسبه گردید. هزینه‌های مربوط به تعمیر و نگهداری، بیمه و هزینه‌های عمومی نیروگاه نیز به عنوان درصدی از سرمایه‌ی کل منظور شد.

درآمد نیروگاه

برای محاسبه درآمد نیروگاه از محل فروش برق تولیدی، از رابطه ۲ استفاده شد (کاپوتو و همکاران، ۲۰۰۵):

$$R = P_e \cdot OH \cdot EP$$ **رابطه‌ی ۲**

اجزای این رابطه عبارتند از: R : درآمد سالیانه نیروگاه (ریال)، P_e : توان نیروگاه، OH : ساعات کار سالیانه نیروگاه و EP : قیمت فروش برق (ریال بر کیلووات‌ساعت).

در محاسبه درآمد حاصل از فروش برق تولیدی، با لحاظ کردن موارد مصارف داخلی نیروگاه، ۹۰ درصد برق تولیدی برای فروش در نظر گرفته شد. قیمت فروش برق تولیدی با استناد به « دستورالعمل اجرایی ماده ۶۲ قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت در برنامه چهارم توسعه‌ی اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران» که با هدف جلب مشارکت و حمایت از سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی در تولید برق از منابع انرژی‌های نو به سازمان انرژی‌های نو ایران ابلاغ گردیده است، استخراج و منظور شد.

نتایج و بحث

پتانسیل تولید انرژی الکتریکی از ضایعات نیشکر

پتانسیل تولید انرژی الکتریکی از ضایعات نیشکر با در نظر گرفتن ظرفیت تولید نهایی واحدهای هفت‌گانه محاسبه و در جدول ۲ نشان داده شده است. کل پتانسیل انرژی الکتریکی قابل تولید، ۲۳۳۵۶۵۱ مگاوات ساعت محاسبه گردید (فیروزی و همکاران).

جدول ۲- پتانسیل تولید انرژی الکتریکی از ضایعات نیشکر (مگاوات‌ساعت)

	باگاس	سرنی و پوشال	کل
یک واحد	۲۰۷۷۸۳	۱۲۵۸۸۱	۳۳۳۶۶۴
کل	۱۴۵۴۴۸۴	۸۸۱۱۶۷	۲۳۳۵۶۵۱

توان الکتریکی قابل نصب

پس از تعیین پتانسیل انرژی الکتریکی قابل تولید از ضایعات نیشکر واحدهای هفت‌گانه، توان الکتریکی قابل نصب نیروگاه برای هر یک از واحدها و مجموع آنها با استفاده از رابطه ۱ تعیین شد.

جدول ۳- توان الکتریکی قابل نصب

توان الکتریکی قابل نصب نیروگاه برای یک واحد (مگاوات)		توان الکتریکی قابل نصب نیروگاه برای کل واحدها (مگاوات)	
فعلی	اسمی	فعلی	اسمی
متغیر	۵۵/۶۱	۲۴۵	۳۸۹/۲۷

مقدار توان الکتریکی قابل نصب نیروگاه فعلی برای کل واحدها از میانگین دو فصل زراعی ۸۴-۸۳ و ۸۵-۸۴ به‌دست آمد. همان طور که مشاهده می‌شود ظرفیت فعلی نیز قابل‌توجه بوده و بیش از ۵۰ درصد ظرفیت اسمی می‌باشد. در نتیجه، رسیدن به ظرفیت اسمی تولید انرژی برق منطقی به نظر می‌رسد. برای اطمینان از دستیابی به تولید برق به مقدار محاسبه شده، ظرفیت نیروگاه‌های تأسیس شده بایستی بیش از پتانسیل موجود و بر اساس ظرفیت‌های موجود در بازار باشد که در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴- ظرفیت نیروگاه‌های مورد نیاز

ظرفیت موردنیاز یک واحد (مگاوات)		ظرفیت موردنیاز کل واحدها (مگاوات)	
فعلی	اسمی	فعلی	اسمی
متغیر	۶۰	۲۵۰	۴۰۰

هزینه‌های سرمایه‌گذاری

اجزای هزینه‌های سرمایه‌گذاری محاسبه شده برای تحلیل اقتصادی سناریوها در جدول ۵ شرح داده شده است. همان طور که اشاره شد، هزینه‌های شرح داده شده، بر اساس درصدی از هزینه‌ی موردنیاز برای خرید تجهیزات و نیز هزینه‌ی کل سرمایه‌گذاری می‌باشد.

