فصلنامه اقتصاد و برنامه ریزی شهری

سایت نشریه: http://eghtesadeshahr.tehran.ir/

مقاله پژوهشی

ارزیابی فنی و اقتصادی تولید انرژی زیستی در سکونتگاه‌های فاقد شبکهٔ گازرسانی در حاشیهٔ شهر کرمانشاه

سپیده عابدی[1*]، نگار اصل فلاح[2]، مهتاب اسفندیاری[2]، سپیده غیور نجف‌آبادی[2]، زهرا عباسی[2]

[1] استادیار، دانشکدهٔ مهندسی مکانیک و انرژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

[2] دانشجوی مهندسی انرژی، دانشکدهٔ مهندسی مکانیک و انرژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۶

تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۸/۰۲

کلمات کلیدی:

انرژی زیستی

بیوگاز

فضولات دامی

کرمانشاه

هزینه-فایده

چکیده:

افزایش تقاضای انرژی و محدودیت ذخایر فسیلی، برنامه‌ریزان را به سوی بهره‌مندی از منابع تجدیدپذیر سوق داده است. این مهم به‌ویژه در تأمین تقاضا برای سکونتگاه‌های حاشیهٔ شهر فاقد شبکهٔ انتقال نیرو و گازرسانی اهمیت زیادی دارد. در این مطالعه، با تکیه بر ظرفیت‌های زیستی استان کرمانشاه، ضمن بررسی امکان تولید بیوگاز از فضولات دامی در حاشیهٔ شهر کرمانشاه برای پوشش تقاضای انرژی، ارزیابی اقتصادی به روش تحلیل هزینه- فایده انجام گرفته است. نتایج حاصل از امکان‌سنجی تولید بیوگاز در منطقهٔ مطالعاتی نشان داد هضم بی‌هوازی سالانه درمجموع ۲/۸۳ هزار تن فضولات دامی، ظرفیتی معادل تولید سالانه ۱۱۳۷۴۴/۰۵ m^3 بیوگاز را فراهم می‌سازد که می‌تواند ضمن تأمین تقاضای گاز، مازاد آن برای تولید سالانهٔ معادل ۴۶/۶۷ MWh برق استفاده شود. همچنین، نتایج حاصل ارزیابی اقتصادی احداث سامانهٔ هاضم بی‌هوازی نشان داد، هزینه‌های ثابت و متغیر در سال پایه به‌ترتیب معادل ۱۰۲۶۲/۹۷ و ۱۳۳۷/۵۳ میلیون ریال و منافع سالانه حاصل از فروش بیوگاز، کود کمپوست و منافع ناشی از فروش برق تضمینی در سال پایه، به‌ترتیب برابر ۸۴/۲۹، ۲۹۷۴/۰۲ و ۳۴۳/۰۵ میلیون ریال، معادل درمجموع ۳۴۰۱/۳۶ میلیون ریال خواهد بود. بنابراین، در صورت احداث هاضم بی‌هوازی به همراه تولید برق از بیوگاز مازاد تولیدی، ارزش حال خالص مثبت و معادل ۴۴۸۱/۳۲ میلیون ریال خواهد بود. همچنین، نسبت فایده به هزینهٔ معادل ۱/۲۷ و میزان بازدهی داخلی معادل ۳۷ درصد است که توجیه‌پذیری و سودآوری طرح را نشان می‌دهد.

DOI: 10.22034/UE.2021.02.03.04

مقدمه

رشد جمعیت و افزایش تقاضای انرژی از یک سو موجب تهدید ذخایر باقی‌ماندهٔ سوخت‌های فسیلی برای نسل‌های آتی و از سوی دیگر، افزایش مخاطرات محیط زیستی شده است. از این‌رو، بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر در دنیا مورد توجه و اقبال ویژه‌ای قرار گرفته است. در میان منابع جایگزین، استفاده از انرژی زیستی به دلیل کاربرد مواد آلی دورریز به عنوان یکی از گزینه‌های با صرفهٔ اقتصادی مطرح است. منابع متنوعی مانند لجن و فاضلاب، بقایای گیاهی انرژی‌زا، فضولات دامی، زایدات کشاورزی، زباله‌های شهری و پسماندهای غذایی می‌توانند به روش هضم بی‌هوازی برای تولید بیوگاز مورد بهره‌برداری قرار گیرند (کابایی[1] و همکاران، ۲۰۱۳؛ آجیبولا[2] و همکاران، ۲۰۱۳؛ موکومبا[3] و همکاران، ۲۰۱۶). هضم بی‌هوازی طی سه واکنش بیوشیمیایی اصلی شامل تخمیر هیدرولیز (تبدیل ترکیبات آلی پیچیده را به مواد آلی ساده توسط باکتری‌های هیدرولیزکننده)، اسیدسازی (تبدیل مونومرها

نویسنده مسئول:

