

تحلیل هزینه - فایده‌ی تولید پراکنده‌ی برق از بیوگاز در گاوداری‌های صنعتی ایران

حسین صادقی

استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس sadeghih@modares.ac.ir

فرزانه قائمی^۱

دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی دانشگاه صنعت آب و برق ghaemi.Farzaneh@yahoo.com

محمد صادق قاضی‌زاده

استادیار گروه برق قدرت دانشگاه صنعت آب و برق ghazizadeh@pwut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۳/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۰۶

چکیده

پیشرفت‌های اخیر در حوزه‌ی تکنولوژی منابع تجدیدپذیر به همراه افزایش تقاضا و نیاز به انرژی پاک و ارزان سبب گرایش روزافزون به تولید پراکنده‌ی برق (تولید برق در مقیاس کم از منابع تجدیدپذیر) شده است. یکی از مهم‌ترین منابع تجدیدپذیر، بیوگاز است. بیوگاز از تخمیر بی‌هوازی منابعی چون فضولات دامی در یک محفظه‌ی تخمیر حاصل می‌شود. استفاده از فناوری بیوگاز از جنبه‌های مختلفی دارای اهمیت است؛ اول آن که می‌توان با استفاده از ژنراتورهای بیوگازسوز، از بیوگاز جهت تولید برق استفاده کرد. دوم آن که استفاده از این فناوری اثرات اجتماعی قابل توجهی در حوزه‌ی حفظ محیط زیست و کمک به سلامت انسان خواهد داشت و سوم آن که لجن خروجی از واحد بیوگاز، کودی غنی شده خواهد بود که می‌تواند بازدهی محصولات کشاورزی را افزایش دهد. در این مقاله با استفاده از روش تحلیل هزینه-فایده به ارزیابی اقتصادی تولید پراکنده‌ی برق، هم از دیدگاه بخش خصوصی و هم از دیدگاه اجتماعی، در کنار ابعاد مختلفی از گاوداری‌های صنعتی ایران پرداخته می‌شود. نتایج حاصل از هر دو تحلیل حاکی از صرفه‌های اقتصادی در تولید پراکنده‌ی برق از بیوگاز در همه‌ی ابعاد مختلف گاوداری‌های صنعتی در کشور است.

طبقه‌بندی JEL: I10, Q29, Q40, Q53.

کلید واژه: بیوگاز، تحلیل هزینه-فایده، تخمیر بی‌هوازی، تولید پراکنده‌ی برق، گاوداری صنعتی.

۱- مقدمه

پیشرفت‌های اخیر در حوزه‌ی تکنولوژی منابع تجدیدپذیر به همراه افزایش تقاضا و نیاز به انرژی پاک و ارزان سبب گرایش روز افزون به تولید پراکنده‌ی^۱ برق شده است. تولید پراکنده‌ی برق، به تولید برق در مقیاس کم و در نزدیکی محل مصرف گفته می‌شود. در بیش‌تر موارد برای تولید پراکنده‌ی برق از منابع تجدیدپذیر استفاده می‌شود (شاه‌قلیان و همکاران، ۱۳۸۸). سیستم‌های تولید پراکنده‌ی برق با هدف بهینه‌سازی در مصرف انرژی، به صورت کاهش تلفات ناشی از انتقال و توزیع انرژی الکتریکی در شبکه و نیز کاهش آلودگی‌های ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی در نیروگاه‌های بزرگ، به کار گرفته می‌شوند. تولید انرژی الکتریکی در مقیاس بزرگ و انتقال آن به مصرف‌کنندگان تلفات زیادی به همراه دارد. از سویی دیگر بویلر نیروگاه‌های بزرگ تولید برق، به دلیل ظرفیت و حجم تولید زیاد، علاوه بر داشتن هزینه‌های زیاد در سرمایه‌گذاری، نصب و راه‌اندازی و نیز تعمیر و نگهداری، بیش‌تر از راندمان الکتریکی پایینی برخوردار بوده و علاوه بر افزایش مصرف سوخت، موجب افزایش آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌شوند. مجموعه‌ی این عوامل و عواملی مانند قابلیت اطمینان بیش‌تر، تجدید ساختار در صنعت برق و... کشورهای جهان را به استفاده از تولیدات پراکنده سوق داده است (پاکدامن و همکاران، ۱۳۸۹).

در این میان اهمیت بیوگاز به‌عنوان یکی از منابع تجدیدپذیر کاملاً مشخص است. بیوگاز به‌عنوان محصول نهایی تخمیر بی‌هوازی برخی از منابع از جمله فضولات دامی، می‌تواند برای تولید پراکنده‌ی برق به کار گرفته شود. بر این اساس گاوداری‌های صنعتی با داشتن تعداد قابل توجهی گاو و گوساله، پتانسیل بالایی برای تولید بیوگاز و سپس برق خواهند داشت. بر طبق ماده‌ی ۶۲ از قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت، وزارت نیرو مکلف است که انرژی برق تولیدی توسط نیروگاه‌ها و تولیدکنندگان بخش‌های خصوصی و دولتی را خریداری کند. بر این اساس، امکان تولید برق از بیوگاز در گاوداری‌های صنعتی و فروش آن به شبکه وجود دارد.

استفاده از فناوری بیوگاز، علاوه بر تولید برق، اثرات قابل توجهی در حوزه‌ی افزایش سلامت انسان و محیط‌زیست در پی خواهد داشت. به علاوه، کود خروجی از واحدهای

بیوگاز نیز کودی بهداشتی است که می‌تواند بازدهی محصولات کشاورزی را افزایش دهد.

پژوهش‌هایی نیز در این زمینه برای کشور انجام شده است که در ادامه‌ی مقاله توضیح داده خواهد شد. وجه تمایز این پژوهش با پژوهش‌های دیگر در آن است که در این پژوهش، با محاسبه‌ی متوسط فضولات دامی تولید شده در هر گاوداری صنعتی در هر استان کشور، ابعاد مختلفی از گاوداری‌های صنعتی در نظر گرفته شده و سپس برای هر یک میزان برق قابل فروش به شبکه محاسبه شده است. بعد از آن با محاسبه‌ی درآمدها و هزینه‌های تولید برق از بیوگاز، تحلیل‌های اقتصادی انجام شده است. لازم به ذکر است که حجم فضولات هر گاوداری صنعتی در کشور به یکی از ابعاد گاوداری‌های صنعتی که در این مقاله در نظر گرفته شده، نزدیک است؛ بنابراین نتایج مقاله به هر یک از گاوداری‌های صنعتی کشور قابل تعمیم خواهد بود.

هدف این مقاله آن است که با استفاده از تحلیل هزینه-فایده بررسی کند که آیا تولید پراکنده‌ی برق از بیوگاز در گاوداری‌های صنعتی ایران دارای صرفه‌ی اقتصادی است؟ برای این منظور ابتدا فناوری بیوگاز و مزایای استفاده از آن شرح داده می‌شود. سپس مروری بر پژوهش‌های انجام شده در این زمینه، در جهان و ایران صورت می‌گیرد. بعد از آن گاوداری‌های صنعتی کشور به ابعاد مختلف، تقسیم و برای هر یک، یک نیروگاه تولید برق تعریف می‌شود. در ادامه بعد از شرح پروژه، به تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از هزینه-فایده از دو دیدگاه بخش خصوصی و بخش اجتماعی پرداخته می‌شود.

۲- مبانی نظری

معرفی بیوگاز

بیوگاز مخلوط گازی شکل سرشار از متانی است که از تخمیر بی‌هوازی^۱ برخی منابع که مهم‌ترین آن‌ها فضولات دامی و لجن فاضلاب‌های شهری است، حاصل می‌شود (وایت و همکاران^۲، ۲۰۱۱).

به طور کلی منابع تولید بیوگاز عبارت‌اند از:

۱- تخمیر بی‌هوازی، تخمیری است که در آن مواد آلی (مانند فضولات گاو، مرغ و خوک، باقیمانده‌ی محصولات کشاورزی و...) در غیاب اکسیژن تجزیه می‌شوند (Singh et al. , 2004).

۱. ضایعات آلی (فضولات دامی، لجن فاضلاب‌های شهری و صنعتی و...) (جینگورا و همکاران، ۲۰۰۹ و برونو و همکاران^۱، ۲۰۰۹)
 ۲. محصولات کشاورزی که منبع تولید انرژی‌اند (ذرت خوشه‌ای شیرین، انگور، آفتابگردان و...) (مادلنر و همکاران^۲، ۲۰۰۹)
 ۳. محصولات کشاورزی معمولی (ذرت، گندم، چغندر قند و...) (سپالا و همکاران، ۲۰۰۹ و کونتراس و همکاران^۳، ۲۰۰۹)
 ۴. سایر مواد خام آلی (گلیسیرین و...) (یانگ و همکاران^۴، ۲۰۰۸)
- عناصر تشکیل‌دهنده‌ی بیوگاز شامل متان (۷۵-۵۵ درصد)، کربن‌دی‌اکسید (۴۵-۲۵ درصد)، کربن‌مونواکسید (۳-۰ درصد)، نیتروژن (۵-۱ درصد)، هیدروژن (۳-۰ درصد)، هیدروژن سولفید (۵-۰/۱ درصد) و مقدار بسیار کمی اکسیژن می‌باشد (کارلاس و همکاران^۵، ۲۰۱۰).