جدول ۵- اجزای هزینه‌های سرمایه‌گذاری سناریوهای سه‌گانه

هزینه‌های مستقیم	سناریو (۱)	سناریو (۲)	سناریو (۳)
خرید زمین (ریال)	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۱۲۵۰۰۰۰۰۰۰	۱۶۰۰۰۰۰۰۰۰
آماده‌سازی سایت (یِ رو)	۱۱۲۰۰۰۰۰	۱۵۱۲۰۰۰۰	۱۷۸۸۰۰۰۰
امور ساختمانی (یورو)	۲۲۴۰۰۰۰۰	۳۰۲۴۰۰۰۰	۳۵۷۶۰۰۰۰
تجهیزات نیروگاه (یورو)	۱۱۲۰۰۰۰۰۰	۱۵۱۲۰۰۰۰۰	۱۷۸۸۰۰۰۰۰
تجهیزات کمکی (یِ رو)	۱۶۸۰۰۰۰۰	۲۲۶۸۰۰۰۰	۲۶۸۲۰۰۰۰
تاسیسات لوله‌کشی (یورو)	۱۰۸۶۴۰۰۰	۱۴۶۶۶۴۰۰	۱۷۳۴۳۶۰۰
تجهیزات الکتریکی(یورو)	۲۹۱۲۰۰۰۰	۳۹۳۱۲۰۰۰	۴۶۴۸۸۰۰۰
هزینه‌ی مستقیم نصب (یورو)	۳۳۶۰۰۰۰۰	۴۵۳۶۰۰۰۰	۵۳۶۴۰۰۰۰
ابزارها و کنترل‌ها (یورو)	۱۱۲۰۰۰۰۰	۱۵۱۲۰۰۰۰	۱۷۸۸۰۰۰۰
هزینه‌های احتمالی (یورو)	۱۴۰۰۰۰۰۰	۱۸۹۰۰۰۰۰	۲۲۳۵۰۰۰۰
هزینه‌های غیرمستقیم			
امور مهندسی (یورو)	۱۳۴۴۰۰۰۰	۱۸۱۴۴۰۰۰	۲۱۴۵۶۰۰۰
راه‌اندازی (یورو)	۱۱۲۰۰۰۰۰	۱۵۱۲۰۰۰۰	۱۷۸۸۰۰۰۰
هزینه سرمایه‌گذاری کل (ریال)	۳۸۷۸۷۷۷۲۳۳۳۳۳/۳۳	۵۱۶۴۰۵۷۷۹۸۳۳۳/۳۳	۶۰۸۶۴۰۸۴۳۰۸۳۲/۳۳

در جدول ۵ هزینه‌ی سرمایه‌گذاری کل پس از محاسبه و وارد نمودن اجزای مختلف سرمایه‌گذاری مستقیم و غیرمستقیم و قیمت زمین در نرم‌افزار کامفار، محاسبه شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود، هزینه‌ی سرمایه‌گذاری کل برای سناریوی اول کمتر از سایر سناریوها می‌باشد.

هزینه‌های تولید

نتایج محاسبه هزینه‌های تولید سالیانه شامل هزینه‌ی تهیه‌ی ضایعات نیشکر (خرید، جمع‌آوری و حمل‌ونقل)، تعمیر و نگهداری، دستمزد پرسنل نیروگاه و بیمه و هزینه‌های عمومی در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶- کل هزینه‌های تولید سالیانه‌ی سناریوی سه‌گانه

