تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۲۲/ شماره ۷۷/بهار ۱۴۰۰/ص ۵۰-۳۵
https://www.amsr.areeo.ac.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی فنی، اقتصادی و محیط‌زیستی بهره‌برداری از سامانه تولید همزمان انرژی الکتریکی و گرما در کشت‌های گلخانه‌ای ایران

داود مؤمنی[1*]، قاسم زارعی[2] و جلال جوادی‌مقدم[3]

۱- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
۲ و ۳- به ترتیب: دانشیار؛ و استادیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۹۸/۳/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۹/۱۳

چکیده

کشت‌های گلخانه‌ای از جمله فعالیت‌های اقتصادی در بخش کشاورزی بوده که به انرژی وابسته است. با توجه به مسائل و مشکلات موجود در سامانه‌های تولید، انتقال و توزیع الکتریسیته، توسعه نیروگاه‌های مقیاس کوچک در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق پس از بررسی معایب و محاسن این سامانه‌ها، موارد فنی، اقتصادی و محیط‌زیستی آن‌ها برای استفاده در گلخانه‌های ایران ارزیابی شدند و در انتها نقش سیاست‌ها و حمایت‌های دولت بررسی گردید. برای امکان‌سنجی فنی، اقتصادی و محیط زیستی استفاده از این سامانه در گلخانه، وضعیت بهره‌برداری فنی از این سامانه در گلخانه، مقدار ارزش خالص فعلی، مولفه‌های درآمدی سرمایه‌گذاری، مولفه‌های هزینه‌ای سرمایه‌گذاری، مقدار انرژی ذخیره شده و آلاینده کربن‌دی‌اکسید محاسبه شدند. نتایج این تحقیق نشان داد که به علت کم بودن تعداد نیروهای فنی متخصص برای نصب، راه‌اندازی، انجام سرویس دوره‌ای و تعمیر سامانه، در صورت بروز مشکل در سامانه، مدت زمان خارج از دسترس بودن سامانه، زیاد خواهد بود. از لحاظ اقتصادی نیز در شرایطی که بتوان با استفاده از حمایت‌های دولتی، امکان فروش برق به شبکه سراسری و استفاده از گاز با تعرفه رایگان داشت، کاربرد آن کاملا مقرون به صرفه خواهد بود. این موضوع نقش سیاست‌ها و تسهیلات تشویقی دولت را در اقتصادی شدن این پروژه‌ها نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی

برق، گرمایش، نیروگاه‌های کوچک

مقدمه

بررسی ترازنامه انرژی دنیا نشان می‌دهد، مصرف تمام منابع انرژی شامل سوخت‌های فسیلی مایع، گاز طبیعی و زغال‌سنگ تا سال ۲۰۳۵ روند صعودی خواهند داشت. بنابراین، لزوم توجه بیشتر به افزایش بهره‌وری در مصرف سوخت، مطالعه در مورد منابع انرژی جایگزین و مسائل محیط‌زیستی ضروری است. همچنین در این ترازنامه، مقدار آلایندگی کربن‌دی‌اکسید ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی در کشورهای عضو و غیرعضو سازمان همکاری‌های

*نگارنده مسئول: Email: momenidavood@yahoo.com
http://doi: 10.22092/erams.2019.126731.1319

اقتصادی و توسعه[1] نیز بررسی و گزارش شده است. بر اساس گزارش مذکور، با وجود این که کشورهای عضو سازمان مذکور، مقدار آلایندگی خود را در محدوده ثابتی حفظ کرده‌اند ولی روند توسعه در کشورهای غیر عضو، باعث افزایش آلایندگی محیط‌زیست شده که با توجه به قوانین و پروتکل‌های بازدارنده، توجه جدی به مسائل محیط‌زیستی در کنار این توسعه اجتناب‌ناپذیر است. یکی از راه‌کارهای پیشنهادی بهبود این وضعیت، عبور به سمت اقتصادهای کم کربن است (Anon, 2001; Anon, 2016). با توجه به گستره ایران در محدودهٔ عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و شرایط متنوع اقلیمی موجود در آن، به نظر می‌رسد یکی از مناطق مناسب برای توسعه کشت‌های گلخانه‌ای در غرب آسیاست که تولید خوب محصولات گلخانه‌ای در آن، علاوه بر تأمین نیازهای داخلی، نقش عمده‌ای در صادرات محصولات غیرنفتی، ارزآوری و مثبت شدن تراز تجاری بخش کشاورزی خواهد داشت (Momeni, 2010).

بررسی آمار سطح زیرکشت محصولات گلخانه‌ای در کشور (جدول ۱)، نشان می‌دهد، از مجموع ۱۱۹۴۱ هکتار گلخانه در پایان سال ۱۳۹۶، حدود ۸۴۸۹ هکتار به محصولات سبزی و صیفی، ۳۴۵۲ هکتار به گل و گیاهان زینتی، توت‌فرنگی و سایر محصولات گلخانه‌ای اختصاص یافته است (Anon, 2017).

جدول ۱- سطح زیرکشت محصولات گلخانه‌ای کشور

Table 1- The area of greenhouse crops in IRAN

محصول Crop	سطح (هکتار) Area (ha)	درصد (%)
خیار Cucumber	6534	54.7
گوجه فرنگی Tomato	780	6.5
انواع فلفل Peppers	508	4.3
بادمجان Eggplant	235	2.0
سایر سبزیجات Other vegetables	432	3.6
گل و گیاهان زینتی Ornamental plants	2469	20.7
توت فرنگی Strawberry	488	4.4
گیاهان دارویی Medicinal Plants	132	1.1
سایر محصولات Other crops	363	3
کل Total	11941	100

کشت گلخانه‌ای، به دلیل ماهیت تولید در خارج فصل، دارای مصرف انرژی بیشتری می‌باشد؛ چرا که برای تأمین شرایط محیطی مناسب داخل گلخانه و تولید در خارج از فصل نیاز به صرف انرژی است. افزایش در کارایی مصرف انرژی در کشت‌های گلخانه‌ای یکی از مهم‌ترین بخش‌های مطالعات انرژی در کشاورزی بوده و هرگونه موفقیتی در زمینه افزایش آن، می‌تواند باعث استفاده بهینه از منابع

1- OECD and Non-OECD Countries

انرژی گردد (Critten & Bailey, 2002).