ساختمان یک واحد بیوگاز

یک واحد بیوگاز از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده است. این قسمت‌ها شامل مخزن تخمیر، مخزن جمع‌آوری گاز، حوضچه‌ی ورودی، لوله‌ی خروجی گاز و حوضچه‌ی خروجی مواد تخمیر شده می‌باشد (ماهیرناراجا و همکاران^۶، ۱۹۹۰). در یک واحد بیوگاز بیوگاز ابتدا مواد اولیه (فضولات دامی) به همراه آب به داخل مخزن تخمیر فرستاده می‌شوند. سپس هضم این مواد در غیاب اکسیژن در مخزن تخمیر، کامل و پس از تولید بیوگاز، به حوضچه‌ی خروجی منتقل می‌شود و به‌عنوان کود غنی شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. بیوگاز تولیدی نیز روزانه از طریق لوله‌ی خروجی گاز خارج شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. ساختمان یک واحد بیوگاز در شکل ۱ نشان داده شده است.

1- Jingura et al and Bruno et al

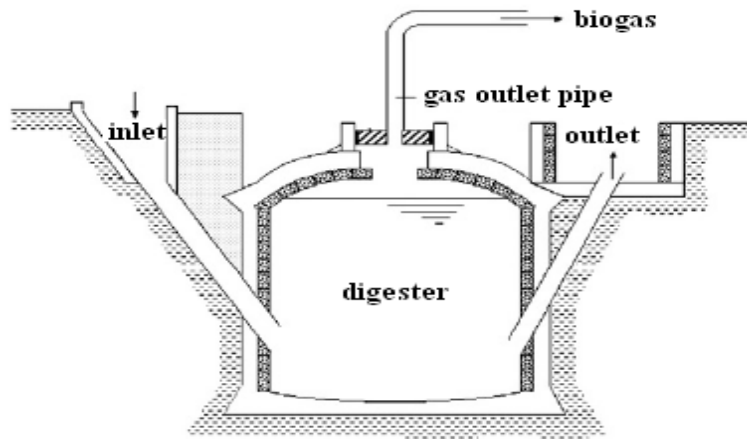
2- Madlener et al

3- Seppala et al and Contreras et al

4- Yang et al

5- Karellas et al

6- Mahimairaja et al



شکل ۱- ساختمان یک واحد بیوگاز (بوند و همکاران، ۲۰۱۱)

مزیت‌های تولید بیوگاز از فضولات دامی

کاهش بوی نامطبوع حاصل از فضولات دامی

کنترل بوی نامطبوع حاصل از فضولات دامی، از مهم‌ترین مسائل در مزارع پرورش دام نزدیک به زیستگاه‌های شهری به شمار می‌رود (بارث و همکاران^۲، ۱۹۷۴). فرآیند تخمیر بی‌هوازی این پتانسیل را دارد که می‌تواند حتی تا ۹۷ درصد بوی نامطبوع فضولات دامی را کاهش دهد (لاسک^۳، ۱۹۹۸).

جلوگیری از گرم شدن هوای کراهی زمین

یک واحد بیوگاز مستقر در مزارع پرورش دام، با جمع‌آوری گاز متان حاصل از تخمیر فضولات دامی و استفاده از آن به‌عنوان منبع انرژی، منجر به کاهش ورود گاز متان به جو زمین خواهد شد (انگلو و همکاران^۴، ۱۹۹۹). هم‌چنین از آنجایی که هر مولکول متان (به‌عنوان یک گاز مهم گلخانه‌ای)، ۲۳-۲۱ برابر بیش‌تر از کربن‌دی‌اکسید گرما ایجاد می‌کند، از این رو مهم‌ترین عامل برای گرم شدن کراهی زمین به شمار می‌رود (نلسون و همکاران^۵، ۲۰۰۲).

1- Bond et al

2- Barth et al

3- Lusk

4- Engler et al

5- Nelson et al

کاهش عوامل بیماری‌زا

برخی از اصلی‌ترین عوامل بیماری‌زا در فضولات دامی عبارت‌اند از: سالمونلا^۱، یرسینیا^۲، اینتروکولیتیکا^۳، کریپتواسپورودیوم^۴ و ژیاودییا^۵ (گوان و همکاران^۶، ۲۰۰۳). تخمیر بی‌هوازی می‌تواند مانع از انتقال عوامل بیماری‌زا شود و باکتری‌ها، انگل‌ها و کرم‌های موجود در معده‌ی حیوان را به کلی نابود کند (انگلس و همکاران، ۱۹۹۹). تخمیر بی‌هوازی در دمای پایین (دمای باکتری‌های سرما دوست در محدوده‌ی دمایی °C ۱۰-۲۱) به کاهش ۹۷/۹۴-۱۰۰ درصدی عوامل بیماری‌زایی چون سالمونلا، اینتروکولیتیکا، کریپتواسپورودیوم و ژیاودییا کمک خواهد کرد (کوت و همکاران^۷، ۲۰۰۶). تخمیر بی‌هوازی باکتری‌های میانی دوست (محدوده‌ی دمایی °C ۳۵-۴۱) سبب کاهش ۹۹/۹ درصدی در این عوامل بیماری‌زا خواهد بود (مارتین^۸، ۲۰۰۳).

کاهش تخم علف‌های هرز و تولید کود غنی شده

تخم علف‌های هرز می‌تواند طی فرآیند تخمیر بی‌هوازی هاضم نابود شود (انگلس و همکاران، ۱۹۹۹). هم‌چنین کود تولید شده در اثر تخمیر بی‌هوازی دارای فواید بسیار دیگری نیز می‌باشد. از جمله آن که تخمیر بی‌هوازی، بسیاری از مواد مغذی موجود در فضولات دامی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) را در خود نگه داشته و آن‌ها را به منظور کشت و کار آماده‌تر می‌کند^۹؛ که این امر سبب افزایش بازدهی محصولات کشاورزی می‌شود.

تولید انرژی

بیوگاز به دلیل ارزش حرارتی بالا، می‌تواند به‌عنوان سوختی تمیز و در دسترس برای مصارف آشپزی و تولید آب گرم مصرفی، مورد استفاده قرار گیرد. هم‌چنین با ایجاد اندکی تغییر، موتورهای دیزلی قادر به تولید برق با استفاده از بیوگاز خواهند بود. برق تولید شده می‌تواند برای تأمین روشنایی مورد استفاده قرار گیرد (عادلی‌گیلانی و همکاران، ۱۳۸۹).

- 1- Salmonella
- 2- Yersinia
- 3- Enterocolitica
- 4- Cryptosporidium
- 5- Giardia
- 6- Guan et al
- 7- Cote et al
- 8- Martin
- 9- Goodfellow Agricola Consultants Inc., 2007

۳- مروری بر پژوهش‌های انجام شده

برای بسیاری از کشورهای جهان مطالعاتی در این زمینه انجام شده است. امیری و همکاران^۱ (۲۰۱۳)، به معرفی و شبیه‌سازی نوع خاصی از واحدهای بیوگاز با کم‌ترین مقدار هزینه‌ی احداث و نوع سیستم‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت متناسب با آن در کشور سوئد پرداخته‌اند. آکبولوت^۲ (۲۰۱۲) یک واحد تولید هم‌زمان برق و حرارت بیوگازسوز را برای یکی از مزارع پرورش دام کشور ترکیه طراحی کرده است. دجاتکو و همکاران^۳ (۲۰۱۲) تولید هم‌زمان برق و حرارت از بیوگاز حاصل از پسماندهای کشاورزی در آلمان را ارزیابی کرده‌اند. وایت و همکاران (۲۰۱۱)، تحلیل هزینه-فایده‌ی احداث واحدهای بیوگاز در گاوداری‌های صنعتی استان اونتاریو^۴ در کشور کانادا را ارائه کرده‌اند. باند و همکاران^۵ (۲۰۱۱)، تاریخچه و آینده‌ی استفاده از این فناوری در کشورهای در حال توسعه از جمله هند و چین را تشریح کرده‌اند. ولف و همکاران^۶ (۲۰۱۱)، راهکارهای افزایش تولید بیوگاز از ضایعات آلی و پسماندهای کشاورزی در آلمان را ارائه کرده‌اند. گومز و همکاران^۷ (۲۰۱۰)، پتانسیل و هزینه‌های تولید برق از فضولات دامی، لجن فاضلاب‌ها و ضایعات شهری را برای کشور اسپانیا محاسبه نموده‌اند. کارلاس و همکاران (۲۰۱۰)، طی پژوهشی به ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت توسط کشاورزان در کشور یونان پرداخته‌اند. والخوا و همکاران^۸ (۲۰۰۹)، تأمین سوخت خانوارها از طریق بیوگاز را در اوگاندا مورد بررسی قرار داده‌اند. یریدو و همکاران^۹ (۲۰۰۹)، به تحلیل هزینه-فایده احداث نیروگاه‌های بیوگازسوز در کنار گاوداری‌های صنعتی کشور کانادا با تعداد ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ رأس گاو و مزارع پرورش خوک با تعداد ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ رأس خوک پرداخته‌اند. ام‌ویریگی و همکاران^{۱۰} (۲۰۰۹)، موانع استفاده از این فناوری در کنیا را بررسی کرده‌اند. مورفی و همکاران^{۱۱} (۲۰۰۴)، تجزیه و تحلیلی فنی، اقتصادی و زیست محیطی از فناوری بیوگاز

1- Amiri

2- Akbulut

3- Djatkov

4- Ontario

5- Bond

6- Wolf

7-Gomez

8- Walekhwa

9- Yiridoe

10- Mwirigi

11- Murphy

در ایرلند را ارائه کرده‌اند. سینگ و همکاران^۱ (۲۰۰۴)، به تحلیل هزینه - فایده‌ی احداث چندین مدل از واحدهای بیوگاز در ابعاد مختلفی از حجم مخزن نگهدارنده‌ی گاز (۱ تا ۶ متر مکعب) در هند پرداخته‌اند. آن‌ها سه مدل از واحدهای بیوگاز مورد استفاده در هند به نام‌های KVIC، Janta و Deenbandhu^۲ را مورد مقایسه‌ی اقتصادی قرار داده‌اند.