هزینه‌های تولید سالانه	سناریو (۱)	سناریو (۲)	سناریو (۳)
ضایعات (ریال)	۹۸۵۶۰۰۰۰۰۰	۶۶۸۸۰۰۰۰۰۰	۴۵۷۶۰۰۰۰۰۰
تعمیر و نگهداری (یورو)	۴۲۰۰۰۰۰	۵۶۷۰۰۰۰	۶۷۰۵۰۰۰
پرسنل (ریال)	۱۲۰۰۰۰۰۰۰۰	۱۶۲۰۰۰۰۰۰۰	۱۹۲۰۰۰۰۰۰۰
بیمه و هزینه‌های عمومی (یورو)	۲۸۰۰۰۰۰	۳۷۸۰۰۰۰	۴۴۷۰۰۰۰
کل هزینه‌های تولید (ریال)	۱۱۹۶۸۰۰۰۰۰۰	۹۴۹۸۷۰۰۰۰۰۰	۷۹۰۴۰۵۰۰۰۰۰

همان طور که مشاهده می‌شود، به دلیل اینکه در سناریوی اول تمامی ضایعات تولیدی واحدها بایستی به محل نیروگاه انتقال یابند، هزینه‌ی حمل ضایعات در این سناریو بیش‌تر از دو سناریوی دیگر می‌باشد. همچنین این هزینه در سناریوی دوم بیش از سناریوی

سوم بوده است. دلیل این امر نیز انتقال ضایعات چهار واحد واقع در جنوب به واحد دیگر این منطقه می‌باشد. اما در سناریوی سوم با توجه به احداث سه نیروگاه، مقادیر ضایعات حمل‌شده و میانگین فواصل حمل، کاهش یافته و در نتیجه هزینه‌های حمل کمتر از سایر سناریوها بوده است. هزینه‌ی پرسنل نیروگاه در سناریوی اول کمتر از دو سناریوی دیگر می‌باشد و سناریوی سوم بیش‌ترین هزینه را دارد. دلیل این امر افزایش تعداد نیروگاه‌ها در سناریوی سوم و در نتیجه افزایش تعداد پرسنل موردنیاز می‌باشد. به علاوه تأثیر افزایش تعداد نیروگاه بر تعداد پرسنل موردنیاز بیش از تأثیر افزایش ظرفیت نیروگاه می‌باشد. همچنین به طور کلی هزینه‌های بهره‌برداری نیروگاه با افزایش تعداد نیروگاه‌ها از سناریوی اول به سناریوی سوم افزایش یافته است. علت این امر، افزایش هزینه‌ی سرمایه‌گذاری کل از سناریوی اول تا سوم می‌باشد. در نهایت مشاهده می‌شود که کم‌ترین هزینه‌ی تولید متعلق به سناریوی اول و بیش‌ترین آن مربوط به سناریوی سوم می‌باشد.

درآمد سناریوهای سه‌گانه

درآمد سالیانه‌ی سناریوهای سه‌گانه در این تحقیق فقط از محل فروش برق در نظر گرفته شده است. بر این اساس نتایج محاسبه‌ی درآمد حاصل از فروش برق تولیدی نیروگاه‌ها در این سناریوها در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷- درآمد سالیانه‌ی سناریوهای سه‌گانه

	برق قابل فروش (کیلووات‌ساعت)		قیمت برق (ریال بر کیلووات‌ساعت)		کل درآمد (ریال بر سال)
	وضعیت کم‌باری	وضعیت عادی و بیش‌باری	وضعیت کم‌باری	وضعیت عادی و بیش‌باری	مجموع دو وضعیت
سناریوی (۱)	۵۴۰۰۰۰۰۰۰	۱۶۲۰۰۰۰۰۰۰	۴۵۰	۶۵۰	۱۲۹۶۰۰۰۰۰۰۰۰
سناریوی (۲و۳)	۵۶۷۰۰۰۰۰۰	۱۷۰۱۰۰۰۰۰۰	۴۵۰	۶۵۰	۱۳۶۰۸۰۰۰۰۰۰۰