ایمیل: s_abedi@sbu.ac.ir

1 Cabbai
2 Ajibola
3 Mukumba

به اسید استیک و هیدروژن توسط باکتری‌های اسیدی) و متان‌سازی (تبدیل محصول دو مرحله قبل به متان توسط متان‌سازها) انجام می‌گیرد (گونگ[4] و همکاران، ۲۰۱۹؛ آنوکام[5] و همکاران، ۲۰۱۹). مطالعات متعددی روی بررسی عوامل مؤثر بر هضم بی‌هوازی و شیوهٔ تأثیر بر میزان بیوگاز تولیدی انجام شده است (عابدی و همکاران، ۱۳۹۹). بیوگاز دارای ارزش حرارتی معادل ۷۰ درصد ارزش حرارتی گاز طبیعی است که می‌تواند در بخش خانگی و یا صنعتی استفاده شود. تولید بیوگاز از فضولات دامی راهکار ویژه‌ای برای تأمین انرژی مناطق دورافتاده‌ای است که دارای فعالیت‌های گستردهٔ دامی هستند (وسویکار و داهان[6]، ۲۰۰۶). تولید بیوگاز و ذخیره‌سازی آن ضمن تأمین تقاضای گاز مناطق دورافتاده و صعب‌العبور، باعث ایجاد اشتغال، عدم مهاجرت روستاییان به شهر، رونق کشاورزی و دامپروری، کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، حفظ منابع طبیعی و کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود (مرادی و همکاران، ۱۳۹۷). در ایران طی ۶۳ سال گذشته تقریباً ۹۹ درصد مناطق شهری و ۸۳ درصد مناطق روستایی و در کل، ۹۳ درصد از کل جمعیت کشور (به‌جز استان‌های سیستان و بلوچستان و هرمزگان) تحت پوشش مستقیم گازرسانی قرار گرفته‌اند. با این‌حال، همچنان در برخی سکونتگاه‌های حاشیهٔ شهرها محرومیت دسترسی به منابع انرژی وجود دارد. این در حالی است که در این مناطق به علت تمرکز کشاورزی و دامپروری و تجمع بقایای ارزشمند آلی، ظرفیت قابل توجهی برای تولید بیوگاز وجود دارد. این مهم علاوه بر کمک به تسریع روند بهره‌مندی از گاز در روستاهای دورافتاده و محروم، زمینهٔ مدیریت بهینهٔ ضایعات و فضولات دامی را فراهم می‌آورد. بر اساس مطالعات انجام‌گرفته، با توجه به پراکندگی منابع دامی، به منظور به حداقل رساندن هزینه‌های ناشی از نقل و انتقال مواد اولیه و سوخت تولیدی، بررسی ظرفیت تولید بیوگاز باید برای یک روستای خاص یا درنهایت، برای یک منطقه با روستاهای نزدیک به هم انجام گیرد. از این‌رو، در این مطالعه، امکان‌سنجی ظرفیت تولید بیوگاز در سکونتگاه خارج از شبکهٔ گازرسانی در حاشیهٔ کلان‌شهر کرمانشاه متمرکز شده است. بر این اساس، ضمن بررسی ظرفیت‌های موجود برای تولید انرژی زیستی و امکان تأمین تقاضای گاز خانوارهای ساکن در منطقه، ارزیابی اقتصادی تولید بیوگاز از فضولات دامی، با لحاظ منافع جانبی به روش هزینه- فایده تحلیل و ارزیابی شده است.

پیشینهٔ تحقیق

مطالعات پیشین در خصوص فناوری بیوگاز با رویکرد تأمین انرژی در محل مصرف و کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل، دارای قابلیت اجرایی بوده است (فلاح‌نژاد تفتی و همکاران، ۱۳۹۵). در این راستا، مطالعات امکان‌سنجی در شهرهای مختلف انجام شده است. پتانسیل تولید سالانهٔ بیوگاز از فضولات دامی قابل جمع‌آوری به ازای هر خانوار متوسط ۴ نفره، در مناطق روستایی شهرستان ایوان غرب در استان ایلام، ۹۳۴۳/۴۴ مترمکعب، معادل ۳۵۵۰۵/۰۷ کیلووات ساعت انرژی محاسبه شده است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین، پتانسیل تولید بیوگاز از دو گروه دامی گاو شیری و طیور در سطح استان خراسان رضوی برابر ۹۴/۱۹۸ میلیون مترمکعب، معادل انرژی ۲۰۳۵ تراژول ارزیابی شده است. این مقدار بیوگاز، قابلیت تأمین حدود ۱۳ درصد از کل گاز مصرفی در بخش کشاورزی کشور را دارد و از انتشار ۸۲/۳۵ کیلوتن معادل CO_2 به جو زمین جلوگیری می‌کند (شفیعی و همکاران، ۱۳۹۲). در استان کردستان نیز مدلی برای ارزیابی پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی و پسماندهای روستایی و تعیین نقاط مستعد برای احداث واحدهای بیوگاز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی ارائه شده است که نشان می‌دهد روستاهای این استان دارای ظرفیت تولید سالانه ۱۱۷/۲۷۲ میلیون مترمکعب بیوگاز است (زارعی و ملکی، ۱۳۹۶). مطالعهٔ دیگر در استان گیلان نیز نشان می‌دهد فناوری بیوگاز با اصلاح الگوی مصرف و استانداردسازی ساختمان‌ها می‌تواند موجب صرفه‌جویی ۱۷ تا ۳۹/۴ درصد در میزان مصرف انرژی خانواده‌های روستایی شود (عادلی گیلانی و همکاران، ۱۳۹۳). در استان خوزستان نیز از کلش ذرت در ترکیب با کود دامی (کود گاومیش) برای تولید بیوگاز استفاده شده است که در صورت استفاده از آن در مقیاس صنعتی، علاوه بر منافع تولید بیوگاز، از نظر اقتصادی نیز باصرفه خواهد بود (محمدی مجد و خدابخشی‌پور، ۱۳۹۸). همچنین، با توجه به خشکسالی‌های دههٔ اخیر در جنوب کشور و منطقهٔ سیستان، درآمد روستاییان از کشاورزی و دامداری به‌شدت کاهش یافته است (پاریاب و قیاسی، ۱۳۹۴). بنابراین، از آنجا که سرمایه‌گذاری‌های گسترده و توسعهٔ صنایع بزرگ در روستاها با موانع و مشکلات زیادی همراه است، توسعهٔ صنعت تولید بیوگاز در این سکونتگاه‌ها به همراه تولید انرژی پاک و کسب منافع جانبی آن می‌تواند راهکاری برای کارآفرینی و ایجاد اشتغال، درآمدزایی و رونق این مناطق باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه به منظور پوشش تقاضای گاز در منطقه خارج از شبکهٔ گازرسانی، ابتدا پتانسیل تولید سوخت جایگزین بررسی و سپس، ارزیابی اقتصادی استحصال انرژی انجام گرفته است. به این‌ترتیب، در گام نخست با برداشت اطلاعات از وضعیت موجود، تعداد دام و میزان فضولات قابل جمع‌آوری از سطح منطقهٔ مطالعه‌شده، ظرفیت تولید بیوگاز برآورد شده است. سپس، با لحاظ ظرفیت تولید، هزینه‌های ثابت و متغیر برای راه‌اندازی سامانهٔ هضم بی‌هوازی برای تولید بیوگاز و برق و همچنین، منافع حاصل از آن طی سال‌های بهره‌برداری برآورد شده است. در نهایت، با استفاده از روش تحلیل هزینه- فایده، ارزیابی اقتصادی تولید بیوگاز و انرژی زیستی برای پوشش تقاضای گاز منطقه انجام گرفته است.