برای ایران نیز مطالعاتی در این حوزه انجام گرفته است که به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود. طالقانی و همکاران (۲۰۰۵)، اثرات زیست محیطی، اقتصادی و فنی نیروگاه بیوگازی شهر ساوه را تشریح کرده‌اند. شیخ الاسلامی (۱۳۸۹)، به طراحی یک پایلوت آموزشی بیوگاز واقع در ماهدشت کرج پرداخته است که خوراک ورودی آن فضولات ۷۰ رأس دام می‌باشد. پاکدامن و همکاران (۱۳۸۹)، به ارزیابی اقتصادی احداث سیستم تولید هم‌زمان برق و حرارت در یک گاوداری فرضی ۱۰۰۰ رأسی پرداخته‌اند. علی‌دادی و همکاران (۱۳۸۹)، پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی را برای روستای صمصامی از توابع شهرستان کوه‌رنگ محاسبه کرده‌اند. عبدلی (۱۳۸۹)، پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی را برای کشور محاسبه کرده است. پورخباز و همکاران (۱۳۸۸)، اثرات زیست محیطی و اقتصادی استفاده از انرژی بیوگاز را تشریح کرده‌اند. امین‌صالحی و همکاران (۱۳۸۸)، به بررسی اقتصادی تولید هم‌زمان برق و حرارت از بیوگاز حاصل از زائدات کشاورزی پرداخته‌اند. دهواری و همکاران (۱۳۸۷)، یک واحد بیوگاز برای روستایی از استان سیستان و بلوچستان طراحی کرده‌اند. نصیری (۱۳۸۷)، با در نظر گرفتن هزینه‌ها و درآمدهای نیروگاه بیوگازی شهر ساوه، به ارزیابی اقتصادی این نیروگاه پرداخته است. عمرانی و همکاران (۱۳۸۵)، به طراحی یک واحد بیوگاز برای دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات پرداخته‌اند. نصیری و همکاران (۱۳۸۲)، انرژی قابل تولید از منابع مختلف تولید بیوگاز (زائدات کشاورزی، زباله، فاضلاب صنایع غذایی و فضولات دامی) را محاسبه کرده‌اند.

همان‌طور که قبلاً هم اشاره شد، وجه تمایز این پژوهش با پژوهش‌های دیگر برای کشور در آن است که در این پژوهش، با محاسبه‌ی متوسط فضولات دامی تولید شده در هر گاوداری صنعتی در هر استان کشور، ابعاد مختلفی از گاوداری‌های صنعتی در نظر

1- Singh

۲- مدل KVIC نوعی از واحد بیوگاز با مخزن گاز متحرک است و به این علت که مخزن نگهدارنده‌ی گاز آن از جنس استیل است، هزینه‌ی ساخت آن بسیار بالاست. مدل Janta دارای مخزن گاز ثابت است و هزینه‌های ساخت آن از مدل KVIC کم‌تر می‌باشد. مدل Deenbandhu نیز دارای مخزن گاز ثابت است و ارزان‌ترین مدل در هند محسوب می‌شود (Singh et al. , 2004).

گرفته شده و سپس برای هر یک میزان برق قابل فروش به شبکه محاسبه شده است. بعد از آن با محاسبه‌ی درآمدها و هزینه‌های تولید برق از بیوگاز، تحلیل‌های اقتصادی انجام می‌شود که تاکنون چنین کاری برای ایران انجام نشده است.

۴- طراحی واحدهای بیوگاز

تعداد گاوداری‌های صنعتی و نیز تعداد انواع گاو و گوساله اعم از اصیل، آمیخته و بومی در هر استان در چکیده‌ی نتایج سرشماری از گاوداری‌های صنعتی ارائه شده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۹). حجم فضولات سالانه‌ی هر راس گاو اصیل، آمیخته و بومی به ترتیب ۲۰/۲۵، ۱۳/۵ و ۹ تن می‌باشد (عبدلی، ۱۳۸۹)؛ بنابراین حجم فضولات روزانه‌ی هر راس گاو اصیل، آمیخته و بومی به ترتیب ۵۶، ۳۷ و ۲۵ کیلوگرم خواهد بود. هم‌چنین فرض می‌شود که تمام فضولات موجود در یک گاوداری صنعتی قابل جمع‌آوری بوده و به طور کامل برای تولید برق به واحد بیوگاز منتقل می‌شود. بر این اساس متوسط حجم فضولات گاوی قابل جمع‌آوری در هر گاوداری در هر استان (از طریق تقسیم کل فضولات قابل جمع‌آوری از انواع گاو و گوساله‌های موجود در گاوداری‌های صنعتی استان بر تعداد گاوداری‌های صنعتی آن) محاسبه شده است. با مشاهده‌ی پراکندگی اعداد به دست آمده، می‌توان مقادیر ۲۵۰۰، ۳۵۰۰، ۴۵۰۰، ۵۵۰۰ و ۶۵۰۰ کیلوگرم در روز را به‌عنوان متوسط حجم فضولات گاوی قابل جمع‌آوری در گاوداری‌های صنعتی کشور پیشنهاد کرد. در ادامه برای هر گاوداری صنعتی یک واحد بیوگاز طراحی شده و مقدار برق قابل تولید محاسبه خواهد شد.

محاسبه‌ی لجن تخمیری روزانه و حجم مخزن تخمیر

با فرض ورود فضولات گاوی و آب به صورت روزانه و به نسبت ۱:۱ به مخزن تخمیر، میزان لجن تخمیری (S_d) بر حسب لیتر در روز، قابل محاسبه است. هم‌چنین با توجه به زمان ماند ۵۰ روزه‌ی فضولات برای رسیدن به گازدهی، می‌توان حجم مخزن تخمیر را از رابطه‌ی (۱) محاسبه کرد.

$$V_d = S_d * RT \quad (1)$$

که در آن S_d لجن تخمیری روزانه، RT زمان ماند و V_d حجم مخزن تخمیر را نشان می‌دهد (عمرانی و همکاران، ۱۳۸۵). این محاسبات در جدول ۱ برای انواع گاوداری‌های صنعتی انجام شده است.

جدول ۱- محاسبه‌ی لجن تخمیری روزانه و حجم مخزن تخمیر

فضولات گاوداری (کیلوگرم در روز)	لجن تخمیری روزانه (لیتر)	حجم مخزن تخمیر (لیتر)
۲۵۰۰	$۲۵۰۰ * ۲ = ۵۰۰۰$	$۵۰۰۰ * ۵۰ = ۲۵۰۰۰۰$
۳۵۰۰	$۳۵۰۰ * ۲ = ۷۰۰۰$	$۷۰۰۰ * ۵۰ = ۳۵۰۰۰۰$
۴۵۰۰	$۴۵۰۰ * ۲ = ۹۰۰۰$	$۹۰۰۰ * ۵۰ = ۴۵۰۰۰۰$
۵۵۰۰	$۵۵۰۰ * ۲ = ۱۱۰۰۰$	$۱۱۰۰۰ * ۵۰ = ۵۵۰۰۰۰$
۶۵۰۰	$۶۵۰۰ * ۲ = ۱۳۰۰۰$	$۱۳۰۰۰ * ۵۰ = ۶۵۰۰۰۰$

منبع: محاسبات تحقیق

محاسبه‌ی میزان بیوگاز تولیدی و حجم مخزن نگهدارنده گاز

از هر کیلوگرم فضولات تازه‌ی گاوی، حدود $۰/۰۴$ متر مکعب در روز بیوگاز تولید می‌شود (Singh et al., 2004). بر این اساس، تولید روزانه‌ی بیوگاز در هر گاوداری صنعتی در جدول ۲ محاسبه شده است. باید در نظر داشت که به دلیل تأمین فشار لازم برای خروج گاز و نیز مواد خروجی لازم است حجم مخزن نگهدارنده‌ی گاز کم‌تر از میزان گاز تولیدی باشد. بر این اساس ضریب ظرفیت مخزن گاز ۵۵ درصد در نظر گرفته شده است (عمرانی و همکاران، ۱۳۸۵). حجم مخزن نگهدارنده‌ی گاز نیز در جدول ۲ برای هر گاوداری محاسبه شده است.