صنعت گلخانه‌های مدرن برای پرورش گل در قرن شانزدهم از کشور هلند سرچشمه گرفت. همچنین، احداث گلخانه برای تولید میوه و سبزی‌های خارج از فصل، گل و گیاهان زینتی از قرن هفدهم میلادی در سایر کشورهای اروپایی و آمریکا آغاز و به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد آن، در دهه‌های اخیر در سراسر جهان گسترش یافت. کشت گلخانه‌ای از سال ۱۳۵۲ هجری شمسی از کشورهای اروپایی به ویژه هلند با انگیزه تولید گیاهان زینتی وارد ایران شد. در ایران نیز در سه دهه اخیر توجه جدی به تولید سبزی و صیفی، برخی محصولات باغبانی، گل و گیاهان زینتی در گلخانه‌ها صورت گرفته است. سازه‌های گلخانه‌ای در کشور عمدتا فلزی بوده و در اکثر موارد نیز برای پوشش گلخانه از پلاستیک استفاده می‌شود. محصولات عمده تولیدی کشور در این گلخانه‌ها، خیار و گوجه‌فرنگی بوده ولی در سال‌های اخیر با توجه به تقاضای بازار، محصولات جدیدی مثل فلفل، خربزه، طالبی، لوبیا سبز، سبزیجات برگی، توت‌فرنگی و غیره نیز تولید می‌شوند. در دهه‌های ابتدایی توسعه گلخانه‌ها در ایران، عمده گلخانه‌های سبزی و صیفی کشور به کشت خیار اختصاص داشت ولی گسترش کشت‌های گلخانه‌ای، تنوع تولید در گلخانه‌ها و نیاز به محصولات مختلف، باعث شد تا سهم تولید خیار در گلخانه‌ها از حدود ۶۱ درصد در سال ۹۰ به حدود ۵۵ درصد در سال ۱۳۹۶ برسد (جدول ۲). تغییرات رشد سایر محصولات نیز در جدول ۲ بیان شده است. در ایران به طور متوسط از هر هکتار گلخانه خیار بین ۱۲۰ تا ۳۰۰، گوجه‌فرنگی ۳۰۰ تا ۴۰۰، فلفل ۲۳۰ تا ۳۰۰ تن در هکتار برداشت می‌شود (Momeni, 2017).

جدول ۲- مقایسه سطح زیر کشت محصولات گلخانه‌ای کشور در سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۰

Table 2- Comparison of the area of greenhouse crops in IRAN between 2011-2017

درصد رشد Increase (%)	۱۳۹۶ (2018)		۱۳۹۰ (2012)		محصول Crop
	درصد %	سطح (هکتار) Area (ha)	درصد %	سطح (هکتار) Area (ha)	
33.2	54.7	6534	60.7	4907	خیار Cucumber
102.1	6.5	780	4.8	386	گوجه فرنگی Tomato
238.7	4.3	508	1.9	150	انواع فلفل Peppers
74.9	3.6	432	3.1	247	سایر سبزیجات Other vegetables
15.5	20.7	2469	26.4	2137	گل و گیاهان زینتی Ornamental plants
151.5	4.1	488	2.4	194	توت فرنگی Strawberry
140	1.1	132	0.7	55	گیاهان دارویی Medicinal Plants
8442.9	5	598	0.1	7	سایر محصولات Other crops
47.7	100	11941	100	8083	کل Total

بررسی سطح گلخانه‌های احداث شده در کشور در کنار پراکنش جمعیت ایران (جدول ۳) نیز نشان می‌دهد، توسعه گلخانه‌ها در ایران طی سال‌های گذشته بر اساس اقلیم و پارامترهای مرتبط با آن نبوده و تنها بر اساس نزدیکی به بازار مصرف صورت گرفته است و توسعه کشت‌های گلخانه‌ای به همین رویه در سال‌های آتی، روند رو به رشد مصرف انرژی‌های فسیلی و آلاینده‌های محیط‌زیستی را به دنبال خواهد داشت.

جدول ۳- مقایسه توسعه گلخانه‌ها در استان‌های پرجمعیت کشور در سال ۱۳۹۴

Table 3- Comparison of greenhouse development in populated provinces of Iran in 2015

استان Province	جمعیت Population		سطح گلخانه Greenhouse area	
	نفر (Person)	درصد (%)	هکتار (ha)	درصد (%)
اصفهان Isfahan	4879312	6.5	1409.5	14
البرز Alborz	2412513	3.2	213.1	2.1
تهران Tehran	12183391	16.2	2765.9	27.5
خراسان رضوی R.Khorasan	5994402	8	214	2.1
خوزستان Khouzestan	4531720	6	407.8	4
سیستان و بلوچستان Sisatan and balouchestan	2534327	3.4	249.8	2.5
گیلان Gillan	2480874	3.3	44.6	0.4
مازندران Mazandaran	3073943	4.1	297.7	3
مرکزی Markazi	1413959	1.9	539.7	5.4
هرمزگان Hormozgan	1578183	2.1	127.3	1.3
یزد Yazd	1074428	1.4	1331.2	13.2
جنوب کرمان South of Kerman	729983	1	1485	14.7
سایر استان‌ها Others	32262634	42.9	1370.5	13.6
کل Total	75149669	100	10070.2	100

علاوه بر مصرف بالای انرژی در گلخانه‌های ایران، مواردی مانند کمبود دانش فنی بهره‌برداران، توسعه گلخانه‌ها در اقلیم‌های نامناسب و عدم استفاده از سازه و تجهیزات گلخانه‌ای مناسب و

به روز، باعث شده است تا عملکرد تولید محصول در این گلخانه‌ها (در حدود ۴۰۰-۲۵۰ تن در هکتار) در قیاس با میانگین جهانی (۴۵۰-۴۰۰ تن در هکتار) کمتر باشد. این نکته نیز به اقتصادی نبودن و غیر قابل رقابتی بودن تولیدات گلخانه‌ای می‌افزاید و شاید یکی از دلایل خارج شدن از چرخه تولید برخی از گلخانه‌ها در کشور و نیز کند شدن روند توسعه کشت‌های گلخانه‌ای در سال‌های اخیر، این موضوع باشد (Momeni, 2017).

با توجه به وابستگی شدید کشت‌های گلخانه‌ای به انرژی و مسائل و مشکلات موجود در سامانه‌های موجود تولید، انتقال و توزیع الکتریسته مانند هزینه زیاد احداث نیروگاه‌های بزرگ، کم بودن راندمان انتقال و توزیع، آلودگی‌های محیط‌زیستی مربوط به تولید انرژی الکتریکی، گران شدن سوخت مورد نیاز نیروگاه‌ها، مدیریت عرضه و تقاضای برق در انواع مصرف‌کننده‌ها و غیره، در سال‌های اخیر توسعه نیروگاه‌های مقیاس کوچک با هدف تولید همزمان انرژی الکتریکی و گرما[1] مورد توجه قرار گرفته است (Al-Mansour & Kozuh, 2007).

توسعه کشت‌های گلخانه‌ای در ایران نیز از برنامه‌های در دست اجرای دولت است که باعث خواهد شد شدت مصرف انرژی در این بخش افزایش یابد؛ لذا ضروری است، در کنار توسعه گلخانه‌ها به کاهش شدت مصرف انرژی‌های فسیلی و جایگزین کردن بخشی از آن با سایر منابع انرژی، بیش از پیش توجه شود. مسائل دیگری مانند محدود بودن عمر منابع و ذخایر سوخت‌های فسیلی، هم‌پوشانی با اوج مصرف خانگی، افزایش جمعیت و افزایش درخواست انرژی در سایر بخش‌ها، درخواست انرژی بیشتر در این بخش به دلیل افزایش سطح زیرکشت توسعه گلخانه‌ها و تلاش برای افزایش عملکرد محصول در واحد سطح گلخانه، که افزایش مصرف انرژی در این بخش را به دنبال خواهد داشت، نیز بر این قضیه تأکید می‌کند.