ارزیابی ظرفیت تولید بیوگاز از فضولات دامی

اطلاعات مربوط با تعداد دام در منطقهٔ مطالعه‌شده بر اساس مطالعات میدانی و با مصاحبه جمع‌آوری شد. حجم فضولات سالانه هر رأس

4 Gong
5 Anukam
6 Vesvikar and Dahhan

گوسفند و بره ۱/۴۴ تن، هر رأس بز و بزغاله ۰/۹۴۵ تن، هر رأس گاو و گوسالهٔ اصیل و بومی به‌ترتیب ۲۰/۲۵ و ۹ تن در سال است. با توجه به اینکه کل فضولات تولیدی، قابل جمع‌آوری نیست، ضرایب استحصال فضولات دامی برای گوسفند و بره، بز و بزغاله، گاو و گوساله بومی، گاو و گوساله اصیل به‌ترتیب برابر ۰/۲، ۰/۲، ۰/۵ و ۱ لحاظ شد (قائمی و صادقی، ۱۳۹۳). همچنین، از هر تن فضولات گاوی معادل ۲۸۱ m^3 و از هر تن فضولات بز و بزغاله و نیز گوسفند و بره ۱۲۰ m^3 بیوگاز قابلیت بهره‌برداری دارد که در برآورد ظرفیت کل استفاده شده است (باتزیاس[7] و همکاران، ۲۰۱۵). به این‌ترتیب ظرفیت تولید در محیط متلب به صورت تابعی از جمعیت روستا، کل تقاضای مصرف گاز طبیعی، میزان تولید فضولات دامی سالانه و ضرایب تولید بیوگاز از انواع فضولات، برآورد شد. سرانهٔ مصرف گاز طبیعی منطقهٔ مطالعه شده در بخش خانگی نیز طبق داده‌های سرانهٔ کل مصرف گاز طبیعی در کشور بر اساس سال مرجع اندازه‌گیری شده است (ترازنامهٔ انرژی، ۱۳۹۶). در نهایت، با مقایسهٔ سرانهٔ بیوگاز مورد نیاز و ظرفیت سالانهٔ تولید آن در منطقه، امکان پوشش تقاضای موجود ارزیابی شد.

تحلیل هزینه‌ـ فایده تولید بیوگاز و انرژی زیستی در سامانهٔ هضم بی‌هوازی

در این مطالعه برای تولید بیوگاز و برق از فضولات دامی، بر اساس ظرفیت تولید ارزیابی‌شده، سامانهٔ هاضم بی‌هوازی به حجم ۲۳۰ m^3 در نظر گرفته شده است. این سامانه از یک تانک ته‌نشینی (تیکنر)، هاضم و پمپ لجن و لوله‌های گرمایش ساخته شده است. برای تصفیهٔ گاز خروجی، این سامانه مجهز به سیستم تصفیهٔ گاز است. همچنین، برای تولید برق از گاز تولیدی کمپرسور و مخزن گاز، موتور ژنراتور و تجهیزات اتصال به شبکه لحاظ شده است. برای استفاده از زیست‌تودهٔ باقی‌مانده از هضم بی‌هوازی به منظور تولید کود کمپوست، پمپ و فیلتر پرس و مخازن آب و تخلیه تعبیه شده است. علاوه بر تجهیزات یادشده، ساختمان برای استقرار تأسیسات از جمله مواردی است که در هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه لحاظ شده است.

راه‌اندازی این سامانه ضمن لحاظ تعمیر و نگهداری، نیروی انسانی، برق و سوخت مصرفی به عنوان هزینه‌های متغیر، برای دورهٔ بهره‌برداری ۲۰ ساله (با میانگین کارکرد ۸ هزار ساعت در سال) در نظر گرفته شده است. هزینه‌های ثابت و متغیر احداث هاضم بی‌هوازی تولید بیوگاز از فضولات دامی بر اساس مطالعهٔ انجام‌شده (ملکی و همکاران، ۱۳۹۶)، با نرخ تورم ۱۰ درصد به سال پایه بر مبنای سال ۱۴۰۰ محاسبه شده است. همچنین، هزینهٔ تعمیر و نگهداری ۵ درصد هزینهٔ اولیه و ارزش اسقاط تجهیزات ۱۰ درصد ارزش اولیه در لحاظ شده است. سامانه ضمن هضم بی‌هوازی فضولات و تولید بیوگاز، قابلیت تولید برق از مازاد گاز تولیدی و کود کمپوست به عنوان منافع جانبی را نیز دارد. بر اساس اجرای سیاست شهرستانی‌ـ منطقه‌ای در محاسبهٔ گازبهای مشترکان بخش خانگی، با لحاظ ارزش حرارتی بیوگاز معادل ۰/۷۹ ارزش حرارتی گازطبیعی، با توجه به اینکه منطقه مطالعاتی در محدودهٔ اقلیم نوع ۲ (سرد ۲) تعرفهٔ گاز طبیعی قرار دارد، منافع حاصل از بیوگاز تولیدی، به طور میانگین معادل ۹۴۵۰ ریال به ازای هر مترمکعب در سال پایه در نظر گرفته شده است. همچنین، قیمت هر واحد کود کمپوست بر مبنای متوسط قیمت در بازار آزاد سال پایه معادل ۱۵ هزار ریال لحاظ شده است. از سوی دیگر، مازاد بیوگاز تولیدی، در نیروگاه زیست‌توده تبدیل به برق می‌شود و از هر متر مکعب آن معادل ۱/۸۷ کیلووات ساعت برق تولید می‌شود (صادقی و همکاران، ۱۳۹۳). بر اساس نرخ مصوب وزارت نیرو، نرخ پایهٔ خرید تضمینی برق نیروگاه زیست‌توده (هاضم بی‌هوازی) نیز در منافع معادل ۷۳۵۰ معادل ریال بر کیلووات ساعت در نظر گرفته شده است.