جدول ۲- تولید بیوگاز و حجم مخزن نگهدارنده گاز در هر گاوداری

فضولات گاوداری (کیلوگرم در روز)	تولید روزانه‌ی بیوگاز در هر گاوداری (m^3)	حجم مخزن نگهدارنده‌ی گاز (m^3)
۲۵۰۰	$۲۵۰۰ * ۰/۰۴ = ۱۰۰$	$۱۰۰ * ۰/۵۵ = ۵۵$
۳۵۰۰	$۳۵۰۰ * ۰/۰۴ = ۱۴۰$	$۱۴۰ * ۰/۵۵ = ۷۷$
۴۵۰۰	$۴۵۰۰ * ۰/۰۴ = ۱۸۰$	$۱۸۰ * ۰/۵۵ = ۹۹$
۵۵۰۰	$۵۵۰۰ * ۰/۰۴ = ۲۲۰$	$۲۲۰ * ۰/۵۵ = ۱۲۱$
۶۵۰۰	$۶۵۰۰ * ۰/۰۴ = ۲۶۰$	$۲۶۰ * ۰/۵۵ = ۱۴۳$

منبع: محاسبات تحقیق

محاسبه‌ی برق تولید شده از بیوگاز در هر گاوداری صنعتی

در این پژوهش فرض بر آن است که کل بیوگاز تولیدی در هر گاوداری صنعتی برای تولید برق وارد موتور ژنراتور می‌شود. هم‌چنین شایان ذکر است که از هر متر مکعب

بیوگاز، ۱/۸۷ کیلووات ساعت برق تولید می‌شود (آکبولوت، ۲۰۱۲).^۱ بر این اساس میزان برق قابل تولید از بیوگاز هر گاوداری صنعتی در جدول ۳ محاسبه شده است. همچنین از این میزان برق تولید شده، ۲۰٪ توسط خود نیروگاه مصرف می‌شود (گومز، ۲۰۱۰) و ۸۰٪ مابقی قابل فروش به شبکه خواهد بود. مصرف برق نیروگاه و برق قابل فروش به شبکه نیز در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- برق قابل تولید و قابل فروش به شبکه در هر گاوداری

فضولات گاوداری (کیلوگرم در روز)	برق قابل تولید در هر گاوداری (کیلووات ساعت در روز)	مصرف برق نیروگاه (کیلووات ساعت در روز)	برق قابل فروش به شبکه (کیلووات ساعت در روز)
۲۵۰۰	$100 * 1/87 = 117$	$117 * 0/2 = 23/4$	$117 * 0/8 = 9/6$
۳۵۰۰	$140 * 1/87 = 162$	$162 * 0/2 = 81/4$	$162 * 0/8 = 12/9/6$
۴۵۰۰	$180 * 1/87 = 207$	$207 * 0/2 = 103/4$	$207 * 0/8 = 16/6$
۵۵۰۰	$220 * 1/87 = 252$	$252 * 0/2 = 126/2$	$252 * 0/8 = 20/1/8$
۶۵۰۰	$260 * 1/87 = 298$	$298 * 0/2 = 149/2$	$298 * 0/8 = 23/8/8$

منبع: محاسبات تحقیق

۵- شرح پروژه

نرم افزار مورد استفاده برای تحلیل هزینه-فایده، نرم افزار کامفار^۲ است. اطلاعات پروژه، به شرح زیر می‌باشد:

- دوره‌ی ساخت و ساز برای احداث واحدهای بیوگاز یک سال در نظر گرفته شده است. طول عمر پروژه نیز برابر ۱۵ سال می‌باشد (یریدو و همکاران، ۲۰۰۹).
 - متوسط نرخ تورم از سال ۱۳۸۴ تا سال ۱۳۹۰، با در نظر گرفتن سال ۱۳۸۳ به‌عنوان سال پایه، ۱۵/۸۲ درصد می‌باشد (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۹۰، شاخص بهای کالا و خدمات مصرفی در مناطق شهری ایران). بر این اساس نرخ تورمی که در این پژوهش در نظر گرفته شده، ۱۶ درصد است. ابتدا تمام محاسبات با این نرخ و سپس تحلیل حساسیتی نسبت به نرخ‌های تورم ۸ و ۲۴ درصد انجام خواهد شد.

- نرخ تنزیل بیانگر نرخ‌ی است که به وسیله‌ی آن جریان نقدی آینده به جریان نقدی زمان حال تبدیل می‌شود و دربرگیرنده‌ی عواملی مانند کاهش ارزش پول، مطلوبیت زمانی مصرف و مخاطرات برگشت سرمایه می‌باشد. بر این اساس، برای تعیین نرخ تنزیل می‌توان نرخ سود اوراق مشارکت را در نظر گرفت (مومن، ۱۳۸۹). نرخ تنزیل به کار رفته در این پژوهش، نرخ سود اوراق مشارکت سال ۱۳۹۰ می‌باشد که بر اساس آمارهای بانک مرکزی ۲۰٪ است (بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۹۰، خلاصه‌ی تحولات اقتصادی کشور).

- گمز و همکاران (۲۰۱۰)، هزینه‌ی تولید برق از بیوگاز حاصل از فضولات دامی برای کشور اسپانیا را مطابق با رابطه‌ی (۲) تخمین زده‌اند. شایان ذکر است که این هزینه شامل تمام هزینه‌های تولید برق اعم از هزینه‌های ساخت واحد بیوگاز، تجهیزات مورد نیاز برای تولید برق و... می‌باشد.

$$I = 101522 + 3500 X \quad (2)$$

که در آن I هزینه‌های تولید برق بر حسب یورو و X توان الکتریکی نیروگاه بر حسب کیلووات می‌باشد. عملکرد نیروگاه در سال نیز ۸۰۰۰ ساعت در نظر گرفته می‌شود (گومز و همکاران، ۲۰۱۰). در جدول ۳ برق قابل تولید روزانه بر حسب کیلووات ساعت محاسبه شده است. بر این اساس برق قابل تولید سالانه نیز به راحتی قابل محاسبه خواهد بود. از تقسیم برق قابل تولید سالانه بر تعداد ساعت عملکرد نیروگاه در سال، توان الکتریکی نیروگاه قابل محاسبه است. با داشتن توان الکتریکی نیروگاه، طبق رابطه‌ی (۲) هزینه‌های تولید برق از بیوگاز بر حسب یورو و ریال قابل محاسبه خواهد بود. این محاسبات در جدول پ. ۱ در پیوست انجام شده است. شایان ذکر است که در این پژوهش نرخ تبدیل ارز به ازای هر یورو ۳۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.

- هزینه‌های تولید

۱. هزینه‌ی مواد خام: مواد خام مورد استفاده، فضولات دامی و آب است. قیمت فروش هر متر مکعب آب به واحدهای صنعتی ۴۰۰۰ ریال می‌باشد (شرکت آب و فاضلاب استان تهران، ۱۳۹۲). همان‌طور که اشاره شد، فضولات گاوی و آب به نسبت یک به یک وارد مخزن تخمیر می‌شوند. بر این اساس، مقدار آب مصرفی و هزینه‌های آن در جدول پ. ۲ در پیوست محاسبه شده است. در این پژوهش هزینه‌ی فضولات دامی که وارد واحد بیوگاز می‌شود، صفر در نظر گرفته شده است.

۲. هزینه‌های تعمیر و نگهداری، سالانه برابر ۱۰ درصد هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه می‌باشد (پیات مانومایی و همکاران^۱، ۲۰۰۹). این هزینه‌ها در جدول پ. ۳ در پیوست محاسبه شده است.

۳. دستمزد: فرض بر آن است که برای هر واحد بیوگاز یک کارگر ساده و یک تکنسین ماشین‌آلات مورد نیاز است. حداقل مزد روزانه‌ی سال ۱۳۹۲ برای همه‌ی کارگران مشمول قانون کار، مبلغ ۱۶۲۳۷۵ ریال می‌باشد (وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، ۱۳۹۲). بر این اساس، در این پژوهش، حقوق ماهیانه‌ی هر کارگر ساده با در نظر گرفتن بن کارگری، کمک هزینه‌ی مسکن، کمک هزینه‌ی عائله‌مندی و... برابر ۷۰۰۰ هزار ریال و حقوق ماهانه تکنسین ماشین‌آلات نیز ۱۲۰۰۰ هزار ریال در نظر گرفته شده است.

- برنامه‌ی فروش محصولات: هر پروژه دارای دو محصول برق و کود غنی شده است. ۱. در جدول ۳ برق قابل فروش به شبکه در هر گاوداری صنعتی محاسبه شده است. نرخ پایه‌ی خرید برق وزارت نیرو از نیروگاه‌های انرژی‌های نو در سال ۱۳۹۱، ۱۸۶۳/۲ ریال به ازای هر کیلووات ساعت می‌باشد (سازمان انرژی‌های نو ایران، ۱۳۹۱). در این مقاله نیز قیمت هر کیلووات ساعت برق همین رقم در نظر گرفته شده است. ۲. کارلاس و همکاران (۲۰۱۰)، از بررسی کود خروجی به این نتیجه رسیدند که ۴۴/۵۲٪ از لجن تخمیری روزانه‌ی کود مایع و ۵۵/۴۸٪ از آن کود غنی شده می‌باشد. بر این اساس جدول ۴ میزان کود غنی شده‌ی گاوی تولید شده در هر گاوداری را نشان می‌دهد.