همان طور که ملاحظه می‌شود، درآمد سالیانه‌ی سناریوهای ۲ و ۳ به دلیل یکسان بودن کل ظرفیت نیروگاه‌های مفروض در این سناریوها، برابر می‌باشد. همچنین اختلاف موجود در درآمد سناریوی ۱ با سناریوهای ۲ و ۳ به دلیل تفاوت ۲۰ مگاواتی در مجموع ظرفیت نیروگاه‌ها در این سناریوها می‌باشد. به طور کلی مشاهده می‌شود که درآمد سالیانه‌ی نیروگاه‌ها از محل فروش برق تولیدی قابل توجه می‌باشد. دلیل اصلی این امر بالا بودن قیمت فروش برق است. همان طور که پیش از این نیز ذکر شد، دولت‌ها برای حمایت از سرمایه‌گذاری در زمینه‌ی توسعه‌ی کاربرد منابع تجدیدپذیر برای تولید انرژی، از روش‌ها و مشوق‌های اقتصادی متنوعی استفاده می‌کنند. دولت جمهوری اسلامی ایران نیز با عنایت به اهمیت این موضوع، تعیین قیمت بالاتر برای خرید برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر نسبت به منابع فسیلی را به عنوان یکی از سیاست‌های تشویقی در این زمینه به‌کار برده است.

تحلیل اقتصادی سناریوهای سه‌گانه

ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی

نتایج تحلیل اقتصادی سناریوهای سه‌گانه بر اساس ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی[1] در جدول ۸ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود تمامی سناریوها دارای ارزش حال خالص مثبت و نرخ بازگشت داخلی بالاتر از نرخ بهره بوده و در نتیجه از لحاظ اقتصادی سودمند و یا به عبارت دیگر اقتصادی می‌باشند. بالا بودن ظرفیت هر کدام از نیروگاه‌ها در سناریوهای سه‌گانه و به‌ویژه در سناریوی ۱ و ۲ و نیز قیمت مناسب فروش برق تولیدی به شبکه، از دلایل اصلی این سودمندی می‌باشد. این نتیجه با یافته‌های اتسوموورا و همکاران (۲۰۰۵)، بالات (۲۰۰۵) و کاپ تو و همکاران (۲۰۰۵)، مطابقت دارد.

1. Internal Rate of Return

جدول ۸- مقادیر ارزش فعلی خالص و نرخ بازگشت داخلی سناریوهای سه‌گانه

	ارزش حال خالص سرمایه‌گذاری (میلیون ریال)	نرخ بازگشت داخلی (درصد)	نرخ بهره (درصد)
سناریو ۱	۴,۵۶۴,۷۷۱	۲۴/۳۷	۱۲
سناریو ۲	۳,۹۷۱,۵۵۵	۲۰/۳۴	۱۲
سناریو ۳	۳,۲۰۹,۲۹۲	۱۷/۸۳	۱۲

همان طور که مشاهده می‌شود سناریوی ۱ دارای ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی بالاتری نسبت به سایر سناریوها می‌باشد. این مقادیر برای سناریوی ۱ به ترتیب ۴,۵۶۴,۷۷۱ میلیون ریال و ۲۴/۳۷ درصد می‌باشند. اگر حداقل نرخ جذب‌کننده‌ی داخلی را برای سرمایه‌گذاری ۱۶ درصد (میانگین نرخ سود بانکی در سال ۱۳۸۶) فرض کنیم، مشاهده می‌شود که نرخ بازگشت داخلی برای سناریوی ۱ بسیار مطلوب می‌باشد. با اینکه درآمد حاصل از فروش برق برای سناریوی ۱ کمتر ولی نزدیک به سناریوهای ۲ و ۳ می‌باشد، دلیل بالاتر بودن ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی آن، کمتر بودن هزینه‌ی سرمایه‌گذاری در این سناریو می‌باشد. همان طور که قبلاً اشاره شد، تعداد نیروگاه در سناریوی ۱، یک نیروگاه ۴۰۰ مگاواتی می‌باشد. با توجه به این که با افزایش ظرفیت نیروگاه از ۱۲۰ به ۴۰۰ مگاوات، هزینه‌ی سرمایه‌گذاری ویژه‌ی نیروگاه از ۱۱۵۰ به ۷۰۰ یورو بر کیلووات‌ساعت کاهش یافته است، در نتیجه هزینه‌ی سرمایه‌گذاری کل نیز برای سناریوی ۱ کمتر از دو سناریوی دیگر بوده و این باعث بالاتر بودن ارزش حال خالص این سناریو شده است. این نتیجه با نتایج کاپوتو و همکاران (۲۰۰۵) و نیز کال‌اسمیت (۱۹۹۹)، یکسان است. سناریوی ۲ نیز دارای ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی بیش‌تری نسبت به سناریوی ۳ بود. تعداد نیروگاه در سناریوی ۲ کمتر از سناریوی ۳ بوده و نیز ظرفیت یکی از نیروگاه‌ها ۳۰۰ مگاوات بوده است. در نتیجه به دلایلی که در بالا اشاره شد، سودمندی اقتصادی آن بیشتر بوده است. نرخ بازگشت داخلی نیز برای سناریوی ۲ با در نظر گرفتن حداقل نرخ جذب‌کننده برای سرمایه‌گذاری قابل قبول می‌باشد. درسناریوی ۳ نیز ارزش حال خالص مثبت است، اما نزدیک بودن نرخ بازگشت داخلی به حداقل نرخ جذب کننده، علاقه‌مندی برای سرمایه‌گذاری را کاهش می‌دهد.