به منظور ارزیابی اقتصادی تولید بیوگاز و انرژی زیستی در این مطالعه از تحلیل هزینه‌ـ فایده استفاده شده است که از روش‌های مهم تحلیلی در علم اقتصاد به‌شمار می‌آید. در این روش ضوابط و شاخص‌های تنزیلی استفاده و عامل زمان و طول عمر طرح در نظر گرفته می‌شود. ارزش حال خالص (NPV[8]) و نسبت فایده به هزینه (BCR[9]) و نرخ بازده داخلی (IRR[10]) از جمله معیارهای تنزیلی هستند که برای ارزیابی اقتصادی در این مطالعه استفاده شده است که در ادامه به شرح آن پرداخته می‌شود.

الف) محاسبهٔ ارزش خالص حال

معمول‌ترین معیار جریان نقدی تنزیلی، ارزش خالص حال است. بنا به تعریف، ارزش خالص کنونی عبارت است از: تفاضل ارزش کنونی دریافت‌ها و پرداخت‌های نقدی طرح در آینده. به این منظور، باید کلیهٔ جریان‌های نقدی سالانه طرح براساس یک نرخ تنزیل از قبل تعیین‌شده، به سال آغاز اجرای طرح تنزیل یابد. این شاخص براساس رابطهٔ ۱ محاسبه شده است (تهامی‌پور و سفاهن، ۱۴۰۰):

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{(B-C)_t}{(1+i)^t} \qquad (1)$$

که در آن B و C به‌ترتیب منافع و هزینه‌های طرح در سال t و i نرخ تنزیل در سال‌های مختلف است که بر اساس نرخ تنزیل تعیین شده در سال پایه معادل ۲۵ درصد لحاظ شده است. براساس این ضابطه، یک طرح سرمایه‌گذاری وقتی قابل پذیرش است که ارزش خالص کنونی آن مثبت باشد (تهامی‌پور و سفاهن، ۱۴۰۰).

ب) محاسبهٔ نسبت فایده به هزینه

روش تنزیلی دیگر برای ارزیابی اقتصادی در این مطالعه، نسبت فایده به هزینه است. این نسبت با تقسیم کردن ارزش حال جریان فایده‌ها بر ارزش حال جریان هزینه‌ها طبق رابطهٔ ۲ به دست می‌آید (شادمانی و صالح، ۱۳۸۶).

7 Batzias

8 Net Present Value

9 Benefit Cost Ratio

10 Internal Rate of Return

شکل ۱. موقعیت و نقشهٔ سرآسیاب موسی در حاشیهٔ کلان‌شهر کرمانشاه

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t}} \qquad (۲)$$

در معادلهٔ ۲BCR نسبت فایده به هزینه است. مقدار این نسبت به زمان خالص کردن جریان فایده و هزینه بستگی دارد. اگر نسبت فایده به هزینه کوچک‌تر از یک باشد، در آن صورت ارزش حال هزینه‌ها به ازای مقدار تنزیل استفاده‌شده، که منعکس‌کنندهٔ هزینه ازدست‌رفتهٔ سرمایه است، بیشتر از ارزش حال فایده‌ها خواهد بود. در این شرایط، مخارج اولیه به اضافهٔ سرمایهٔ اولیه برگشت داده نمی‌شود. اگر نسبت محاسبه‌شده برابر یک و یا بزرگ‌تر از آن باشد، آن‌گاه طرح سرمایه‌گذاری مورد نظر قابل قبول خواهد بود (شادمانی و صالح، ۱۳۸۶).

ج) محاسبهٔ نرخ بازده داخلی

نرخ بازده داخلی، نرخ تنزیلی است که بر اساس آن ارزش فعلی خالص پروژه برابر با صفر می‌شود. راه‌اندازی سامانهٔ هضم بی‌هوازی در این مطالعه زمانی دارای توجیه اقتصادی خواهد بود، که ارزش بحرانی نرخ بهره، یعنی نرخی که در آن ارزش حال خالص پروژه صفر است، بیشتر از ارزش واقعی نرخ بهره باشد. بنابراین، IRR را می‌توان به عنوان حداکثر نرخ بازدهی در نظر گرفت که انتظار می‌رود با سرمایه‌گذاری در این پروژه به آن دست پیدا کرد (محمدی و صفایی، ۱۳۹۴).

معرفی منطقهٔ مطالعاتی

در این مطالعه به منظور تعیین منطقهٔ مطالعه‌شده برای انجام ارزیابی اقتصادی، با توجه به ظرفیت دامپروری زیاد و وجود مناطق مستعد تولید بیوگاز در نواحی غرب کشور و همچنین، معیار عدم دسترسی به شبکهٔ گازرسانی، روستای سرآسیاب موسی در حاشیهٔ کلان‌شهر کرمانشاه انتخاب شده است. روستای سرآسیاب موسی با جمعیت ۱۲۰ نفر، از توابع بخش مرکزی شهرستان کرمانشاه است. استان کرمانشاه با مساحت ۲۴۶۴۰ کیلومتر مربع، هفدهمین استان ایران از نظر وسعت به‌شمار می‌رود و کلان‌شهر کرمانشاه نهمین شهر پرجمعیت کشور و مهم‌ترین شهر در منطقهٔ مرکزی غرب ایران است. شکل ۱ موقعیت منطقهٔ مطالعاتی در حاشیهٔ کلان‌شهر کرمانشاه را نمایش می‌دهد.

یافته‌ها

ارزیابی ظرفیت تولید بیوگاز از فضولات دامی در منطقه

به منظور پوشش تقاضای گاز در منطقهٔ مطالعه‌شده، ابتدا ظرفیت دامی موجود و پتانسیل تولید فضولات و مادهٔ خشک قابل بهره‌برداری بررسی شده است. نتایج برداشت اطلاعات میدانی نشان داد ظرفیت جمع‌آوری روزانه ۱/۲۳ تن فضولات گوسفند و بز و ۶/۵۳ تن فضولات گاوی و درمجموع ۷/۷۶ تن فضولات دامی وجود دارد. این میزان معادل جمع‌آوری سالانه درمجموع ۲/۸۳ هزار تن فضولات دامی است. بنابراین، از مجموع ۱۸۸۰ رأس دام موجود، میزان ۳۳۸/۴۵ تن فضولات خشک گاوی و ۱۵۵/۳۳ تن فضولات خشک گوسفندی قابل جمع‌آوری برآورد شده است. این میزان ماده خام، پتانسیل تولید سالانه ۱۱۳۷۴۴/۰۵ مترمکعب بیوگاز را دارد. جدول ۱ میزان تولید بیوگاز بر حسب نوع دام موجود در منطقهٔ مطالعه‌شده را نشان می‌دهد.