جدول ۴- میزان کود غنی شده‌ی گاوی روزانه

فضولات گاوداری (کیلوگرم در روز)	کود غنی شده‌ی گاوی روزانه (کیلوگرم)
۲۵۰۰	$۰/۵۵۴۸ * ۵۰۰۰ = ۲۷۷۴$
۳۵۰۰	$۰/۵۵۴۸ * ۷۰۰۰ = ۳۸۸۴$
۴۵۰۰	$۰/۵۵۴۸ * ۹۰۰۰ = ۴۹۹۳$
۵۵۰۰	$۰/۵۵۴۸ * ۱۱۰۰۰ = ۶۱۰۳$
۶۵۰۰	$۰/۵۵۴۸ * ۱۳۰۰۰ = ۷۲۱۲$

منبع: محاسبات تحقیق

لازم به ذکر است که در این پژوهش فقط کود غنی شده‌ی گاوی به‌عنوان یک محصول در نظر گرفته شده و از ارزش کود مایع صرف نظر می‌شود. قیمت هر کیلوگرم کود غنی شده ۰/۰۳ یورو می‌باشد (پیپت مانومایی و همکاران، ۲۰۰۹). همان‌طور که اشاره شد نرخ تبدیل ارز به ازای هر یورو ۳۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. بنابراین قیمت کود غنی شده برابر ۹۰۰ ریال می‌باشد. شایان ذکر است که با تحقیقات به عمل آمده از فروشندگان این نوع از کودها در داخل کشور، این قیمت مورد تأیید می‌باشد. درآمد سالانه‌ی هر گاوداری صنعتی از محل فروش برق و کود در جداول پ. ۴ و پ. ۵ در پیوست محاسبه شده است.

- منابع تأمین مالی: صندوق توسعه‌ی ملی تسهیلاتی را برای تولید و توسعه‌ی سرمایه‌گذاری‌های دارای توجیه فنی، مالی و اقتصادی در اختیار بخش خصوصی قرار می‌دهد. بر اساس نظام‌نامه‌ی این صندوق، سهم آورده سرمایه‌گذار بخش خصوصی، برابر ۲۵ درصد از هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه طرح می‌باشد و ۷۵ درصد مابقی از طریق اعطای وام قابل تأمین است. هم‌چنین نرخ سود تسهیلات اعطایی به بخش صنعت و معدن، ۱۶ درصد می‌باشد. دوره‌ی تنفس ۶ ماه و دوره‌ی بازپرداخت تسهیلات اعطایی مدت ۸ سال (با احتساب دوره‌ی ساخت و ساز و تنفس) می‌باشد (صندوق توسعه‌ی ملی، ۱۳۹۱). در جدول پ. ۶ در پیوست مقدار وام و آورده سهام‌داران محاسبه شده است.

- مالیات بر درآمد: بر اساس ماده ۱۰۵ قانون مالیات‌های مستقیم، درآمد ناشی از فعالیت‌های انتفاعی، مشمول مالیات به نرخ ۲۵ درصد خواهد بود. هم‌چنین بر اساس ماده ۱۳۲ این قانون، درآمد مشمول مالیات در واحدهای تولیدی یا معدنی، در بخش تعاونی یا خصوصی، که از سال ۱۳۸۱ به بعد برای آن‌ها پروانه بهره‌برداری صادر شده است، از تاریخ شروع بهره‌برداری به میزان ۸۰ درصد و به مدت ۴ سال از مالیات موضوع ماده ۱۰۵ قانون مالیات‌های مستقیم معاف هستند (سازمان امور مالیاتی کشور، ۱۳۸۱).

- در تحلیل هزینه-فایده اجتماعی، علاوه بر همه درآمدها و هزینه‌های طرح، اثرات اجتماعی حاصل از احداث این نیروگاه‌ها را نیز در نظر گرفته می‌شود. یریدو و همکاران (۲۰۰۹) این اثرات را که شامل کمک به سلامت انسان و حفظ محیط زیست است، سالانه برابر ۵۰۰۰ دلار به ازای هر واحد بیوگاز در نظر گرفته‌اند. در این پژوهش علاوه بر این مقدار تحلیل حساسیتی نیز نسبت به اثرات اجتماعی ۲۵۰۰ و ۱۰۰۰ دلاری

انجام می‌شود. لازم به ذکر است که در این پژوهش نرخ تبدیل ارز به ازای هر دلار ۲۵۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.

۶- تجزیه و تحلیل نتایج

نتایج حاصل از تحلیل هزینه-فایده از دیدگاه بخش خصوصی (بدون در نظر گرفتن اثرات اجتماعی) و تحلیل هزینه-فایده‌ی اجتماعی (با در نظر گرفتن این اثرات) به شرح زیر می‌باشد:

نتایج حاصل از تحلیل هزینه-فایده از دیدگاه بخش خصوصی

نتایج این تحلیل در جدول ۵ خلاصه شده است. از جمله معیارهای مهم در بررسی توجیه‌پذیری پروژه‌ها معیارهای ارزش فعلی منافع خالص^۱، نرخ بازدهی داخلی^۲ و دوره‌ی برگشت سرمایه^۳ می‌باشد. معیار ارزش فعلی منافع خالص از کسر کردن ارزش فعلی هزینه‌ها از ارزش فعلی درآمدها به دست می‌آید و چنانچه بزرگ‌تر از صفر باشد، اجرای طرح از نظر اقتصادی دارای توجیه خواهد بود. نرخ بازدهی داخلی نرخ است که در آن، ارزش فعلی درآمدها برابر ارزش فعلی هزینه‌های طرح می‌شود و یا به عبارتی ارزش فعلی منافع خالص برابر صفر می‌شود. چنانچه این نرخ از نرخ سود وام دریافتی از بانک بیش‌تر باشد، طرح دارای توجیه اقتصادی است. معیار دوره‌ی برگشت سرمایه نیز نشان دهنده‌ی مدت زمانی است که طی آن هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه‌ی طرح با خالص درآمد جبران می‌شود (جعفری صمیمی، ۱۳۷۶). طبق جدول، معیار ارزش فعلی منافع خالص برای تمام پروژه‌ها به جز برای گاوداری‌های صنعتی با فضولات دامی ۲۵۰۰ کیلوگرم در روز و البته در نرخ تورم ۸ درصد، مثبت است. نرخ بازدهی داخلی نیز برای تمام پروژه‌ها به جز برای پروژه‌ی نامبرده از نرخ سود وام دریافتی از بانک بیش‌تر است. دوره‌ی برگشت سرمایه نیز در تمام پروژه‌ها به جز برای پروژه‌ی نامبرده تقریباً کوتاه و بین ۳ تا ۶ می‌باشد. بر این اساس مشخص می‌شود تقریباً تولید پراکنده‌ی برق از بیوگاز در گاوداری‌های صنعتی از دیدگاه بخش خصوصی دارای صرفه‌ی اقتصادی است.

1- Net Present Value (NPV)

2- Internal Rate of Return (IRR)

3- Pay-back Period (PP)

طبق جدول هر چه قدر که ابعاد گاوداری بزرگ‌تر می‌شود، ارزش فعلی منافع خالص حاصل از طرح نیز افزایش می‌یابد. دلیل این امر آن است که با افزایش مقدار فضولات گاوی در گاوداری‌ها، درآمدها به نسبت هزینه‌ها بسیار بیش‌تر افزایش پیدا می‌کنند و این امر سبب می‌شود که ارزش فعلی منافع خالص افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته باشد؛ به عبارت دیگر در احداث واحدهای بزرگ‌تر بیوگاز، صرفه‌های ناشی از مقیاس وجود دارد.

جدول ۵- نتایج حاصل از تحلیل هزینه- فایده از دیدگاه بخش خصوصی و تحلیل حساسیت نسبت به

تورم

معیار ارزیابی	تورم ۸ درصد					تورم ۱۶ درصد					تورم ۲۴ درصد				
	۲۵۰۰	۳۵۰۰	۴۵۰۰	۵۵۰۰	۶۵۰۰	۲۵۰۰	۳۵۰۰	۴۵۰۰	۵۵۰۰	۶۵۰۰	۲۵۰۰	۳۵۰۰	۴۵۰۰	۵۵۰۰	۶۵۰۰
NPV (میلیون ریال)	-۱۵۵۰	۴۸۸	۳۴۹۸	۴۵۱۴	۶۵۲۴	۱۶۶	۳۴۶۹	۷۰۸۶	۱۰۷۱۱	۱۴۳۲۸	۲۷۳۲	۹۴۵۱	۱۶۱۵۵	۲۲۸۶۹	۲۹۵۷۳
IRR (درصد)	۱۲/۰۱	۲۲/۱۲	۲۹/۶۲	۳۵/۷۹	۴۰/۹۹	۱۹/۳۸	۳۰/۵۱	۳۸/۶۹	۴۵/۳۸	۵۱/۰۲	۲۷/۰۴	۳۹/۰۸	۴۷/۱۹	۵۵/۰۸	۶۱/۱۳
PP (سال)	۸/۷۶	۵/۷۸	۴/۶	۴	۳/۶۲	۷/۳۱	۵/۰۴	۴/۱۶	۳/۶۶	۳/۳۴	۶/۳۹	۴/۵۶	۳/۸۴	۳/۴۱	۳/۱۵

منبع: محاسبات تحقیق

هم‌چنین ملاحظه می‌شود که با در نظر گرفتن تورم بالاتر، معیار ارزش فعلی منافع خالص بیش‌تر می‌شود. در این طرح‌ها، هزینه‌ها بیش‌تر مربوط به سرمایه‌گذاری اولیه (در دوره‌ی ساخت و ساز) بوده و در دوره‌ی بهره‌برداری هزینه‌ها کم‌تر و درآمدها زیادتر هستند. بر این اساس وقتی نرخ تورم بالاتر در نظر گرفته می‌شود، این نرخ درآمدهای آینده را نسبت به هزینه‌های آینده بیش‌تر افزایش خواهد داد و این امر سبب می‌شود ارزش فعلی منافع خالص افزایش یابد. دقیقاً به همین علت است که تولید پراکنده‌ی برق از بیوگاز در گاودارهای صنعتی با فضولات ۲۵۰۰ کیلوگرم در روز در شرایط تورمی ۸ درصد دیگر توجیه‌پذیر نخواهد بود.