از سوی دیگر مشاهده می‌شود که سناریوی ۱ در بین سناریوها، دارای بیش‌ترین هزینه‌های تولید و با این وجود دارای بالاترین ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی نسبت به بقیه بوده است. همان طور که نتایج محاسبه‌ی هزینه‌ها نشان داد، صرفه‌جویی سناریوی ۱ در هزینه‌های سرمایه‌گذاری به دلیل ظرفیت بالاتر نیروگاه، بسیار بیش‌تر از افزایش در هزینه‌های تولید برای این سناریو بوده است.

تحلیل حساسیت

نتایج تحلیل حساسیت سودمندی اقتصادی و به عبارت دیگر ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی سناریوهای سه‌گانه به تغییرات عوامل اصلی اقتصادی توسط نرم‌افزار کامفار نشان داد، به‌طور کلی ارزش فعلی خالص و نرخ بازگشت داخلی، بیش‌ترین حساسیت را به هزینه‌ی سرمایه‌گذاری و قیمت فروش برق تولیدی داشته‌اند. همچنین این تغییرات با کاهش ظرفیت نیروگاه‌ها از سناریوی ۱ تا ۳، شدیدتر می‌شود. نتایج به‌دست آمده به طور کلی با یافته‌های فیالا و همکاران (۱۹۹۷) و کاپوتو و همکاران (۲۰۰۵) مشابهت داشت. در ادامه نتایج تحلیل حساسیت برای سناریوهای سه‌گانه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

تحلیل حساسیت سناریوی ۱

نتایج تحلیل حساسیت ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی سناریوی ۱ نسبت به تغییرات عوامل اصلی اقتصادی در جدول ۹ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، ارزش حال خالص در این سناریو بیش‌ترین حساسیت را به قیمت فروش برق تولیدی با تغییراتی حدود ۴۰± درصد وکم‌ترین حساسیت را به هزینه‌ی تعمیر و نگهداری با تغییراتی به مقدار تنها ۰/۲۴± درصد در مقدار ارزش حال خالص دارد. دلیل حساس بودن ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی به تغییرات قیمت فروش برق، درآمد سالیانه‌ی قابل توجه به علت قیمت مناسب فروش برق تولیدی می‌باشد. این نتیجه با نتایج مطالعات فیالا و همکاران (۱۹۹۷)، و آژانس بین‌المللی انرژی (۲۰۰۶)، مطابقت دارد.