یکی از راه‌کارهای کاهش شدت مصرف انرژی در کنار رشد این بخش، توسعه استفاده از سامانه‌های تولید هم‌زمان انرژی الکتریکی و گرما در گلخانه است که استفاده از آن‌ها در کنار گلخانه‌ها، نیاز به ارزیابی فنی، اقتصادی و محیط زیستی دارد. این که آیا این سامانه‌ها از لحاظ فنی قابل استفاده در گلخانه‌های تجاری هستند یا خیر و در صورت حل مسائل فنی کاربرد این سامانه‌ها در گلخانه، آیا از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است و در انتها در صورت مناسب بودن ابعاد فنی و اقتصادی توسعه این سامانه‌ها برای استفاده در گلخانه، چه چالش‌هایی پیش‌روی توسعه آن‌ها در بخش گلخانه‌ای کشور وجود خواهد داشت. لذا در این پروژه، بهره‌برداری از سامانه تولید همزمان انرژی الکتریکی و گرما در کشت‌های گلخانه‌ای ایران، از لحاظ فنی، اقتصادی و محیط زیستی بررسی شدند.

بررسی سرانه انتشار برخی از گازهای آلاینده در کشور نشان از روند کاهشی آن‌ها دارد و دلیل آن کاهش قابل توجه سهم سوخت‌های مایع و افزایش سهم گاز طبیعی در بخش نیروگاهی بوده است. این روند همراه با مدیریت مصرف، بهبود کیفیت سوخت‌های مصرفی، تغییر در حامل‌های انرژی مصرفی، بهینه‌سازی مصرف انرژی، استقرار سامانه مدیریتی و نظارتی مؤثر و مستمر و گذار به سمت اقتصادهای کم‌کربن می‌تواند میزان انتشار این گازها را تثبیت و یا حتی کاهش دهد (Critten & Bailey, 2002). یکی از راه کارهایی که امروزه سیاست‌گذاران انرژی در دنیا از آن به عنوان ابزاری مؤثر و کارآمد در مدیریت انرژی بهره می برند، تولید انرژی بر

1- Combined Heat and Power (CHP)

مبنای روش تولید هم‌زمان برق، حرارت و برودت یا به اختصار تولید هم‌زمان است.

در تولید هم‌زمان که نوعی خاص از روش تولید پراکنده است، دو یا چند شکل از انرژی مانند انرژی الکتریکی و انرژی حرارتی به صورت هم‌زمان از یک منبع انرژی اولیه مانند انرژی شیمیایی سوخت تولید می‌شوند. در این فرایند پس از تولید برق، حرارت تولید شده و گرمایی را که در غیر این‌صورت به هدر می‌رود به صورت انرژی گرمایشی برای مصارفی مانند گرم کردن آب، گرم کردن و یا خنک کردن محیط و یا مصارف صنعتی استفاده می‌کنند. استفاده از سامانه‌های تولید همزمان، علاوه بر کاهش مصرف سوخت، میزان گازهای آلاینده را نیز کاهش می‌دهد. به همین علت، کشورهای اروپایی و آمریکا، اقداماتی را در زمینه افزایش استفاده از سامانه‌های تولید هم‌زمان انرژی الکتریکی و گرما، انجام داده‌اند. در سال‌های اخیر نیز تولید همزمان نه تنها در صنعت، بلکه در دیگر بخش‌های کسب و کار نیز توسعه یافته‌اند. استفاده از سامانه‌های تولید همزمان انرژی الکتریکی و گرما در بسیاری از مجتمع‌های گلخانه‌ای به خصوص در کشور هلند توسعه پیدا کرده است. با توجه به مطالعات کریتن و بیلی (Critten & Bailey, 2002) استفاده از این سامانه‌ها در گلخانه‌های هلند، باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی کل شده است چرا که تمام گرمای تولید شده در گلخانه مصرف می‌شود. با وجود محاسن موجود در این سامانه‌ها از لحاظ مصرف گرمای تولید شده و فروش برق مازاد به شبکه محلی، معایبی نیز دارند که به عنوان نمونه، هزینه‌های اولیه زیاد آن است که تمایل گلخانه‌داران به نصب این سامانه در گلخانه را کم کرده است (Marefat & Ghasemzadeh, 2010).

طاهری و همکاران (Taheri *et al*., 2014)، یک سامانه میکرو تولید همزمان انرژی الکتریکی و گرما با موتور محرکه احتراق داخلی را برای تأمین بخشی از تقاضای گرمایش محیط، آب گرم و برق یک ساختمان مسکونی سه طبقه تک واحدی در اقلیم‌های مختلف بررسی کردند. برای این کار پس از ارزیابی بارهای گرما و برق ساختمان بر اساس داده‌های اقلیمی هر مکان و مشخصات ساختمان، ظرفیت بهینه موتور احتراق داخلی و بویلر کمکی در هر اقلیم تخمین زده شده است. فرضیات این تحقیق شامل فروش برق به شبکه داخلی، اختصاص اعتباری معادل ۳۰ دلار به ازای کاهش هر تن گازهای آلاینده از اجرای پروژه بوده است. نتایج این پروژه نشان داد، در صورت حمایت دولت از این سامانه‌ها و انجام تعهدها، زمان بازگشت سرمایه کمتر از چهار سال خواهد شد.

عابد و پیشوایی (Abed & Pishvaei, 2011) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تفرش، پس از پیاده‌سازی سامانه تولید همزمان انرژی الکتریکی و گرما در مقیاس کوچک، تاثیر سیاست‌های قیمت انرژی در ایران در حال حاضر و همچنین در آینده بر توسعه آن بررسی شده است. در این تحقیق از یک الگوریتم بهینه سازی برای دستیابی به کمترین هزینه از طریق تعیین اندازه و مدل محرک اولیه، استفاده شده است. این مطالعه نشان داد، با توجه به شرایط کنونی در ایران، کاربرد سامانه‌های تولید همزمان چندان به صرفه و اقتصادی نمی‌باشد.

معرفت و قاسم‌زاده (Marefat & Ghasemzadeh, 2010) طراحی سامانه تولید همزمان برق، گرما و سرما را در آب و هوای معتدل

(تهران)، سرد (اردبیل) و گرم (بندرعباس) بررسی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد، در صورتی‌که در تمام این استراتژی‌ها برای تأمین سرما، چیلر الکتریکی نیز در کنار چیلر جذبی به کار گرفته شود بهترین استراتژی برای طراحی سامانه، تولید هم‌زمان سرما، گرما و برق خواهد بود.