نتایج حاصل از تحلیل حساسیت نسبت به تورم برای گاوداری‌های صنعتی با فضولات دامی ۳۵۰۰ کیلوگرم در روز و بیش‌تر نشان می‌دهد که نتایج نسبت به افزایش

و یا کاهش قیمت‌ها حساسیت نشان نمی‌دهند؛ چراکه طبق جدول با در نظر گرفتن نرخ‌های تورم ۸ و ۲۴ درصد، هم‌چنان دارای صرفه اقتصادی می‌باشند؛ اما گاوداری‌های صنعتی با فضولات دامی ۲۵۰۰ کیلوگرم در روز نسبت به کاهش قیمت‌ها حساس‌اند؛ چراکه در شرایطی با نرخ تورم ۸ درصد دیگر توجیه‌پذیر نمی‌باشند.

نتایج حاصل از تحلیل هزینه-فایده‌ی اجتماعی

در تحلیل هزینه-فایده‌ی اجتماعی علاوه بر همه درآمدها و هزینه‌ها، اثرات اجتماعی حاصل از احداث نیروگاه‌های بیوگازسوز (کمک به سلامت انسان و حفظ محیط زیست) نیز در نظر گرفته می‌شود. نتایج این تحلیل در جدول ۶ خلاصه شده است. نتایج حاصل از تحلیل هزینه-فایده‌ی اجتماعی نیز، به جز برای گاوداری‌های صنعتی با فضولات دامی ۲۵۰۰ کیلوگرم در روز و البته در نرخ تورم ۸ درصد، نشان‌دهنده‌ی صرفه‌های اقتصادی برای تمامی ابعاد مختلف گاوداری است، چراکه معیار ارزش فعلی منافع خالص مثبت بوده و نرخ بازدهی داخلی نیز از نرخ سود وام بانکی بیش‌تر است. هم‌چنین مشاهده می‌شود نسبت فایده به هزینه^۱ نیز که از تقسیم ارزش فعلی درآمدها بر ارزش فعلی هزینه‌ها به دست می‌آید و چنان‌چه این معیار بزرگ‌تر از یک باشد، طرح دارای توجیه اقتصادی خواهد بود، در تمام موارد، به جز پروژه‌ی اشاره شده، از عدد یک بیش‌تر است.

مطابق با جدول ۶، هرچه‌قدر ابعاد گاوداری بزرگ‌تر می‌شود، معیارهای ارزش فعلی منافع خالص و نسبت فایده به هزینه بزرگ‌تر می‌شوند؛ همان‌طور که قبلاً اشاره شد، علت این مسأله صرفه‌های ناشی از مقیاس است. هم‌چنین مطابق با جدول ملاحظه می‌شود که همانند تحلیل هزینه-فایده از دیدگاه بخش خصوصی، با در نظر گرفتن نرخ تورم بالاتر توجیه‌پذیری طرح‌ها بیش‌تر می‌شود.

جدول ۶- نتایج حاصل از تحلیل هزینه - فایده‌ی اجتماعی و تحلیل حساسیت نسبت به نرخ تورم و اثرات اجتماعی پروژه (واحد NPV: میلیون ریال و واحد IRR: درصد)

اثرات اجتماعی (دلار)	تورم ۸ درصد			تورم ۱۶ درصد			تورم ۲۴ درصد			
	معیار ارزیابی	NPV	IRR	B/C	NPV	IRR	B/C	NPV	IRR	B/C
۶۵۰۰	۳۹۱۰۳	۶۶۳	۲/۵	۴۰۰۱۹	۶۷۱۹	۲/۵۴	۴۱۵۴۵	۶۸۶۷	۲/۶	۶۵۰۰
۵۵۰۰	۳۰۵۷۹	۶۰/۰۷	۲/۲۴	۳۱۴۹۴	۶۱۰۰۵	۲/۲۸	۳۳۰۲۱	۶۲/۶۶	۲/۳۴	۵۵۰۰
۴۵۰۰	۲۲۰۴۲	۵۲/۶۵	۱/۹۵	۲۲۹۵۸	۵۲/۷۳	۱/۹۹	۲۴۴۸۴	۵۵/۵۲	۲/۰۵	۴۵۰۰
۳۵۰۰	۱۳۵۱۸	۴۳/۵۴	۱/۶۲	۱۴۴۴۴	۴۴/۸۱	۱/۶۶	۱۵۹۶۰	۴۶/۸۸	۱/۷۳	۳۵۰۰
۲۵۰۰	۴۹۸۶	۳۱/۱۵	۱/۲۴	۵۹۰۲	۳۲/۸۶	۱/۲۹	۷۴۲۸	۳۵/۵۵	۱/۳۶	۲۵۰۰
۶۵۰۰	۱۸۹۰۱	۵۵/۶۴	۲/۱۲	۱۹۴۰۴	۵۶/۴۷	۲/۱۵	۲۰۲۴۲	۵۷/۸۵	۲/۲	۶۵۰۰
۵۵۰۰	۱۴۳۹۲	۴۹/۸۲	۱/۹۱	۱۴۸۹۵	۵۰/۷۳	۱/۹۴	۱۵۷۳۳	۵۲/۲۳	۱/۹۹	۵۵۰۰
۴۵۰۰	۹۸۷۵	۴۲/۸۸	۱/۶۶	۱۰۳۷۷	۴۲/۸۹	۱/۶۹	۱۱۲۱۶	۴۵/۵۷	۱/۷۵	۴۵۰۰
۳۵۰۰	۵۳۶۶	۳۴/۳۸	۱/۳۸	۵۸۶۹	۳۵/۵۶	۱/۴۲	۶۷۰۷	۳۷/۵	۱/۴۸	۳۵۰۰
۲۵۰۰	۰/۸۵۳	۲۲/۸۵	۱/۰۷	۱۳۵۶	۲۴/۴۳	۱/۱	۲۱۹۴	۲۶/۹۴	۱/۱۷	۲۵۰۰
۶۵۰۰	۸۶۷۳	۴۴/۹۸	۱/۷۳	۸۹۶۲	۴۵/۷۵	۱/۷۵	۹۴۴۴	۴۷/۰۴	۱/۷۹	۶۵۰۰
۵۵۰۰	۶۲۲۵	۳۹/۵۷	۱/۵۶	۶۵۱۴	۴۰/۴۲	۱/۵۸	۶۹۹۶	۴۱/۸۲	۱/۶۲	۵۵۰۰
۴۵۰۰	۳۷۷۰	۳۳/۱۳	۱/۳۶	۴۰۵۹	۳۴/۰۷	۱/۳۹	۴۵۴۱	۳۵/۶۲	۱/۴۳	۴۵۰۰
۳۵۰۰	۱۳۲۲	۲۵/۲۴	۱/۱۳	۱۶۱۱	۲۶/۳۴	۱/۱۶	۲۰۹۴	۲۸/۱۳	۱/۳۱	۳۵۰۰
۲۵۰۰	-۱۱۲۷	۱۴/۶	۰/۸۸	-۸۳۸	۱۶/۰۵	۰/۹۱	-۳۵۶	۱۸/۳۶	۰/۹۶	۲۵۰۰

منبع: محاسبات تحقیق

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، حتی با در نظر گرفتن حداقل اثرات اجتماعی (۱۰۰۰ دلار) طرح دارای توجیه‌پذیری اقتصادی است. به علاوه آن‌که با در نظر گرفتن اثرات اجتماعی به میزان بیش‌تر (۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ دلار)، با توجه به هر سه معیار، سودآوری تمام پروژه‌ها بالاتر خواهد بود.

نتایج حاصل از تحلیل حساسیت نسبت به تورم و نیز نسبت به اثرات اجتماعی حاکی از آن است که نتایج برای گاو‌داری‌های صنعتی با فضولات ۳۵۰۰ کیلوگرم در روز

و بیش‌تر به تغییر هیچ یک از این دو عامل حساس نمی‌باشند؛ چراکه با در نظر گرفتن نرخ‌های تورم مختلف و مقادیر مختلف اثرات اجتماعی، تمامی پروژه‌ها هم‌چنان دارای توجیه اقتصادی می‌باشند؛ اما نتایج گاو‌داری‌های صنعتی با فضولات ۲۵۰۰ کیلوگرم در روز نسبت به کاهش نرخ تورم حساسیت نشان می‌دهند.

