Archive of SID

فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی
سال چهارم/ شماره ۱۳/ زمستان ۱۳۹۷/ صفحات ۱۵۹-۱۲۳

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

اولویت بندی فناوری‌های تبدیل پسماند شهری به سوخت‌زیستی در ایران

فرناز امین صالحی
استادیار مهندسی محیط زیست، مؤسسه آموزش عالی مهر البرز (نویسنده مسئول)
aminsalehi@mehralborz.ac.ir
عارف نوروز
کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، مؤسسه آموزش عالی مهر البرز
norouzibaris@yahoo.com
کامبیز رضاپور
استادیار مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
rezapour@kiau.ac.ir

توسعه اقتصادی و افزایش تقاضا برای انرژی، استفاده از منابع انرژی بی خطر و تجدید پذیر را ضروری می‌نماید. پسماند جامد شهری به‌عنوان یکی از منابع زیست توده به طور قابل توجهی در ایجاد یک منبع انرژی تجدیدپذیر کمک می‌نماید. در حال حاضر در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، روش‌های معمول دفع پسماند شهری منجر به بروز بسیاری از مشکلات زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی شده است و از این رو شناسایی راهکار بهینه برای مدیریت صحیح پسماند شهری از مهمترین اهداف کشورها می‌باشد. هدف از این تحقیق مقایسه فنی و اولویت‌بندی چهار فناوری تبدیل پسماند شهری به سوخت‌زیستی برای انتخاب بهترین کاربری آن در شرایط کشور ایران می‌باشد. روش مورد استفاده در این تحقیق تحلیل سلسله مراتبی است و نتیجه هر دو روش نشان می‌دهد که هضم بی هوازی در اولویت اول قرار دارد.

واژگان کلیدی: پسماند شهری، فناوری‌های تولید سوخت‌زیستی، تحلیل سلسله مرتبه‌ای

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۸

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

۱. مقدمه

محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی چالش جوامع پیشرفته صنعتی را به همراه داشته است، از این رو محققان و اندیشمندان در پی راه کاری کارآمدتر در بهره‌برداری از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای منابع فسیلی هستند (کاپلان پرز و همکاران[1]، ۲۰۱۴). از مزایای کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد که امروزه مشکلات زیست‌محیطی بسیاری از جمله افزایش دمای زمین، تغییرات آب و هوایی، بالا آمدن سطح آب دریاها و وقوع طوفان‌ها را به همراه داشته است (جی‌کابز سان[2]، ۲۰۱۷). با به‌کارگیری این منابع پاک و تجدیدپذیر در تأمین بخشی از انرژی مصرفی جهان، کمک شایانی به حل مشکلات زیست محیطی، دستیابی به توسعه اقتصادی و اجتماعی خواهد شد. با توجه به برخورداری از پتانسیل مطلوب و مناسب انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور، توسعه منطقی این منابع ارزشمند و خدادادی موجه به نظر می‌رسد، چرا که از این طریق می‌توان در جهت اهداف توسعه پایدار نیز گام برداشت (مددی و همکاران[3]، ۲۰۱۷). در این میان منابع زیست‌توده نسبت به دیگر منابع تجدیدپذیر برتری دارد، زیرا به راحتی به سوخت‌های جامد، مایع و گاز مفید تبدیل می‌گردد، از جمله منابع بیوماس که امروزه دغدغه زیادی در شهرهای بزرگ ایجاد نموده است، پسماند شهری می‌باشد که تعیین بهترین راهکار برای مدیریت آن از سیاست‌های اصلی سازمان‌های ذیربط می‌باشد (سیکاروار و همکاران[4]، ۲۰۱۷؛ مولر[5]، ۲۰۱۴).

1. Capellan-Preze et al
2. Jacobson
3. Madadi et al.
4. Sikarwar et al.
5. Muller

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

گسترش وسعت شهرها و ازدیاد جمعیت در شهرهای بزرگ، ره آوردهای مختلفی از جمله تجمع پسماند شهری و به دنبال آن آلودگی روزافزون محیط زیست را در برداشته است، تا آنجا که همه ساله درصد قابل توجهی از بودجه شهرداری‌ها بخصوص شهرهای بزرگ و پر جمعیت، صرف جمع آوری و دفع پسماندهای حاصله می‌گردد (چن[1]،۲۰۱۴). ایجاد سیستم مدیریت پسماند مناسب برای دفع پسماند شهری از جمله مواردی است که برای کنترل آلودگی ناشی از این حجم عظیم پسماند بسیار مؤثر خواهد بود. با توجه به اینکه بیش از ۷۰ درصد از پسماند شهری کشور را پسماندهای آلی به خود تخصیص می‌دهد، لذا استفاده از فناوری‌های تبدیل پسماند به سوخت‌زیستی می‌تواند راه کار مناسبی برای مدیریت این بخش از پسماند باشد. از مهمترین فناوری هایی که از نظر تجربی برای تبدیل پسماندهای آلی شهری به سوخت‌زیستی قابل استفاده می‌باشد، شامل هضم بی هوازی، تولید الکل، گازی کردن و پیرولیز می‌باشد. در این زمینه در جهان تحقیقاتی صورت گرفته است ولی به‌طور خاص این چهار فناوری همزمان در مورد تبدیل پسماند شهری به سوخت‌های زیستی مورد بررسی و مقایسه قرار نگرفته‌اند.