فرهناک لنگرودی و فرزانه‌گرد (Farahnak Langaroodi & Farzanehgard, 2011) از یک سامانه تولید هم‌زمان سرمایش، گرمایش و برق برای بهینه‌سازی فنی و اقتصادی سامانه انرژی در یک ساختمان خانگی در ناحیه خشک ایران استفاده کردند. آن‌ها برای بهینه‌سازی فنی و اقتصادی سامانه، از الگوریتم‌های مختلف به صورت ساعت به ساعت (با توجه به تغییر تقاضا)، سرمایش، گرمایش، آب‌گرم مصرفی و برق ساختمان را تأمین کردند.

زمانی‌نژاد و همکاران (Zamaninejad *et al.*, 2011)، در مطالعه‌ای مشترک بین پژوهشگاه نیرو و شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور، شاخص‌های مؤثر بر استفاده از سامانه‌های تولید هم‌زمان انرژی الکتریکی و گرما در صنایع کشور را بررسی و آن‌ها را اولویت‌بندی کرده‌اند. آن‌ها شاخص‌های مؤثر را در چهار بخش شامل شاخص‌های الگوی مصرف برق و حرارت، فنی، اقتصادی و محیط‌زیستی تعیین کرده و با بررسی و مقایسه شاخص‌های بخش‌های مختلف، استفاده از سامانه‌های تولید هم‌زمان انرژی الکتریکی و گرما در کشور را در صنایع شیمیایی با بیشترین امتیاز در اولویت اول و صنایع غذایی با کمترین امتیاز در اولویت آخر قرار داده‌اند.

مرور نتایج تحلیل اقتصادی کاربرد سامانه‌های تولید هم‌زمان انرژی الکتریکی و گرما نشان می‌دهد که با وجود ارزش خالص فعلی[1] یکسان و در حدود ۲۰ سال در بین انواع سامانه‌ها، دوره بازگشت سرمایه برای سامانه‌هایی که از توربین بخار و موتور گازی استفاده می‌کنند از همه کمتر و در حدود ۲ تا ۳ سال است (Al-Mansour & Kozuh, 2007).

همان‌گونه که بررسی منابع نشان داد یکی از راه کارهایی که امروزه سیاست‌گذاران انرژی در دنیا از آن به عنوان ابزاری مؤثر و کارآمد در مدیریت انرژی بهره می‌برند، تولید هم‌زمان انرژی الکتریکی، حرارت و برودت است. این روش بهره‌برداری از منابع انرژی باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی کل در گلخانه شده است چرا که تمام گرمای تولید شده در گلخانه مصرف می‌شود ولی با وجود محاسن آن، معایبی نیز دارند که به عنوان نمونه، هزینه‌های اولیه زیاد آن است. لذا ارزیابی‌های فنی، اقتصادی و بررسی دوره بازگشت سرمایه با توجه به شرایط اقلیمی و تنوع سامانه‌ها، قوانین موجود داخل کشور و سیاست‌های حاکم ضروری است.

مواد و روش‌ها

برای امکان‌سنجی فنی، اقتصادی و محیط‌زیستی استفاده از این سامانه در گلخانه، وضعیت بهره‌برداری فنی از این سامانه در گلخانه، نیاز گرمایشی گلخانه، مقدار ارزش خالص فعلی، زمان بازگشت سرمایه، مولفه‌های درآمدی سرمایه‌گذاری، مولفه‌های هزینه‌ای سرمایه‌گذاری، مقدار انرژی ذخیره شده، شاخص کاهش آلاینده کربن‌دی‌اکسید و تعادل آلودگی محاسبه و بررسی گردید. برای محاسبه تلفات انرژی از گلخانه، از

1- Net Present Value (NPV)

استاندارد انجمن ملی گلخانه‌سازان آمریکا[1] استفاده شد. طبق این استاندارد، مقدار انرژی لازم برای گرم نگه‌داشتن گلخانه برابر با مقدار انرژی تلف شده از گلخانه است که به نوع پوشش گلخانه، سطح بیرونی گلخانه، سرعت باد، وضعیت سازه گلخانه، دمای بیرون گلخانه و دمای مطلوب درون گلخانه بستگی دارد.

$$L = L_{cover} + L_{frame} + L_{wind} \qquad (۱)$$

که در آن،

L = تلفات کل (کیلوکالری بر ساعت)؛ L_{cover} = تلفات پوشش (کیلوکالری بر ساعت)؛ L_{frame} = تلفات سازه (کیلوکالری بر ساعت)؛ و L_{wind} = تلفات باد (کیلوکالری بر ساعت).

در ادامه انواع سامانه‌های تولید هم‌زمان انرژی الکتریکی و گرما و محاسن و معایب هر یک بررسی گردید. برای امکان‌سنجی اقتصادی، ارزش فعلی خالص با استفاده از رابطه ۲ مشخص شد. این شاخص، تفاوت بین ارزش فعلی جریانات نقدی ورودی و ارزش فعلی جریان نقدی خروجی است و برای بودجه‌بندی سرمایه، مورد استفاده قرار می‌گیرد تا احتمال سرمایه‌گذاری در یک پروژه را تحلیل کند. مثبت بودن این شاخص نشان می‌دهد که درآمدهای محاسبه شده‌ای که از پروژه یا سرمایه‌گذاری به دست می‌آید از هزینه‌های پیش‌بینی شده فراتر می‌رود و سرمایه‌گذاری با ارزش فعلی خالص منفی، منجر به زیان خالص خواهد شد. این موضوع، پایه قانون ارزش فعلی خالص است که مشخص می‌کند تنها باید در پروژه‌هایی سرمایه‌گذاری کرد که ارزش فعلی خالص مثبت دارند.

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \left[\frac{(1-b)(O_t-Q_t)+b.A_t}{(1+i)^t}\right] - I_O \qquad (۲)$$

که در آن،

NPV= ارزش خالص فعلی؛ b= نرخ مالیات؛ O_t= هزینه‌های سالانه در سال t؛ Q_t= درآمدهای سالانه در سال t؛ A_t= استهلاک در سال t؛ I_O= هزینه‌های سرمایه؛ i= نرخ واقعی بهره؛ و t= سال.

در خصوص مولفه‌های درآمدی سرمایه‌گذاری (درآمدهای ناشی از فروش برق)، استفاده از حرارت تولید شده و فروش حق انتشار آلاینده[2] محاسبه گردید. در بخش مربوط به هزینه‌ها نیز، مولفه‌های هزینه‌ای سرمایه‌گذاری شامل هزینه‌های اولیه مربوط به این سامانه در ایران شامل خرید، نصب و راه‌اندازی مولد و تأسیسات لازم برای اتصال به شبکه، هزینه ماهانه سوخت، روغن و فیلتر، هزینه نیروی انسانی مشخص شد.