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

تولید پراکنده‌ی برق از منابع تجدیدپذیر باعث کاهش تلفات انتقال برق و کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی خواهد شد. از سوی دیگر نیز نتایج تحلیل هزینه-فایده تولید پراکنده‌ی برق از بیوگاز حاصل از فضولات گاوی در گاو‌داری‌های صنعتی کشور تقریباً نشان دهنده‌ی صرفه‌های اقتصادی بوده است. به علاوه آن که استفاده از این فناوری اثرات اجتماعی بسیاری در حوزه‌ی کمک به سلامت انسان و حفظ محیط زیست در پی خواهد داشت. بر این اساس پیشنهاد می‌شود هم‌بخش خصوصی به دنبال استفاده از این فناوری باشد و از منافع اقتصادی آن بهره‌برد و هم دولت تشویقات لازم در خصوص افزایش تولید پراکنده‌ی برق از انرژی‌های تجدیدپذیر توسط بخش خصوصی را در پی گیرد؛ چراکه به این شکل با ایجاد ارزش افزوده از طریق تولید بیوگاز و بعد هم برق و هم‌چنین تولید کود به رشد اقتصادی کمک شده و اثرات قابل توجهی نیز در حوزه‌ی بهداشت و اشتغال‌زایی به وجود می‌آید.

فهرست منابع

امین صالحی، ف. و عبدلی، م. (۱۳۸۸)، *ضرورت توسعه‌ی نیروگاه‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت بیوگازسوز در کشور، نشریه‌ی انرژی ایران، سال ۱۲، شماره‌ی ۳۰، صص ۱۳-۲۴*.

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۰)، *خلاصه‌ی تحولات اقتصادی کشور، ص ۳۷*.

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۰)، *شاخص بهای کالا و خدمات مصرفی در مناطق شهری ایران در سال ۱۳۹۰ (۱۰۰=۱۳۸۳)، ص ۲۲*.

پاکدامن، ج. و زمردی، م. (۱۳۸۹)، بررسی میزان بیوگاز قابل استحصال از گاوداری‌های صنعتی استان تهران و آنالیز اقتصادی استفاده از سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت در یک گاوداری صنعتی ۱۰۰۰ رأسی، کنفرانس بهینه‌سازی مصرف انرژی.

پورخباز، ع. و حاجی زاده، ف. (۱۳۸۸)، ارزیابی زیست‌محیطی- اقتصادی انرژی بیوگاز، اولین کنفرانس انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده‌ی ایران.

جعفری صمیمی، ا. (۱۳۷۶)، مبانی اقتصاد مهندسی، انتشارات دانشگاه علوم و فنون مازندران.

دهواری، خ.، ثقه‌الاسلامی، ن. و رضوی طوسی، س. (۱۳۸۷)، طراحی واحد بیوگاز برای مناطق روستایی استان سیستان و بلوچستان، همایش ملی سوخت، انرژی و محیط زیست.

سازمان امور مالیاتی کشور (۱۳۸۱)، قانون مالیات‌های مستقیم.

سازمان انرژی‌های نو ایران (۱۳۹۱)، مجموعه‌ی اطلاعات راهنما احداث نیروگاه‌های برق تجدیدپذیر غیردولتی، ص ۲۹.

شاهقلیان، غ.، حیدری، م. و مهدوی، م.ا. (۱۳۸۸)، مکان‌یابی بهینه‌ی تولیدات پراکنده در شبکه‌های توزیع به روش الگوریتم مورچگان، مجله‌ی مهندسی برق مجلسی، سال ۳، شماره‌ی ۱، صص ۱۱-۱۸.

شرکت آب و فاضلاب استان تهران (۱۳۹۲)، تعرفه‌های آب و خدمات دفع فاضلاب.

شیخ‌الاسلامی، ج. (۱۳۸۹)، نتایج طراحی و ساخت بزرگ‌ترین پایلوت بیوگاز دامی / ایران، نخستین همایش بیوانرژی ایران.

صندوق توسعه‌ی ملی، (۱۳۹۱)، نظام‌نامه‌ی شرایط و ضوابط اعطای تسهیلات ریالی.

عادل‌گیلانی، ا. و سوری، ف. (۱۳۸۹)، فناوری بیوگاز گامی در راستای توسعه‌ی پایدار روستایی، ماهنامه‌ی نفت و انرژی، شماره‌ی ۵۱، صص ۲۹-۱۲.

عبدلی، م. (۱۳۸۹)، امکان‌سنجی و پتانسیل‌سنجی استفاده از منابع زیست‌توده در مناطق روستایی کشور، سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.

علیدادی، ا.، کوهی فایق دهکردی، ع.، ابراهیمیان، ش. و آقایی، ا. (۱۳۸۹)، بهره‌گیری از انرژی بیوگاز در روستای صمصامی در جهت کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط‌زیست.

عمرانی، ق.، صفا، م. و گلبابایی، ف. (۱۳۸۵)، بررسی کارایی همزن مکانیکی از نوع پایروبی ویژه‌ی دستگاه‌های بیوگاز به مدل چینی، مجله‌ی محیط‌شناسی، سال ۳۲، شماره‌ی ۴۰، صص ۱۹-۲۶.

مرکز آمار ایران (۱۳۸۹)، چکیده‌ی نتایج سرشماری از گاوداری‌های صنعتی کشور، صص ۲۹.

مومن، ز. (۱۳۸۹)، مقایسه‌ی اقتصادی تولید برق نیروگاه‌های برق آبی کوچک و سوخت‌های فسیلی با استفاده از تحلیل هزینه-فایده (مطالعه‌ی موردی: نیروگاه‌های منتخب)، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، صص ۱۹-۱۸، ۵۷ و ۶۱.

نصیری، ج. و کهرباییان، ا. (۱۳۸۲)، پتانسیل منابع زیست توده در ایران و اولویت‌بندی منابع بر مبنای قابلیت تولید برق، سومین همایش بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان.

نصیری، ج. (۱۳۸۷)، امکان‌سنجی نیروگاه بیوگازی ساوه، چهارمین همایش ملی مدیریت پسماند.

وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی (۱۳۹۲)، بخشنامه‌ی تعیین حداقل مزد کارگران دائم و موقت.

Akbulut, A. (2012), Techno-economic analysis of electricity and heat generation from farm-scale biogas plant: Çiçekdağı case study, *Energy* 44, 381-390.

Amiri, S., Henning, D. and Karlsson, B. G. (2013), Simulation and Introduction of a CHP Plant in a Swedish Biogas System, *Renewable Energy* 49, 242-249.

Barth, C. L., Hill, D. T. and Polokowski, L. B. (1974), Correlating Odor Intensity Index and Odorous Compounds in Stored Dairy Manure, *Transactions of the ASAE* 17, 742-747.

Bond, T. and Templeton, M. R. (2011), History and Future of Domestic Biogas Plants in the Developing World, *Energy for Sustainable Development* 15, 347-354.

Bruno, J. C., Ortega-López, V. and Coronas, A. (2009), Integration of Absorption Cooling Systems into Micro Gas Turbine Trigeneration Systems Using Biogas: Case Study of a Sewage Treatment Plant, *Applied Energy* 86, 837-847.

Contreras, A. M., Rosa, E., Pérez, M., Langenhove, H. V. and Dewulf J. (2009), Comparative Life Cycle Assessment of Four Alternatives for Using By-Products of Cane Sugar Production, *Journal of Cleaner Production* 17, 772-779.

Cote, C., Masse, D. I. and Quessy, S. (2006), Reduction of Indicator and Pathogenic Microorganisms by Psychrophilic Anaerobic Digestion in Swine Slurries, *Bioresource Technology* 97, 686-691.

Djatkov, D., Effenberger, M., Lehner, A., Martinov, M., Tesic, M. and Gronauer, A. (2012), New Method for Assessing the Performance of Agricultural Biogas Plants, *Renewable Energy* 40, 104-112.

Engler, C. R., Jordan, E. R., McFarland, M. J. and Lacewell R. D. (1999), Economics and Environmental Impact of Biogas Production as a Manure Management Strategy, In: Proceedings of the 1999 Texas Animal Manure Management Conference, Texas A&M University.

Gómez, A., Zubizarreta, J., Rodrigues, M., Dopazo, C. and Fueyo, N. (2010), Potential and cost of electricity generation from human and animal waste in Spain, *Renewable Energy* 35, 498-505.

Goodfellow Agricola Consultants Inc. (2007), The Elorin Bioenergy Feasibility Study: Anaerobic Digestion for Bioelectricity Production.

Guan, T. Y. and Holley, R. A. (2003), Pathogen Survival in Swine Manure Environments and Transmission of Human Enteric Illness: a Review, *Journal of Environmental Quality* 32, 83-392.

Jingura, R. M. and Matengaifa R., (2009), Optimization of Biogas Production by Anaerobic Digestion for Sustainable Energy Development in Zimbabwe, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, 1116-1120.

Karellas, S., Boukis, L. and Kontopoulos, G. (2010), Development of an Investment Decision Tool for Biogas Production from Agricultural Waste, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, 1273-1282.

Lusk, P. D. (1998), Methane Recovery from Animal Manures: The Current Opportunities Casebook, National Renewable Energy Laboratory US Department of Energy, Washington, DC.