نتایج نشان می‌دهد ظرفیت سرانهٔ تولید بیوگاز در منطقهٔ مطالعه‌شده برابر m^3 ۹۴۷/۸۶ به ازای هر نفر است این میزان ۱/۲ برابر بالاتر از سرانهٔ مصرف خانگی گاز طبیعی در کشور معادل m^3 ۷۳۹/۹ بیوگاز به ازای هر فرد (ترازنامهٔ انرژی، ۱۳۹۶) است. بنابراین، با توجه به اینکه نیاز سالانه به بیوگاز در این منطقه با لحاظ جمعیت ساکن معادل m^3 ۸۸۷۸۴/۸۱ است، بیوگاز تولیدی علاوه بر پوشش تقاضای گاز مصرفی منطقه، می‌تواند برای تولید برق و کسب منافع حاصل از فروش آن به شبکه نیز استفاده شود.

جدول ۱. ظرفیت تولید بیوگاز از فضولات قابل جمع‌آوری در منطقهٔ مطالعه‌شده

نوع دام	تعداد دام (راس)	فضولات تولیدی ($tone.year^{-1}$)	مادهٔ خشک ($dry\ tone.year^{-1}$)	بیوگاز تولیدی ($m^3.\ year^{-1}$)
گوسفند و بره	۱۳۰۰	۴۴۸/۹۵	۱۵۵/۳۳	۱۸۶۳۹/۶
بز و بزغاله	۴۰۰			
گاو و گوساله اصیل	۱۰۰	۲۳۸۳/۴۵	۳۳۸/۴۵	۹۵۱۰۴/۴۵
گاو و گوساله بومی	۸۰			
مجموع	۱۸۸۰	۲۸۳۸/۴	۴۹۳/۷۸	۱۱۳۷۴۴/۰۵

(منبع: یافته‌های تحقیق)

جدول ۲. نتایج حاصل از ارزیابی اقتصادی تولید بیوگاز از فضولات دامی

پارامتر	واحد	میزان
کل هزینهٔ ثابت	میلیون ریال	۱۰۲۶۲/۹۷
کل هزینهٔ متغیر در سال پایه	میلیون ریال	۱۳۳۷/۵۳
کل منافع در سال پایه	میلیون ریال	۳۴۰۱/۳۶
NPV	میلیون ریال	۴۴۸۱/۳۲
IRR	درصد	۳۷
BCR	-	۱/۲۷

(منبع: یافته‌های تحقیق)

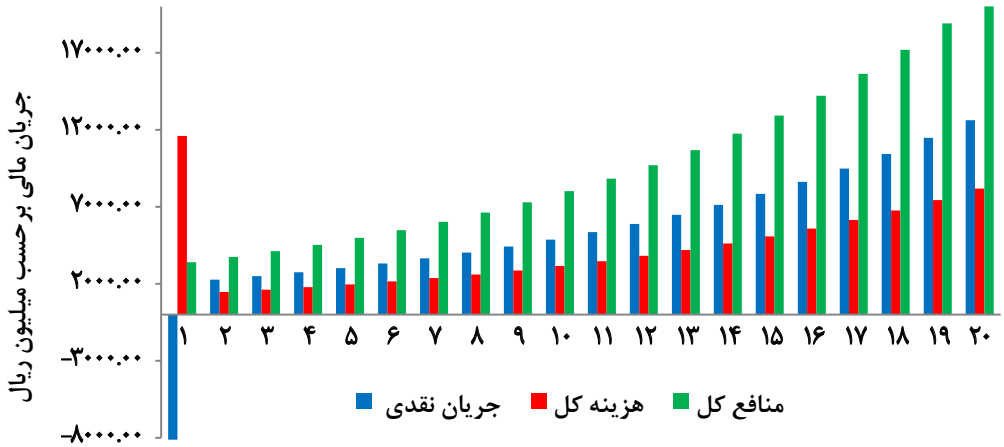
با توجه به ظرفیت تولید فنی قابل توجه، در گام بعد ارزیابی اقتصادی به منظور احداث و راه‌اندازی سامانهٔ هضم بی‌هوازی انجام گرفته است.

ارزیابی اقتصادی راه‌اندازی هاضم بی‌هوازی در منطقه

به منظور ارزیابی اقتصادی به روش تحلیل هزینه- فایده، متناسب با ظرفیت تولید هزینه‌های ثابت و متغیر در سال پایه به‌ترتیب معادل ۱۰۲۶۲/۹۷ و ۱۳۳۷/۵۳ میلیون ریال برآورد شده است. همچنین، بر اساس نتایج ارزیابی پتانسیل تولید، سالانه میزان ۲۴۹۵۹/۲۴ m^3 بیوگاز مازاد بر تقاضا با قابلیت تبدیل به ۴۶/۶۷ MWh برق تولید می‌شود. به علاوه، به ازای کل مواد آلی خروجی از هاضم بی‌هوازی سالانهٔ ظرفیت تولید ۵۴۳/۲ کود کمپوست وجود دارد. در نتیجه، منافع سالانه حاصل از فروش بیوگاز، کود کمپوست و منافع ناشی از فروش برق این سامانه در سال پایه ۱۴۰۰، به‌ترتیب برابر ۸۴/۲۹، ۲۹۷۴/۰۲ و ۳۴۳/۰۵ میلیون ریال معادل ۳۴۰۱/۳۶ میلیون ریال در سال پایه خواهد بود. نتایج تحلیل هزینه- فایده ضمن ارزیابی شاخص‌های NPV، BCR و IRR در جدول ۲ ارائه شده است.