افزایش بازده مصرف سوخت یکی از راه‌کارهای کاهش آلودگی کربن‌دی‌اکسید برای تولید مقدار مشخصی از انرژی است. راه‌کار دیگر استفاده مجدد از کربن‌دی‌اکسید ایجاد شده در فرایند تولید است. در این حالت کربن‌دی‌اکسید خروجی از اگزوز با عبور از مبدل‌های کاتالیستی، در محیط گلخانه استفاده می‌گردد. این مبدل‌های کاتالیستی مقدار آلودگی NO_X را در حدود ۹۰-۸۰ درصد و مقدار آلایندگی کربن‌مونوکسید را در حدود ۸۰ درصد کاهش می‌دهند (Anon, 2008).

در انتها یک واحد گلخانه تولید گل رز در منطقه دهاقان اصفهان که سامانه تولید هم‌زمان انرژی الکتریکی و گرما در آن نصب شده بود، مورد بازدید فنی قرار گرفته و نکات فنی و اقتصادی کاربرد این سامانه در این مجتمع گلخانه‌ای با نتایج

1- National Greenhouse Manufacturers Association, NGMA 2- Emission Right

به دست آمده مقایسه گردید. مساحت این گلخانه ۱۷۰۰۰ مترمربع بود که در آن گل رز شاخه بریده به روش هیدروپونیک با بسترهای متحرک تولید می‌گردید. سایر مشخصات فنی گلخانه به این صورت بود:

- سازه گلخانه گنبدی شکل[1] با عرض دهانه، ارتفاع تا زیرناودانی و تا رأس تاج به ترتیب ۹/۶، ۴/۵ و ۷/۱ متر
- دارای دو راهرو تأسیسات در طرفین گلخانه
- ضریب تهویه ۶ درصد
- پوشش سقف از نایلون سه لایه اکسترود با ۱۲ درصد ضد اشعه ماوراء بنفش
- پوشش دیواره‌ها از پلی‌کربنات دو جداره با ضخامت ۸ میلی‌متر
- دارای سامانه سایبان و حفظ انرژی حرارتی متحرک
- دارای توری‌های ضدحشره، فن‌های سیرکوله و سامانه مه‌پاش
- مجهز به سامانه حرارتی کمکی از نوع آب گرم (یک عدد بویلر اضطراری به ظرفیت یک میلیون کیلوکالری)
- سامانه برودتی چیلر جذبی
- سامانه آبیاری و تغذیه هوشمند با سیکل بسته
- سامانه کنترل اقلیم گلخانه

نتایج و بحث

نتایج بررسی فنی

نتایج بررسی انواع موتور محرک سامانه تولید هم‌زمان انرژی الکتریکی و گرما و محاسن و معایب هر یک نشان داد که موتورهای محرک موجود در دنیا در سه دسته کلی زیر در دسترس هستند:

الف) انواع توربین گازی، توربین بخار و یا میکروتوربین

ب) انواع موتورهای احتراقی رفت و برگشتی در هر دو نوع جرقه‌ای[2] و تراکمی[3]

ج) موتورهای استرلینگ

معایب و محاسن هر یک از این موتورها در جدول ۴ ذکر شده است. با توجه به محاسنی مانند قابلیت کارکرد موتورهای گازسوز با فشار گاز شهری، عدم نیاز به کاهنده فشار، توانایی کارکرد با دور پایین، استهلاک کم، طول عمر زیاد، دوره بازگشت سرمایه کمتر و قیمت مناسب گاز در مقایسه با سایر منابع سوخت‌های فسیلی در کشور، رغبت بیشتری به خرید و نصب نیروگاه‌های کوچک مقیاس گازی دیده شد. در این نوع سامانه، از یک موتور گازسوز، ژنراتور تولید برق، سامانه خنک‌کننده موتور و مبدل حرارتی دود دستگاه استفاده می‌شود.

همچنین در این سامانه‌ها سعی شده است تا از خروجی‌های موتور گازسوز حداکثر استفاده شود تا راندمان کل سامانه افزایش یابد. لذا در بین نیروگاه‌های مقیاس کوچک، موتورهای گازسوز از سایر موارد صرفه اقتصادی بیشتر و راندمان بهتری دارند.

در این پروژه نیز از یک موتور گازسوز با راندمان مکانیکی ۴۶ درصد استفاده شده بود که در مشخصات فنی آن، راندمان ۸۰ درصد، قابلیت کارکرد با دورهای ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ دور در دقیقه و عمر مفید ۱۵ سال ذکر شده است. این موتورها معمولاً می‌توانند تا ۸۰۰۰ ساعت در سال بدون وقفه فعالیت کنند. توان هر یک از دو سامانه تولید هم‌زمان انرژی الکتریکی و گرما نصب شده در گلخانه، در حدود ۱/۴ مگاوات است.

1- Gothic
2- Spark Ignition (SI)
3- Compression Ignition (CI)

جدول ٤- محاسن و معایب انواع موتورهای محرک سامانه‌های تولید همزمان انرژی الکتریکی و گرما

Table 4- The advantages and disadvantages of different types of drive motors in CHP systems

نوع موتور محرک Types of drive motors	محاسن advantages	معایب disadvantages	اندازه‌های در دسترس Available sizes
توربین گازی Gas turbine	- اعتماد پذیری بالا - آلودگی کم - وجود حرارت با کیفیت بالا - نیاز نداشتن به سرد کردن	- نیاز به گاز دارای فشار بالا یا استفاده از کمپرسور گازی - بازده پایین در بارگذاری‌های کم -کاهش بازده با افزایش دمای محیط	۵۰۰ کیلووات تا ۲۵۰ مگاوات
توربین بخار Steam turbine	-بازده کلی بالا - قابلیت استفاده از هر نوع سوخت - توانایی فراهم‌کردن حرارت برای بیش از یک سایت -طول عمر زیاد - قابلیت اطمینان بالا -قابلیت تغییر نسبت قدرت به حرارت	-راه‌اندازی کند - نسبت قدرت به حرارت کم	۲۵۰ کیلووات تا ۲۵۰ مگاوات
میکروتوربین Micro turbine	-کم بودن تعداد قسمت‌های متحرک - اندازه کوچک و وزن کم - آلودگی کم -نیاز به سرد کردن ندارد	-هزینه بالا - بازده مکانیکی نسبتا پایین - محدود به کاربردهای تولید همزمان با دمای پایین	۳۰ کیلووات تا ۲۵۰ کیلووات
موتورهای احتراقی رفت و برگشتی Combustion engines	-بازده قدرت بالا با انعطاف‌پذیری در حالت نیمه بار کارکردن -راه اندازی سریع -هزینه سرمایه‌گذاری نسبتا پایین --بدون نیاز به تخصص برای اورهال کردن سامانه -کارکردن با گاز فشار پایین	- هزینه نگهداری بالا -محدود به کاربردهای تولید همزمان با دمای پایین -آلودگی هوای نسبتا بالا -حتما باید سرد شوند - دارای سروصدای بالا	۴ مگاوات تا ۷۵ مگاوات در سرعت‌های چرخش پایین و کمتر از ۴ مگاوات در سرعت چرخش بالا
موتور استرلینگ Stirling engine	-صدای کم و کارکردن بدون لرزش - هزینه نگهداری کم و قابلیت اعتمادپذیری بالا - تقریبا قسمت‌های متحرک کمی دارد و از لحاظ مکانیکی ساده است. - قابلیت استفاده از سوخت‌های گوناگون حتی انرژی خورشیدی - طول عمر طولانی	-هزینه بالا - بازده کم	کمتر از ۱ کیلووات تا ۱۵۰ کیلووات