- Madlener, R., Antunes, C. H. and Dias, L. C. (2009), Assessing the Performance of Biogas Plants with Multi-Criteria and Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research* 197, 1084-1094.
- Mahimairaja, S., Bolan, N. S., Hedley M. J. and Macgregor A. N. (1990), Evaluation Methods of Measurements of Nitrogen in Poultry and Animal Manure, *Fertilizer Resources* 24, 141.
- Martin, J. H. (2003), A Comparison of Dairy Cattle Manure Management with and without Anaerobic Digestion and Biogas Utilization, Eastern Research Group Inc., Boston, MA.
- Murphy, J. D., McKeogh, E. and Kiely, G. (2004), Technical/Economic/Environmental Analysis of Biogas Utilisation, *Applied Energy* 77, 407-427.
- Mwirigi, J. W., Makenzi, P. M. and Ochola, W. O. (2009), Socio-Economic Constraints to Adoption and Sustainability of Biogas Technology by Farmers in Nakuru Districts, Kenya, *Energy for Sustainable Development* 13, 106-115.
- Nelson, C. and Lamb, J. (2002), Haubenschild Farms Anaerobic Digester, Final Report, The Minnesota Project, St. Paul, MN, USA.
- Pipatmanomai, S., Kaewluan, S. and Vitidsant, T. (2009), Economic Assessment of Biogas-to-Electricity Generation System with H₂S Removal by Activated Carbon in Small Pig Farm, *Applied Energy* 86, 669-674.
- Seppala, M., Paavola, T., Lehtomäki, A. and Rintala, J. (2009), Biogas Production from Boreal Herbaceous Grasses – Specific Methane Yield and Methane Yield per Hectare, *Bioresource Technology* 100, 2952-2958.
- Singh, K. J. and Sooch, S. S. (2004), Comparative Study of Economics of Different Models of Family Size Biogas Plants for State of Punjab, India, *Energy Conversion and Management* 45, 1329-1341.
- Taleghani, G., Shabani Kia, A., (2005), Technical–Economic Analysis of the Saveh Biogas Power Plant, *Renewable Energy* 30, 441-446.
- Walekhwa, P. N., Mugisha, J. and Drake, L. (2009), Biogas Energy from Family-Sized Digesters in Uganda: Critical Factors and Policy Implications, *Energy Policy* 37, 2754-2762.
- White, A. J., Kirk, D. W. and Graydon, J. W. (2011), Analysis of Small-Scale Biogas Utilization Systems on Ontario Cattle Farms, *Renewable Energy* 36, 1019-1025.
- Wolf, D., Canstein, H. V. and Schröder, C. (2011), Optimisation of Biogas Production by Infrared Spectroscopy-Based Process Control, *Journal of Natural Gas Science and Engineering* 3, 625-632.

Yang, Y., Tsukahara, K. and Sawayama, S. (2008), Biodegradation and Methane Production from Glycerol-Containing Synthetic Wastes with Fixed-Bed Bioreactor Under Mesophilic and Thermophilic Anaerobic Conditions, *Process Biochemistry* 43, 362-367.

Yiridoe, E. K., Gordon, R. and Brown, B. B. (2009), Nonmarket Cobenefits and Economic Feasibility of On-Farm Biogas Energy Production, *Energy Policy* 37, 1170-1179.

پیوست‌ها

جدول ۱- برق قابل تولید سالانه و هزینه‌های تولید برق از بیوگاز حاصل از فضولات دامی

هزینه‌های تولید (هزار ریال)	هزینه‌های تولید برق (واحد بیوگاز، تجهیزات لازم و...) (یورو)	برق قابل تولید در هر گاوداری (کیلووات ساعت در سال)	فضولات گاوداری (کیلوگرم در روز)
۳۹۴۱۵۲۰	$I=101522+3500(68255/8000)=131384$	$۱۸۷ * ۳۶۵ = ۶۸۲۵۵$	۲۵۰۰
۴۳۰۰۸۰۰	$I=101522+3500(95630/8000)=143360$	$۲۶۲ * ۳۶۵ = ۹۵۶۳۰$	۳۵۰۰
۴۶۶۰۱۱۰	$I=101522+3500(123005/8000)=155337$	$۳۳۷ * ۳۶۵ = ۱۲۳۰۰۵$	۴۵۰۰
۵۰۱۴۶۲۰	$I=101522+3500(150015/8000)=167154$	$۴۱۱ * ۳۶۵ = ۱۵۰۰۱۵$	۵۵۰۰
۵۳۷۳۹۰۰	$I=101522+3500(177390/8000)=179130$	$۴۸۶ * ۳۶۵ = ۱۷۷۳۹۰$	۶۵۰۰

منبع: محاسبات محقق

جدول ۲- آب مصرفی سالانه و هزینه‌های آن

هزینه‌های سالانه آب (ریال)	آب مورد نیاز سالانه (مترمکعب)	فضولات گاوداری (کیلوگرم در روز)
$۹۱۲/۵ * ۴۰۰۰ = ۳۶۵۰۰۰۰$	$۲/۵ * ۳۶۵ = ۹۱۲/۵$	۲۵۰۰
$۵۱۱۰۰۰۰ * ۱۲۷۷/۵ * ۴۰۰۰ =$	$۳/۵ * ۳۶۵ = ۱۲۷۷/۵$	۳۵۰۰
$۶۵۷۰۰۰۰ * ۱۶۴۲/۵ * ۴۰۰۰ =$	$۴/۵ * ۳۶۵ = ۱۶۴۲/۵$	۴۵۰۰
$۸۰۳۰۰۰۰ * ۲۰۰۷/۵ * ۴۰۰۰ =$	$۵/۵ * ۳۶۵ = ۲۰۰۷/۵$	۵۵۰۰
$۹۴۹۰۰۰۰ * ۲۳۷۲/۵ * ۴۰۰۰ =$	$۶/۵ * ۳۶۵ = ۲۳۷۲/۵$	۶۵۰۰

منبع: محاسبات محقق

جدول ۳- هزینه‌های تعمیر و نگهداری سالانه

هزینه‌های تعمیر و نگهداری سالانه (هزار ریال)	فضولات گاوداری (کیلوگرم در روز)
۳۹۴۱۵۲	۲۵۰۰
۴۳۰۰۸۰	۳۵۰۰
۴۶۶۰۱۱	۴۵۰۰
۵۰۱۴۶۲	۵۵۰۰
۵۳۷۳۹۰	۶۵۰۰

منبع: محاسبات محقق

جدول ۴- درآمد سالانه از محل فروش برق

درآمد حاصل از فروش برق (ریال در سال)	برق قابل فروش سالانه (کیلووات ساعت)	فضولات گاوداری (کیلوگرم در روز)
$۱۰۱۷۳۸۱۷۳ = ۱۸۶۳/۲ * ۵۴۶۰۴$	$۱۴۹/۶ * ۳۶۵ = ۵۴۶۰۴$	۲۵۰۰
$۱۴۲۵۴۲۲۵۳ = ۱۸۶۳/۲ * ۷۶۵۰۴$	$۲۰۹/۶ * ۳۶۵ = ۷۶۵۰۴$	۳۵۰۰
$۱۸۳۳۴۶۳۳۳ = ۱۸۶۳/۲ * ۹۸۴۰۴$	$۲۶۹/۶ * ۳۶۵ = ۹۸۴۰۴$	۴۵۰۰
$۲۲۳۶۰۶۳۵۸ = ۱۸۶۳/۲ * ۱۲۰۰۱۲$	$۳۲۸/۸ * ۳۶۵ = ۱۲۰۰۱۲$	۵۵۰۰
$۲۶۴۴۱۰۴۳۸ = ۱۸۶۳/۲ * ۱۴۱۹۱۲$	$۳۸۸/۸ * ۳۶۵ = ۱۴۱۹۱۲$	۶۵۰۰

منبع: محاسبات محقق

جدول ۵- درآمد سالانه از محل فروش کود

درآمد حاصل از فروش کود (ریال در سال)	کود تولید شده سالانه (کیلوگرم)	فضولات گاوداری (کیلوگرم در روز)
$۹۱۱۲۵۹۰۰۰ = ۹۰۰ * ۱۰۱۲۵۱۰$	$۲۷۷۴ * ۳۶۵ = ۱۰۱۲۵۱۰$	۲۵۰۰
$۱۲۷۵۸۹۴۰۰۰ = ۹۰۰ * ۱۴۱۷۶۶۰$	$۳۸۸۴ * ۳۶۵ = ۱۴۱۷۶۶۰$	۳۵۰۰
$۱۶۴۰۲۰۰۵۰۰ = ۹۰۰ * ۱۸۲۲۴۴۵$	$۴۹۹۳ * ۳۶۵ = ۱۸۲۲۴۴۵$	۴۵۰۰
$۲۰۰۴۸۳۵۵۰۰ = ۹۰۰ * ۲۲۲۷۵۹۵$	$۶۱۰۳ * ۳۶۵ = ۲۲۲۷۵۹۵$	۵۵۰۰
$۲۳۶۹۱۴۲۰۰۰ = ۹۰۰ * ۲۶۳۲۳۸۰$	$۷۲۱۲ * ۳۶۵ = ۲۶۳۲۳۸۰$	۶۵۰۰

منبع: محاسبات محقق

جدول ۶- مقدار وام و آورده سهام‌داران

آورده سهام‌داران (هزار ریال)	مقدار وام (هزار ریال)	فضولات گاوداری (کیلوگرم در روز)
۹۸۵۳۸۰	۲۹۵۶۱۴۰	۲۵۰۰
۱۰۷۵۲۰۰	۳۲۲۵۶۰۰	۳۵۰۰
۱۱۶۵۰۲۷/۵	۳۴۹۵۰۸۲/۵	۴۵۰۰
۱۲۵۳۶۵۵	۳۷۶۰۹۶۵	۵۵۰۰
۱۳۴۳۴۷۵	۴۰۳۰۴۲۵	۶۵۰۰

منبع: محاسبات محقق