همان‌طور که نتایج ارزیابی اقتصادی واحد تولید بیوگاز در منطقهٔ مطالعاتی نشان می‌دهد (جدول ۲)، در صورت احداث هاضم بی‌هوازی به همراه نیروگاه زیست‌توده برای تولید برق از بیوگاز مازاد تولیدی، ارزش حال خالص مثبت (NPV>۰) و معادل ۴۴۸۱/۳۲ میلیون ریال طی زمان بهره‌برداری از واحد خواهد بود. همچنین، نسبت فایده به هزینه (BCR>۱) معادل ۱/۲۷ و نشان‌دهندهٔ سودآوری طرح است. به علاوه، IRR معادل ۳۷ درصد است که بیانگر توجیه‌پذیری اقتصادی طرح یادشده است. در شکل ۲ جریان نقدی طی دورهٔ بهره‌برداری از سامانهٔ هضم بی‌هوازی برای تولید بیوگاز و برق در منطقهٔ مطالعه‌شده همراه با ارائهٔ میزان هزینه و منافع سالانه حاصل نمایش داده شده است.

گرچه برنامه‌ریزی برای پوشش تقاضای انرژی از طریق منابع تجدیدپذیر به‌ویژه در نقاط خارج از شبکهٔ گازرسانی، نیازهای انرژی بخش خانگی را مرتفع می‌سازد، اما از نظر مکانی امکان‌پذیری فنی و صرفهٔ اقتصادی تولید بیوگاز در هر منطقه متناسب با ظرفیت‌های موجود متفاوت خواهد بود. به طور مثال، در روستای طلسم از توابع شهرستان دالاهو در همین استان، به دلیل جمعیت ساکن بیشتر و ظرفیت دامی کمتر نسبت به سرآسیاب، تولید بیوگاز برای پوشش تقاضا هم از نظر فنی و هم اقتصادی توجیه‌پذیر نبوده است. براساس تحلیل هزینه- فایده از دیدگاه بخش خصوصی، در حالت کلی احداث واحدهای بیوگاز همراه با نیروگاه تولید توان، بخش اعظم هزینه‌ها مرتبط با سرمایه‌گذاری اولیه است و در دورهٔ بهره‌برداری با در نظر گرفتن نرخ تورم، هزینه‌ها کم می‌شود و درآمد افزایش می‌یابد. این امر باعث افزایش فعلی منافع خالص



زمان بر حسب سال در طول دوره بهره برداری

شکل ۲. جریان نقدی طی دورهٔ بهره‌برداری از سامانه (یافته‌های تحقیق)

خواهد شد. از آنجا که با افزایش حجم فضولات دامی قابل جمع‌آوری در سکونتگاه‌های حاشیهٔ شهر، درآمدها نسبت به هزینه‌ها افزایش خواهد داشت، بنابراین هرچه حجم فضولات دامی قابل جمع آوری بیشتر باشد، ارزش فعلی منافع خالص حاصل از طرح نیز افزایش می‌یابد. بنابراین، از نظر مقیاس نیز در احداث واحدهای بزرگ مقیاس بیوگاز، صرفهٔ ناشی از مقیاس وجود دارد (قائمی و صادقی، ۱۳۹۳).

از سوی دیگر، نتیج، بررسی تأمین تقاضا از طریق تولید بیوگاز در مقایسه با سایر گزینه‌ها، نشان می‌دهد بر اساس محاسبات انجام‌شده هزینه‌ای که دولت به طور سالانه برای جمعیت ساکن در این سکونتگاه از طریق تخصیص یارانهٔ انرژی می‌پردازد، در سال پایه ۱۴۰۰، معادل ۱۴۲۵/۴ میلیون ریال است که این میزان نسبت به هزینهٔ ۱۳۳۷/۱۵ میلیون ریال که برای نگهداری هاضم در این روستا لازم است، بیشتر خواهد بود. همچنین، صرفه‌جویی در نتیجهٔ حذف یارانهٔ پنهان انرژی و درآمد سالانهٔ حاصل از فروش تضمینی برق، تولید بیوگاز در این منطقه را با توجیه اقتصادی همراه کرده است.

از منظر ایمنی و خطرپذیری نیز در سایر روش‌ها نظیر توزیع کپسول‌های گاز تحت فشار، ضمن تحمیل هزینه‌های مازاد، ملاحظات فنی و ایمنی در محل قرارگیری، خوردگی، صدمه، محدودهٔ دمایی، احتمال نشتی و تخلیهٔ گاز، و مخاطرات احتمالی ناشی از جابه‌جایی و انبارش وجود دارد. این در حالی است که بیوگاز بی‌خطر است، مشروط بر اینکه تولید و بهره‌برداری بر اساس دستورالعمل‌ها صورت گیرد. به طوری که اگر تمامی هوای واحدهای بیوگاز قبل از استفاده تخلیه شوند، به هیچ عنوان احتمال وقوع انفجار نخواهد داشت. با توجه به اینکه دورهٔ زمانی بهره‌برداری از سامانهٔ هاضم بی‌هوازی ۲۵ تا ۳۰ سال برآورد شده است، در صورتی که ایمنی کار طی دورهٔ بهره‌برداری از نظر مدیریت مواد هضم‌شده و گازهای تولیدی رعایت شود، منافع مورد نظر حاصل خواهد شد و در مکان‌هایی که به صورت بومی توسعه پیدا می‌کنند، ساده و برای بهره‌برداری بسیار مناسب هستند (احمدپور و همکاران، ۱۳۹۰). از این‌رو، در صورتی که تولید بیوگاز به صورت وسیع برای شهرهای دارای پتانسیل به عنوان منبع اصلی یا منبع کمکی بهره‌برداری شود، در برنامه‌ریزی کلان نیز باعث صرفه‌جویی قابل توجه در بودجهٔ دولت و کمک برای تخصیص کارآمد آن برای بهبود سایر بخش‌ها خواهد شد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه ظرفیت تولید بیوگاز از فضولات دامی در سکونتگاه خارج از شبکهٔ گازرسانی سراسری در حاشیهٔ کلان‌شهر کرمانشاه انجام گرفت. نتایج بررسی ظرفیت بیوگاز نشان داد در منطقهٔ مطالعه‌شده با تولید سالانهٔ m^3 ۱۱۳۷۴۴/۰۵ بیوگاز پتانسیل تأمین تقاضای جمعیت ساکن را دارد. همچنین، به منظور احداث و بهره‌برداری از سامانهٔ تولید بیوگاز و نیروگاه زیست‌توده در روستای سرآسیاب موسی کرمانشاه ارزیابی اقتصادی به روش تحلیل هزینه‌ـ فایده انجام گرفت. نتایج نشان داد احداث واحد تولید بیوگاز و نیروگاه زیست‌توده با ظرفیت برآوردشده از این روستا، شامل ۱۰۲۶۲/۹۷ میلیون ریال هزینهٔ ثابت و ۱۳۳۷/۵۳ میلیون ریال هزینهٔ متغیر در سال پایه خواهد بود. با احداث سامانهٔ تولید بیوگاز، در تخصیص یارانهٔ پنهان انرژی برای گازرسانی به این منطقه صرفه‌جویی خواهد شد. به‌علاوه، از محل فروش بیوگاز و همچنین، کمپوست به عنوان محصول جانبی فرایند تولید بیوگاز و منافع ناشی از فروش برق، به‌ترتیب درآمدی معادل ۸۴/۲۹، ۲۹۷۴/۰۲ و ۳۴۳/۰۵ میلیون ریال در سال به همراه خواهد داشت. بنابراین، نتایج حاصل از تحلیل هزینه‌ـ فایده، نشان داد NPV برای احداث سامانهٔ تولید بیوگاز از فضولات دامی در منطقهٔ