نتایج این تحقیق نشان داد که با وجود این‌که نصب سامانه‌های تولید همزمان انرژی الکتریکی و گرما در کنار گلخانه محاسن زیر را دارد، ولی با توجه به ابعاد بزرگ این موتورها، نصب، راه‌اندازی، انجام سرویس دوره‌ای و تعمیرات آن نیاز به تخصص دارد که نبود این خدمت در محل نصب گلخانه مذکور باعث از مدار خارج شدن آن در زمان خرابی برای مدت طولانی و بالا بودن هزینه‌های خدمات آن گردیده بود.

- محاسن ایجاد شده در اثر استفاده از این سامانه در کنار گلخانه عبارتند از:

- نزدیکی به مصرف‌کننده‌ها در نتیجه حذف تلفات انتقال و کاهش تلفات توزیع

- کاهش پرباری روی شبکه‌های انتقال نیرو در محل احداث گلخانه

- عدم نیاز به ایجاد خطوط جدید انتقال و توزیع برق در کنار گلخانه و در نتیجه نیاز به سرمایه‌گذاری کمتر

- افـزایش امنیـت شـبکه توزیـع بـرق از لحـاظ پدافنـد غیرعامل به دلیل تمرکززدایی از واحدهای نیروگاهی
- فـراهم شـدن شـرایط لازم بـرای اسـتفاده هم‌زمـان از گرما، برق و کربن‌دی‌اکسید تولید شده توسط سامانه
- کـاهش انتشـار گازهـای آلاینـده محـیط‌زیسـتی بـه دلیل استفاده از کاتالیست در خروجی اگزوز
- افزایش تولید بـرق در منطقـه بـا سـرمایه‌گـذاری کمتـر نسبت به احداث نیروگاه جدید
- امکـان اسـتفاده از حمایـت‌هـا و تسـهیلات تشـویقی دولتی مانند خرید بـرق بـا قـرارداد تضـمینی، سـوخت بـا قیمـت مناسـب‌تـر، پـیش پرداخـت بـرای خریـد بـرق تولیـدی در سـه مـاه آینـده و احتسـاب پرداخـت‌هـا در طبقه دیون ممتاز

نتایج بررسی مسائل محیط‌زیستی

اسـتفاده از حـرارت مولـد در فرآینـدهای تولیـد محصـول یـا کـاهش مصـرف سـوخت صـورت مـی‌گیـرد. حـرارت حاصـل از احتـراق موتـور در ایـن سـامانه، سـه سیکل مختلف را طی می‌کند:

۱- سـامانه خنـک‌کننـده موتـور کـه آب بـا دمـای ۹۸ درجـه سلسـیوس در موتـور را بـه وسـیله مبـدل حرارتـی به دمای ۴۳ درجـه سلسـیوس کـاهش مـی‌دهـد. دمـای اولیه آبـی کـه در رادیاتورهـا جـاری مـی‌گـردد ۳۵ درجـه سلسـیوس اسـت کـه پـس از جـذب گرمـای آب موتـور، به دمای ۵۸ درجـه سلسـیوس مـی‌رسـد. در یـک سـیکل دیگـر، آب ۳۵ درجـه سلسـیوس، گرمـای روغـن موتـور را در مبـدل حرارتـی دیگـری جـذب کـرده و دمـای روغن موتور را ده درجه سلسیوس کاهش می‌دهد.

۲- بخـش عمـده حـرارت، ناشـی از دود خروجـی اگـزوز موتور می‌باشـد کـه دمـایی معـادل ۴۱۰ درجـه سلسـیوس دارد. دود اگـزوز بـه داخـل مبـدل‌هـای حرارتـی هـدایت می‌شود تا دمـای خـود را بـه آبـی کـه در آن جریـان دارد منتقـل کنـد. در ایـن مرحلـه دمـای دود بـه ۹۸ درجـه سلسـیوس کـاهش یافتـه و در مرحلـه دوم کـه از مبـدل دیگـری عبـور داده مـی‌شـود دمـای دود بـه ۵۰ درجـه کـاهش مـی‌یابـد. آب داغ سـامانه خنـک کننـده کـه دمـایی در حـدود ۸۰ درجـه سلسـیوس دارد، در مخزنی عـایق ذخیـره و مجـدداً درسـیکل مـذکور هـدایت می‌شود.

۳- سـامانه تولیـد هم‌زمـان انـرژی الکتریکـی و گرمـا بـه کـار رفتـه در گلخانـه، ظرفیـت تولیـد ۶۰ میلیـون کیلوکـالری انـرژی حرارتـی در شـبانه‌روز را دارد. کـربن‌دی‌اکسـید تصـفیه شـده نیـز بـا انـدکی ناخالصـی نیتـروژن، باعـث صـرفه‌جویی در هزینـه‌هـای تـأمین کـربن‌دی‌اکسـید گلخانـه مـی‌گـردد. در ایـن سـامانه، ۲۰ تـن کـربن‌دی‌اکسـید در روز تولیـد مـی‌شـود کـه بـرای تأمین کـربن‌دی‌اکسـید بـا غلظـت ۱۰۰۰ پـی‌پـی‌ام بـرای ۱۰ هکتـار گلخانـه کـافی اسـت. ایـن مقـدار معـادل صـرفه‌جویی در مصـرف ۲۶۰۰۰۰۰ مترمکعـب گـاز طبیعی بـرای تولیـد چنـین حجمـی گـاز دی‌اکسـیدکربن است.

۴- محصـول دیگـر تصـفیه دود اگـزوز، آب اسـت کـه طبـق مشخصـات فنـی ارائـه شـده توسـط سـازنده، بـه ازای هـر مگـاوات تـوان مولـد،۸۰۰۰ لیتـر آب در روز تولیـد مـی‌گـردد کـه در منـاطقی کـه منبـع آب کـافی ندارنـد، مـی‌تـوان بـه عنـوان تـأمین بخشـی از آب مـورد نیاز گلخانه استفاده کرد.