جدول ۹- نتایج تحلیل حساسیت سناریوی ۱

اجزاء تغییر	*درصد تغییر*	*درصد تغییر ارزش فعلی خالص*	**درصد تغییر نرخ بازگشت داخلی**
هزینه سرمایه	±۳۰	-۲۴/۱۴ / ۲۴/۱۴	-۲۰/۰۲ / ۳۴/۰۱
هزینه مواد اولیه	±۳۰	-۴/۵۴ / ۴/۵۴	-۲/۰۹ / ۲/۰۹
هزینه تعمیر و نگهداری	±۳۰	-۰/۲۴ / ۰/۲۴	-۰/۱۲ / ۰/۱۲
قیمت فروش برق	±۲۰	۳۹/۷۶ / -۳۹/۷۶	۱۷/۹۳ / -۱۹/۱
عمر مفید	±۲۰	۲/۹۵ / -۵/۲	۰/۰۴ / -۰/۱۲

تغییرات هزینه‌ی سرمایه‌گذاری بعد از قیمت فروش برق، بیش‌ترین تأثیر را بر سودمندی اقتصادی دارد. درصد این تغییرات برای ارزش حال خالص ۲۴/۱۴± بوده است. همچنین با افزایش ۳۰ درصدی هزینه‌ی سرمایه‌گذاری، نرخ بازگشت داخلی ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. در حالی که با کاهش ۳۰ درصدی هزینه‌ی سرمایه‌گذاری، نرخ بازگشت داخلی ۳۴ درصد افزایش می‌یابد. دلیل این امر می‌تواند بازگشت سرمایه‌ی هزینه شده در مدت کوتاه‌تر باشد.

حساسیت ارزش حال خالص به تغییرات هزینه‌ی مواد اولیه و عمر مفید تقریباً مشابه بود. با این حال حساسیت درصد نرخ بازگشت داخلی به هزینه‌ی مواد اولیه بیش از حساسیت آن به عمر مفید بوده است. همان طور که در جدول ۹ مشاهده گردید، تغییرات هزینه‌های تعمیر و نگهداری تأثیر قابل ملاحظه‌ای در ارزش حال خالص و نیز نرخ بازگشت داخلی نداشته است.

تحلیل حساسیت سناریوی ۲

نتایج تحلیل حساسیت ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی سناریوی ۲ نسبت به تغییرات عوامل اصلی اقتصادی در جدول ۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۱۰- نتایج تحلیل حساسیت سناریوی ۲

اجزاء تغییر	*درصد تغییر*	*درصد تغییر ارزش حال خالص*	**درصد تغییر نرخ بازگشت داخلی**
هزینه سرمایه	±۳۰	-۳۷ / ۳۷	-۲۰/۴۵ / ۳۵
هزینه مواد اولیه	±۳۰	-۳/۵۴ / ۳/۵۴	-۱/۳۷ / ۱/۳۷
هزینه تعمیر و نگهداری	±۳۰	-۰/۳۸ / ۰/۳۸	-۰/۱۴ / ۰/۱۴
قیمت فروش برق	±۲۰	۴۸ / -۴۸	۱۸ / -۱۹/۰۲
عمر مفید	±۲۰	۳/۰۸ / -۵/۴۳	۰/۰۵ / -۰/۲۴

همان طور که مشاهده می‌شود، ارزش حال خالص در این سناریو بیش‌ترین حساسیت را به قیمت فروش برق تولیدی با تغییراتی به میزان ۴۸± درصد وکم‌ترین حساسیت را به هزینه‌ی تعمیر و نگهداری با تغییراتی به مقدار ۰/۳۸± درصد در ارزش حال خالص دارد. به‌طور کلی در این سناریو اثر تغییرات بر ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی شدیدتر از سناریوی ۱ می‌باشد. دلیل این موضوع بالاتر بودن هزینه‌ی سرمایه‌گذاری موردنیاز با توجه به افزایش تعداد نیروگاه به دو واحد می‌باشد. با این حال روند تغییرات ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی درمقابل تغییرات عوامل اقتصادی مهم مشابه سناریوی ۱ بود. به‌طوری که حساسیت مقدار ارزش حال خالص به تغییرات هزینه‌ی مواد اولیه و عمر مفید تقریباً مشابه بود. با این وجود، حساسیت درصد نرخ بازگشت داخلی به هزینه‌ی مواد اولیه بیش از حساسیت آن به عمر مفید بوده است. همان طور که در جدول ۱۰ مشاهده گردید، تغییرات هزینه‌های تعمیر و نگهداری تأثیر قابل ملاحظه‌ای در ارزش حال خالص و نیز نرخ بازگشت داخلی سناریوی ۲ نداشته است.