مطالعه‌شده، مثبت و معادل ۴۴۸۱/۳۲ میلیون ریال، BCR معادل ۱/۲۷ و IRR برابر ۳۷ درصد بوده است که نشان از توجیه‌پذیری و سودآوری اقتصادی طرح دارد. از این‌رو، با وجود محدودیت‌های رقابتی برای توسعهٔ انرژی زیستی در کشور، می‌توان ضمن بررسی ظرفیت‌های موجود اعم از ضایعات دورریز، پسماندها، فضولات و لجن فاضلاب در مناطق مختلف برای تولید بیوگاز و انجام مطالعات ارزیابی فنی و اقتصادی، علاوه بر استفادهٔ بهینه از منابع موجود در تأمین تقاضا، از منافع جانبی آن نیز بهره‌مند شد. ظرفیت زیاد دامپروری به‌ویژه در سکونتگاه‌های غرب کشور همراه با محدودیت‌های دسترسی برای گازرسانی در ارتفاعات، ظرفیتی مناسبی را برای توسعهٔ انرژی زیستی و تولید بیوگاز در این مناطق فراهم می‌سازد. همچنین، توسعهٔ تولید بیوگاز از ضایعات در سکونتگاه‌های حاشیه‌ای باعث پیشگیری از مهاجرت به شهر به دلیل تأمین تقاضای انرژی، ایجاد اشتغال، راه‌اندازی چرخهٔ تولید و رونق کشاورزی در منطقه از یک سو و کاهش آلودگی هوا و جلوگیری از انتشار مواد شیمیایی آلاینده و بهبود سلامت، بهداشت و محیط زیست از سوی دیگر، خواهد شد.

منابع

احمدپور، ا.، عباسپور، د.، جاویدفر، م. ر. (۱۳۹۰). «بررسی تولید و استفاده از بیوگاز با تکیه بر رعایت موارد ایمنی»، *سومین همایش مبدل‌های گرمایی در صنایع نفت و انرژی*.

پاریاب، ج.، قیاسی، ع. (۱۳۹۴). «نقش بیوگاز در کارآفرینی در مناطق روستایی سیستان»، *کارآفرینی در کشاورزی*، ۲(۴)، ۳۳-۱۷.

تهامی پور زرندی، م.، سفاهن، ا. (۱۴۰۰)، «تحلیل فایده-هزینهٔ مدیریت پسماندهای جامد شهری: مطالعهٔ موردی: شهر رباط کریم»، *فصلنامهٔ اقتصاد و برنامه‌ریزی شهری*، ۲ (۱)، ۳۶-۲۸.

ترازنامهٔ انرژی. (۱۳۹۶). «آمار معاونت امور برق و انرژی»، *گزارش دفتر برنامه‌ریزی و اقتصاد کلان برق و انرژی*.

زارعی، س.، ملکی، م. (۱۳۹۶). «ارزیابی پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی و پسماند های روستایی در کردستان با استفاده از GIS»، *مهندسی بیوسیستم ایران*، ۴۸(۱)، ۱۷۸-۱۷۳.

شادمانی، ع.، صالح، ا. (۱۳۸۶). «بررسی روش‌های مورد استفاده در ارزیابی مالی و اقتصادی طرح‌های سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی ایران»، ششمین *کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران*.

شفیعی، م.، ابراهیمی نیک، م. ع.، راشکی، ع. (۱۳۹۲). «ارزیابی پتانسیل تولید بیوگاز از کود دامی در خراسان رضوی بر پایهٔ مدلی از GIS»، هشتمین *کنگرهٔ ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون ایران*.

صادقی، ح.، قائمی، ف.، قاضی‌زاده، م. ص. (۱۳۹۳). «تحلیل هزینه- فایدهٔ تولید پراکندهٔ برق از بیوگاز در گاوداری‌های صنعتی»، *فصلنامهٔ مطالعات اقتصاد انرژی*، ۱۰ (۴۲).۸۰-۵۵.

عابدی، س.، خالقی، م.، نعیمی، ع. (۱۳۹۹). «پتانسیل تولید انرژی زیستی با استفاده از هضم بی‌هوازی لجن فاضلاب (مطالعهٔ موردی تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر سبزوار)»، *پنجمین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در علوم و مهندسی*، آمستردام، هلند

عادلی گیلانی، ا.، سوری، ف.، پوراحمدی، م. (۱۳۹۳). «کاربرد فناوری بیوگاز در روستاهای ایران؛ برآورد صرفه‌جویی انرژی حاصل کاربرد فناوری بیوگاز در روستای گالش کلام (گیلان)»، *مسکن و محیط روستا*، ۳۳ (۱۴۵)، ۱۲۳-۱۱۱.