نتایج بررسی اقتصادی

نتایج محاسبات نیـاز گرمایشـی گلخانـه بـا توجـه بـه شـرایط اقلیمـی محـل نصـب و مشخصـات فنـی ذکـر شـده بـرای گلخانـه، معـادل ۳۲۰۰ مگاکـالری بـر سـاعت بـرآورد شـد. بـدین منظـور هـر یـک از دو سـامانه تولیـد هم‌زمـان انـرژی الکتریکـی و گرمـا نصـب شـده در گلخانـه، قـادر هسـتند انـرژی حرارتـی معـادل ۱۳۰۰ مگاکـالری بـر سـاعت ایجـاد کـرده کـه در کـل ۲۶۰۰

مگاکالری بر ساعت انرژی حرارتی ایجاد می‌کند. با توجه به این که این مولدها دائم کار هستند در طول روز نیز آب گرم تولیدی در مخزن ذخیره شده و در هنگام شب، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در ادامه مولفه‌های درآمدی و هزینه‌ای سرمایه‌گذاری در احداث نیروگاه‌های کوچک بر اساس قیمت‌های سال ۱۳۹۷ ارایه شده‌اند:

الف- درآمدها

فروش برق به شبکه: انرژی الکتریکی تولیدی مولدها بسته به راندمان کاری بین ۹۰۰ تا ۱۱۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت از طرف دولت خریداری می‌گردد. با توجه به قرارداد منعقد شده با وزارت نیرو برای خرید تضمینی برق به مدت پنج سال، حدود ۲۲۴۰۰ مگاوات ساعت در سال برق به شبکه برق منطقه‌ای فروخته می‌شود که با احتساب هر کیلووات ساعت ۱۱۰۰ ریال، در کل درآمد ناشی از آن ۲۴۶۴۰ میلیون ریال منظور گردید. در صورت عدم حمایت دولت در خرید تضمینی برق، درآمدی در این بخش منظور نشده است.

استفاده از حرارت مولد در فرآیندهای تولید محصول یا کاهش مصرف سوخت صورت می‌گیرد. سامانه به کار رفته در گلخانه، ظرفیت تولید ۶۰ میلیون کیلوکالری انرژی حرارتی در شبانه‌روز را دارد. این مقدار معادل ۹۵۰ میلیون ریال هزینه‌های گرمایش با سامانه بویلر است که به عنوان درآمد در نظر گرفته شد.

درآمد استفاده از کربن‌دی‌اکسید: در این سامانه، ۲۰ تن کربن‌دی‌اکسید در روز تولید می‌شود که برای تأمین نیاز ۱۰ هکتار گلخانه با غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام کافی است. این مقدار معادل صرفه‌جویی در مصرف ۲۶۰۰۰۰۰ مترمکعب گاز طبیعی برای تولید چنین حجمی گاز کربن‌دی‌اکسید است و مبلغ آن معادل ۱۸۰۰ میلیون ریال در سال منظور شد.

درآمد ناشی از تبرید: با توجه به این‌که در این سامانه ۲۰۰ تن تبرید در ساعت صورت می‌گیرد که هزینه‌های جاری آن معادل هزینه‌های آب و برق سامانه خنک‌کننده تبخیری در گلخانه است. لذا در این بند درآمدی منظور نشد.

ب: هزینه‌ها

هزینه‌های اولیه مربوط به خرید، نصب و راه‌اندازی مولد و تأسیسات لازم برای اتصال به شبکه برای این مولد استوک در حدود یک میلیارد تومان بوده است. هزینه‌های جاری سامانه نیز با فرض افزایش سالانه حدود ۲۰ درصد به صورت زیر است:

هزینه گاز: ۷۰۰ متر مکعب گاز در ساعت که با توجه به ۸۰۰۰ ساعت کارکرد این موتورها در سال، معادل ۵۶۰۰۰۰۰ متر مکعب گاز در سال خواهد بود. در حالتی‌که قرارداد سه جانبه با وزارت نیرو منعقد شده باشد هزینه‌ای دریافت نخواهد شد ولی در حالتی‌که حمایتی از طرف وزارت نیرو نباشد به ازای هر مترمکعب ۱۰۰۰ ریال، در حدود ۵۶۰۰ میلیون ریال هزینه خواهد داشت.

هزینه روغن و فیلتر: حدود ۵۰ میلیون ریال

هزینه نیروی انسانی: حدود ۱۰۰ میلیون ریال

برآورد اقتصادی نصب سامانه‌های کوچک مقیاس در کنار گلخانه در بدترین حالت مربوط به وضعیتی است که برق مازاد تولیدی سامانه به رایگان به شبکه تزریق شود و حمایتی بابت مصرف گاز هم انجام نگیرد. در این حالت با وجود مزیت فنی در استفاده از این سامانه، هیچ مزیت اقتصادی برای استفاده از این سامانه در گلخانه وجود ندارد. در شرایطی که بتوان برق

مـازاد سـامانه نصـب شـده در کنـار گلخانـه را بـا قیمتـی مازاد بـر قیمـت بـرق شـبکه سراسـری فروخـت و هزینـه گـاز هـم توسـط دولـت پرداخـت گـردد، کـاربرد آن کـاملا مقـرون بـه صـرفه خواهـد بـود. ایـن موضـوع نقـش سیاسـت‌ها و تسـهیلات تشـویقی دولـت را در اقتصـادی شـدن ایـن پـروژه‌هـا بـه وضـوح نشـان مـی‌دهـد. در مجمـوع، ارزیـابی اقتصـادی کـاربرد سـامانه در گلخانـه مجهـز بـه سـامانه تولیـد هم‌زمـان انـرژی الکتریکـی و گرمـا، نشـان داد اسـتفاده از ایـن سـامانه در صـورت داشـتن حمایـت‌هـای دولتـی، اقتصادی اسـت. ادامـه بررسـی اقتصـادی اسـتفاده از ایـن سـامانه‌هـا نشـان داد، حمایت‌هـای دولـت در تـأمین رایگان سوخت و خریـد تضـمینی بـرق، بـه همـراه امکـان کسـب درآمـد از حـرارت مولـدها، از مهـم‌تـرین مزیـت‌هـای سـرمایه‌گـذاری در حـوزه تولیـد انـرژی به شمار می‌آیند.

جدول ۵- تحلیل اقتصادی ورودی و خروجی‌های پروژه

Table 5- Economic analysis of inputs and outputs in the project

حالت دوم بدون حمایت‌های دولتی (میلیون ریال) Second senario: without Financial support(million Rials)	حالت اول عقد قرارداد خرید تضمینی برق (میلیون ریال) First senario: with Financial support (million Rials)	موضوع Topic
10000	10000	هزینه سرمایه‌گذاری اولیه Initial investment costs
5600	0	هزینه‌های جاری سامانه Current costs of the system
50	50	هزینه روغن و فیلتر Oil and filters costs
100	100	هزینه نیروی انسانی Labor costs
0	24640	درآمد فروش برق Income of Selling electricity
950	950	درآمد ناشی از حرارت مولد Income of selling generating heat
1800	1800	درآمد ناشی از استفاده کربن‌دی‌اکسید Income of selling CO_2
0	0	درآمد ناشی از تبرید Income of selling generating cool
-168069	116359	ارزش خالص فعلی Net present value (NPV)