تحلیل حساسیت سناریوی ۳

نتایج تحلیل حساسیت سودمندی اقتصادی شامل ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی سناریوی۲ نسبت به تغییرات عوامل اصلی اقتصادی در جدول ۱۱ نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود، اثر تغییر عوامل اقتصادی مهم بر مقدار ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی در این سناریو نسبت به سناریوهای ۱ و ۲ بیش‌تر بوده است.

جدول ۱۱- نتایج تحلیل حساسیت سناریوی ۳

اجزاء تغییر	*درصد تغییر*	*درصد تغییر ارزش حال خالص*	**درصد تغییر نرخ بازگشت داخلی**
هزینه سرمایه	±۳۰	-۵۳/۹۰ / ۵۳/۹۰	-۲۰/۷۵ / ۳۵/۷۲
هزینه مواد اولیه	±۳۰	-۳ / ۳	-۰/۹۵ / ۰/۹۵
هزینه تعمیر و نگهداری	±۳۰	-۰/۵۵ / ۰/۵۵	-۰/۱۷ / ۰/۱۷
قیمت فروش برق	±۲۰	۵۹/۳۸ / -۵۹/۳۸	۱۸/۱۱ / -۱۹/۰۷
عمر مفید	±۲۰	۳/۲۵ / -۵/۷۳	۰/۱۱ / -۰/۲۸

همان گونه که در مورد سناریوی ۲ نیز عنوان شد، سناریوی ۳ نیز علی‌رغم داشتن مجموع ظرفیت نیروگاهی یکسان با سناریوی ۲ و نزدیک به سناریوی ۱، به دلیل استفاده از سه واحد نیروگاهی با ظرفیت‌های پایین‌تر دارای هزینه‌ی سرمایه‌گذاری بیش‌تری نیز بوده است. با توجه به این مسأله و یکسان بودن درآمد سالیانه آن با سناریوی ۲، اثر تغییرات عوامل اقتصادی بر سودمندی آن شدیدتر بوده است. این نتیجه با یافته‌های کاپوتو و همکاران (۲۰۰۵)، کامرون و همکاران (۲۰۰۷) و نیز فیالا و همکاران (۱۹۹۷) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌طور کلی نتایج نشان داد که با افزایش ظرفیت نیروگاه هزینه‌های مورد نیاز برای سرمایه‌گذاری کاهش و هزینه‌های تولید افزایش می‌یابد. نتایج تحلیل اقتصادی نیز نشان داد که هر سه سناریو از لحاظ اقتصادی سودمند می‌باشند به‌طوری‌که دارای ارزش حال خالص مثبت و نرخ بازگشت داخلی بیشتر از نرخ بهره هستند.

نتایج نشان می‌داد که سناریوی (۱) دارای ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی بیشتری از سناریوهای دیگر می‌باشد. همچنین سناریوی (۲) نیز هرچند دارای ظرفیت نیروگاهی مشابه با سناریوی (۳) است، ولی ارزش حال خالص و نرخ بازگشت داخلی بیشتری دارد. سناریوی (۳) علی‌رغم دارا بودن ارزش حال خالص مثبت، از لحاظ درصد نرخ بازگشت داخلی نزدیک به حداقل نرخ جذب‌کننده‌ی سرمایه‌گذاری است و درنتیجه برای سرمایه‌گذاری از جذابیت کمتری نسبت به سایر سناریوها برخوردار می‌باشد.

با عنایت به محاسبات انجام شده از نظر توجیه اقتصادی نیروگاه‌های مذکور و همچنین مشکلات دفع متداول این ضایعات که شرکت‌های کشت و صنعت با آن مواجه هستند و آثار مخرب زیست‌محیطی که سوزاندن این بقایا به همراه دارد، تسریع در احداث و بکارگیری این نیروگاه‌ها بیش از پیش احساس می‌شود. همچنین پیشنهاد می‌شود مطالعه‌ای جهت تدقیق مطالعات اقتصادی و کمی‌سازی اثرات زیست‌محیطی سوزاندن ضایعات نیشکر با در نظر گرفتن هزینه‌های اجتماعی انجام شود.