فلاح نژاد تفتی، م.، عبدلی، م. ع.، گلبابایی کوتنایی، ف. (۱۳۹۵). «بررسی پتانسیل تولید بیوگاز از منابع زیست‌توده در روستاهای ایران با رویکرد توسعهٔ پایدار»، *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۱۸ (۲)، ۳۹۴-۳۸۷.

قائمی، ف.، صادقی، ح. (۱۳۹۳). «تحلیل هزینه- فایده احداث واحدهای انفرادی بیوگاز در روستاهای ایران»، *سومین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی*.

مرادی، ح.، مبلی، ح.، جعفری، ع.، خانعلی، م. (۱۳۹۷). «پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات حیوانی در مناطق روستایی شهرستان ایوان غرب، استان ایلام»، *مکانیزاسیون کشاورزی*، ۴ (۲)، ۱۱۰-۱۰۱.

محمدی مجد، ج.، خدابخشی‌پور، م. (۱۳۹۸). «بررسی و ارزیابی تولید گاز متان از ترکیب کود گاومیش و کلش ذرت در استان خوزستان»، *فصلنامهٔ علمی- ترویجی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو*، ۶ (۲)، ۲۴-۱۹.

محمدی، س. آ.، صفایی، ح. (۱۳۹۴). «بررسی عوامل مؤثر بر نرخ بازده داخلی (IRR) و ارزش فعلی خالص (NPV) طرح‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از نرم‌افزار COMFAR»، *کنفرانس بین‌المللی مدیریت، اقتصاد و مهندسی صنایع*.

ملکی قلیچی، ا.، شریفی، م.، رفیعی، ش. (۱۳۹۶). «امکان‌سنجی اقتصادی تولید انرژی از فضولات دامی با استفاده از فرایند هضم بی‌هوازی درانکو»، *مهندسی بیوسیستم ایران*، ۴۸ (۳)، ۳۸۷-۳۷۹.

Anukam, A., Mohammadi, A., Naqvi, M., Granström, K. (2019). "A review of the chemistry of anaerobic digestion: Methods of accelerating and optimizing process efficiency." *Processes*. 7(8). 504.

Ajibola, R.H., Junior, A.J., Harunna, M.I., Yohanna, P. (2013). "Development of anaerobic digester for the production of biogas using poultry and cattle dung: a case study of Federal University of Technology Minna Cattle and Poultry Pen". *International Journal of Life Sciences*. 2(3). 139–149.

Batzias, F.A., Sidiras, D.K., Spyrou, E.K. (2015). "Evaluating livestock manures for biogas production: a GIS based method." *Renewable Energy*. 30. 1161–1176.

Cabbai, V., Ballico, M., Aneggi, E., Goi, D. (2013). "BMP tests of source selected OFMSW to evaluate anaerobic codigestion with sewage sludge." *Waste management*. 33(7). 1626-32.

Gong, L., Yang, X., Wang, Z., Zhou, J., You, Y. (2019). "Impact of hydrothermal pre-treatment on the anaerobic digestion of different solid-liquid ratio sludge and kinetic analysis." *RSC Advances*. 9(33). 19104–19113.

Mukumba, P., Makaka, G., Mamphweli, S., (2016). "Anaerobic digestion of donkey dung for biogas production." *South African Journal of Science*. 112 (7/8), 1-4.

Vesvikar M., Dahhan M. (2006). "Effect of mixing and scale on the performance and hydrodynamic of the anaerobic digester. Washington: Chemical Reaction Engineering Laboratory, School of Engineering and Applied Sciences. "*The Rreport of Chemical Reaction Engineering Laboratory (CREL) Project*. DE-FC36-01GO11054. Portugal.

Urban Economics and Planning

Homepage: http://eghtesadeshahr.tehran.ir/

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Technical and Economic Evaluation of Bio Energy Production in Settlements without Gas Supply Network on the Outskirts of Kermanshah

Sepideh Abedi [1*], Negar Asl Fallah [2], Mahtab Esfandiari [2], Sepideh Ghayour Najafabadi [2], Zahra Abbasi [2]

[1] *Assistant Professor, Faculty of Mechanical and Energy Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.*
[2] *Students of Energy Engineering, Faculty of Mechanical and Energy Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran*

ARTICLE INFO

Article History:
Received 2021-07-17
Accepted 2021-10-24

Keywords:
Bio energy
Biogas
Cost-benefit
Kermanshah
Livestock dung

DOI: 10.22034/UE.2021.2.03.04

ABSTRACT

The rising energy demand and limited fossil reserves have driven planners to use renewable resources. This is especially important in meeting the demand for housing without power and gas-supply networks. In this study, relying on biological resources in Kermanshah province, biogas production capacity and economic evaluation in settlements on the outskirts of Kermanshah city using livestock dung were performed by cost-benefit method. The results of biogas production assessment have shown that the annual anaerobic digestion of a total of 2.83 thousand-tons of animal waste, has a biogas production capacity equivalent to 113744/05 $m^3.year^{-1}$, which can meet the gas demand in the case study and its surplus is used for the annual production of 46/67 MWh of electricity. Also, the results of economic evaluation of the construction of biogas production unit with power generation showed that the capital cost and the operation cost in the base year is equal to 10262/97 and 1337/53 million-Rials, respectively and the annual income from the sale of biogas, compost fertilizer and profits from the sale of electricity will be equivalent to 84/29, 2974/02 and 343/05 million-Rials.$year^{-1}$, respectively. Therefore, in case of electricity generation from surplus biogas, the net present value will be positive and equal to 4481/32 million-Rials. Also, the cost benefit ratio is equal to 1/27 and the internal rate of return is equal to 37% which indicates the justifiability and profitability of the project.

COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Abedi S., Asl Fallah N., Esfandiari M., Ghayour Najafabadi S., Abbasi Z. (2021). Technical and Economic Evaluation of Bio Energy Production in Settlements without Gas Supply Network on the Outskirts of Kermanshah . Urban Economics and Planning, 2(3): 162-168.

DOI: 10.22034/UE.2021.02.03.04

url: http://eghtesadeshahr.tehran.ir/article_139579.html

*Corresponding Author: Email: *s_abedi@sbu.ac.ir*