نتیجه‌گیری

بررسـی فنـی، اقتصـادی و زیسـت محیطـی اسـتفاده از این سـامانه‌هـا در تولیـدات گلخانـه‌ای نشـان داد کـه از لحـاظ فنـی، موتورهـای گازسـوز نسـبت بـه سـایر مـوارد صرفه اقتصـادی بیشـتر و رانـدمان بهتـری دارنـد ولـی بـا توجـه بـه ابعـاد بـزرگ ایـن موتورهـا، نصـب، راه‌انـدازی، انجـام سـرویس دوره‌ای و تعمیـرات آن نیـاز بـه تخصـص دارد کـه نبـود آن در محـل نصـب گلخانـه باعـث خواهـد

شد در زمان خرابی، نیاز به زمان و هزینه زیادی برای تعمیرات داشته باشد. از لحاظ زیست‌محیطی با توجه به استفاده از حرارت مولد در فرآیندهای تولید محصول، کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی را به دنبال خواهد داشت. همچنین تصفیه گازهای خروجی سامانه به منظور استفاده مجدد در گلخانه، در کاهش آلودگی‌های زیست محیطی بسیار مؤثر خواهد بود. ولی بررسی‌های اقتصادی سامانه و تحلیل درآمدهای ناشی از فروش برق به شبکه، درآمد استفاده از کربن‌دی‌اکسید، درآمد ناشی از تبرید و غیره. در کنار هزینه‌های اولیه مربوط به خرید، نصب و راه‌اندازی مولد و تأسیسات لازم برای اتصال به شبکه، هزینه‌های گاز، روغن، فیلتر و نیروی انسانی نشان داد که در بدترین حالت (وضعیتی که برق مازاد تولیدی سامانه به رایگان به شبکه تزریق شود و حمایتی بابت مصرف گاز هم انجام نگیرد) هیچ مزیت اقتصادی برای استفاده از این سامانه در گلخانه وجود ندارد و در مقابل در شرایطی که بتوان برق مازاد سامانه را با قیمتی مازاد بر قیمت برق شبکه سراسری فروخت و هزینه گاز هم توسط دولت پرداخت گردد، کاربرد آن کاملاً مقرون به صرفه خواهد بود. لذا در مجموع با توجه به هزینه‌های بالای اجرای این پروژه در کنار گلخانه‌ها، گران بودن تعمیرات و سرویس‌های دوره‌ای این سامانه‌ها، کمبود نیروی متخصص آشنا با سامانه‌ها، عدم ثبات در قوانین تشویقی دولت در حمایت از این سامانه‌ها پیشنهاد می‌گردد با انجام مطالعات مکانیابی، محل احداث گلخانه به درستی انتخاب گردد تا ضرورت استفاده از این سامانه‌ها در کنار گلخانه به حداقل برسد. از طرف دیگر در صورت تاکید بر توسعه این فناوری در کشور، سیاست‌های تشویقی و حمایتی دولت لازم‌الاجراء شود.

مراجع

Abed, M., & Pishvaei, M. (2011). Optimization of capacity and model of CHP systems for home scale (M. Sc. Thesis), Tafresh University, Tafresh. Iran. (in Persian)

Al-Mansour, F., & M., Kozuh. (2007). Risk analysis for CHP decision making within the conditions of an open electricity market. *Energy, 32*, 1905-1916.

Anon. (2001). The European educational tool on cogeneration consulted on 03.02.09. Available at: http://www.esco.co.ua.

Anon (2008). Directive on promoting the deployment of small scale generators. Ministry of Energy. Deputy of Energy and Electricity. Available at: http://pep.moe.gov.ir. (in Persian)

Anon. (2016). Iran energy outlook. Ministry of Energy. Deputy of Energy and Electricity. Available at: http://pep.moe.gov.ir. (in Persian)

Anon. (2017). Agricultural statistics of Iran. Available at: https://amar.maj.ir. (in Persian)

Critten, D. L., & Bailey, B. (2002). A review of greenhouse engineering developments during the 1990s. *Agricultural and Forest Meterology, 122*, 1-22.

Farahnak Langaroodi, M., & Farzanehgard, M. (2011). Dynamic analysis and economic evaluation of the use of CCHP production systems with natural gas (M. Sc. Thesis), Shahrood University, Shahrood, Iran. (in Persian)

Marefat, M., & Ghasemzadeh, H. (2010). Design of the system of electric and heat generation simultaneously by using an internal combustion engine for residential houses in temperate climates (M. Sc. Thesis), Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. (in Persian)

Momeni, D. (2010). Effects of using heating and cooling systems on quantitative and qualitative characteristics of cucumber in Jiroft and Kahnooj greenhouses. *Research Report*. Agricultural Engineering Research Institute, NO. 89190. (in Persian)

Momeni, D. (2017). Technical and economic analysis of energy consumption of cucumber production in traditional and modern greenhouses in Varamin region. *Research Report*. Agricultural Engineering Research Institute, NO. 52837. (in Persian)

Taheri, T., Shafii, M. B., & Sattari, S. (2014). Technical, financial and environmental feasibility study of reciprocating engine-driven CHP systems for residential applications in various climates of IRAN. *Iranian Journal of Energy, 17*(2), 1-16. (in Persian)

Zamaninejad, M., Mokarizadeh, V., Salimiyan, Z., & Shakery, O. (2011). *Determination of effective Indicators on use of CHP systems in Iran's industries. 25th International Power System Conference*. Nov. 8. Tehran, Iran. (in Persian)

Agricultural Mechanization and Systems Research/Vol.22/No.77/Spring2021/P:35-50

Research Paper

Technical, Economic and Environmental Assessments of Utilization of Combined Heat and Power Generation Systems in Iranian Greenhouse Cultures

D. Momeni*, Gh. Zarei and J. Javadimoghadam

*Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Isfahan Agricultural and Resource Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran. Email: momenidavood@yahoo.com
Received: 19 June 2019, Accepted: 4 December 2019

Abstract

Greenhouse cultures are energy-related economic activities in agricultural sector. Due to the problems arise in the production, transmission and distribution systems of electricity in conventional systems, the development of CHP systems were so attractive in recent years. In this research, after determining of advantages and disadvantage of CHP systems for using in greenhouse, the technical, economical and environmental assessments of these systems were evaluated and the role of government policies and its supports were investigated. For technical, economical and environmental feasibilities of using these systems in greenhouse, the technical use of the system in the greenhouse, the amount of net present value (NPV), investment income components, cost components of capital, the amount of saved energy and carbon dioxide emissions were calculated. The results showed that in case of occurrence of problems, the system may face being out of order due to insufficient number of technical personnels for installation, maintenance and repairs of the system. Economically, it can be feasible to use government-sponsored purchase of electricity and to use free-tariff gas. This reflects the role of government policies and facilities in the economic development of these projects.

Keywords: CHP System, Electricity, Heating

© 2021 Agricultural Mehanization and Systems Research, Karaj, Iran.

This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license)