سپاس‌گزاری

در پایان مراتب قدردانی خود را از مهندس حمدی (معاون فنی مرکز تحقیقات نیشکر)، دکتر خلجانی و مهندس ابراهیمی‌نیک ابراز می‌نمایم.

منابع

۱. اسکونژاد، م.، ۱۳۸۴. اقتصاد مهندسی (ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی). انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر. ۳۴۸ صفحه.
۲. بی‌نام، ۱۳۸۴. گزارش نهایی روزانهٔ برداشت. انتشارات حوزهٔ معاونت کشاورزی شرکت توسعهٔ نیشکرس و صنایع جانبی.
۳. بی‌نام، ۱۳۸۵. ترازنامه‌ی انرژی ۱۳۸۴. وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی. ۶۷۴ صفحه.
۴. فیروزی، ا؛ سیدلو، ص؛ مرزبان، ا. ۱۳۸۷. تعیین پتانسیل انرژی ضایعات نیشکر. مقالات چهارمین همایش ملی مدیریت پسماند. شهرداری مشهد.
5. Andre, P. C., Faaij, A.P., 2006. Bio-energy in Europe: changing technology choices. Energy Policy, 34: 322–342.

6. Anon, 2004. Feasibility Study on Cogeneration Business in Thailand Utilizing the Bagasse and Rice Husk. Kansai Environmental Engineering Center, Co., Ltd.
7. Anon, 2005. Energy Production in the Cane Sugar Industry. Hawaii Natural Energy Institute University of Hawaii Pacific Chem.
8. Balat, M., Osman, H., 2005. Use of biomass sources for energy in Turkey and a view to biomass potential. Biomass and Bioenergy, 29: 31-42.
9. Boog, E. G., Codolo, M. C., Lenço, P. C., Machado, I. P., Sánchez, C. G., Bizzo, W. A., 2006. Energetic Potential of Sugarcane Residue. Departamento de Engenharia Térmica e de Fluidos – FEM – UNICAMP. Rua Mendeleiev, s/n - Cidade Universitária - Campinas/São Paulo - Brasil - CEP: 13083-970.
10. Cameron, J. B., Kumar, A., Flynn, P. C., 2007. The impact of feedstock cost on technology selection and optimum size. Biomass and Bioenergy, 31: 137–144.
11. Caputo, A. C., Palumbo, M., Pelagagge, P. M., Scacchia, F., 2005. Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: Effects of logistic variables. Biomass and Bioenergy, 28: 35–51.
12. Fiala, M., Pellizi, G., Riva, G., 1997. A model for optimal dimensioning of biomass-fuelled electric power plants. J. Agric. Eng. Res., 67: 17-25.
13. Hassuani, S. J., Leal, M. R. L. V., Macedo, I. C., 2005. Biomass power generation: sugar cane bagasse and trash. Piracicaba: PNUD/CTC.
14. Hollonda, J. B., Poole, A. D., 2000. Sugarcane as an energy source in brazil. Instituto National Of Energy Efficiency.
15. Kim, S., Dale, B. E., 2004. Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. Biomass and Bioenergy, 26: 361-375.
16. Kaltschmitt, M., 1999. Utilization of biomass in the German energy sector. In: Hake J-F, Bansal N, Kleemann M, editors. Strategies and technologies for greenhouse gas mitigation. Aldershot, UK: Ashgate.
17. Parikka, M., 2004. Global biomass fuel resources. Biomass and Bioenergy, 27: 613-620.
18. McKendry, P., 2002. Energy production from biomass (part 2): conversion technologies. Bioresources Technology; 83:47–54.
19. Mathias, A. J., 2004. Technical analysis of cogeneration projects. Cogeneration Week in Thailand, 23-25 March 2004. Miracle Grand Convention Hotel, Bangkok.
20. Matsumura, Y., Yokoyama, S., 2005. Current situation and prospect of biomass utilization in Japan. Biomass and Bioenergy, 29: 304-309.
21. www.IEA.com