در سال ۲۰۱۸ در امریکا تحقیقی بر روی انواعی از پسماندهای آلی از جمله لجن فاضلاب، فضولات دامی، پسماندهای واحدهای پردازش مواد غذایی و پسماندهای روغنی وچربی‌ها انجام گردید. نتیجه تجزیه‌وتحلیل نشان داد که پتانسیل تولید سوخت روغنی به روش مایع سازی ۵/۹ میلیاردگالن در سال می‌باشد که با تصفیه نمودن آن، انواعی از سوخت‌های مایع بویژه گازوئیل و نفت سفید زیستی حاصل می‌گردد. نفت سفید حاصله ۲۳/۹٪ از نیاز نفت سفید آمریکا را می‌تواند تأمین نماید (اسکاگز[2]، ۲۰۱۸). در مقاله دیگری وضعیت فعلی فناوری هضم بی‌هوازی از دیدگاه‌های زیست محیطی، اقتصادی و قوانین مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که فاکتورهای مؤثر در رشد پیوسته این فناوری و تولید بیوگاز مقررات و عوامل

1. Chen et al.
2. Skaggs et al.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

مشوق در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته می‌باشد (واسکو کوری[1]، ۲۰۱۸). بررسی دیگری درسال ۲۰۱۷ در خصوص ارزیابی جایگزینی گاز طبیعی توسط بیوگاز از دیدگاه‌های فنی و اقتصادی انجام گردیده که به‌صورت یک مطالعه موردی در انگلستان می‌باشد (فوبارا و همکاران[2]، ۲۰۱۷). در سال ۲۰۱۲ نیز تحقیقی در خصوص مقایسه و رتبه بندی فناوری‌های تبدیل باگاس (یکی از زوائد صنعت نیشکر) به انرژی در ایران انجام گردید. از میان پنج فناوری مورد مقایسه که شامل هضم بی هوازی، تولید الکل، پیرولیز، گازی کردن و احتراق بوده است، فناوری هضم بی هوازی در اولویت قرار گرفت. همچنین به منظور ارزیابی اقتصادی کاربرد سوخت بیوگاز تولید از آن، نیروگاه تولید برق و حرارت بیوگاز سوز مورد بررسی قرار گرفت (صالحی و همکاران[3]، ۲۰۱۲). همچنین تحقیق دیگری در خصوص مطالعه امکان سنجی فنی و اقتصادی برای کاربرد فناوری تولید الکل به روش اسید غلیظ در ایران برای باگاس انجام گردید. نتایج این تحقیق با محاسبه پارامترهای اقتصادی چون مقدار نقطه سر به سر و زمان برگشت سرمایه، ارزش فعلی خالص، نرخ بازگشت داخلی نشان داده شده که اقتصادی می‌باشد (همان).

در این پژوهش هدف مقایسه و اولویت‌بندی چهار فناوری تبدیل پسماند شهری به سوخت‌زیستی از دیدگاه فنی و معرفی بهترین گزینه جهت کاربرد در کشور می‌باشد. بنابراین برای رسیدن به این هدف بررسی دقیقی بر روی فناوری‌ها از دیدگاه فنی انجام پذیرفت و براساس آن معیارهای اصلی برای مقایسه و ارزیابی فنی حاصل گردید. در این مرحله از روش‌های فراترکیبی و گروه متمرکز جهت تعیین معیارهای فنی برای مقایسه فناوری‌ها، استفاده گردید. همچنین با کمک روش دلفی این معیارها ارزیابی و نهایی شد. همچنین روش تحلیل سلسله مراتبیAHP به منظور مقایسه فناوری‌ها براساس معیارهای منتخب فنی و تصمیم‌گیری در

1. Vasco-Correa et al
2. Fubara et al.
3. Salehi et al.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

خصوص فناوری منتخب به‌کار گرفته شد و نتیجه توسط نرم افزارExpert Choice نیز مورد تأیید قرار گرفت.

در این مقاله ضمن بیان مقدمه، به بررسی وضعیت کیفی و کمی پسماند شهری و وضعیت مدیریت پسماند در کشور پرداخته شده است. سپس چهار فناوری تبدیل پسماند به سوخت‌زیستی معرفی مختصری شده و در ادامه روش تحقیق و چگونگی تعیین معیارهای اصلی برای مقایسه این فناوری‌ها مطرح گردید. در انتها نیز داده‌های حاصله به دو روش تحلیل سلسله مراتبی و نرم افزار Expert Choice مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته است.

۲. خصوصیات پسماندهای شهری ایران

در ایران با محاسبه متوسط ۷۱۰ گرم پسماند سرانه، هر روزه بالغ بر ۵۰.۰۰۰ تُن مواد زائد جامد تولید می‌شود که در مقایسه با سایر کشورهای جهان با سرانه ۲۹۲ کیلوگرم در سال در حد متعادلی قرار گرفته است، لکن ازدیاد جمعیت، زندگی شهری و توسعه صنعتی به گونه‌ای است که موجبات ازدیاد مواد زاید جامد و بالطبع تغییرات فیزیکی ـ شیمیایی آن‌ها را به‌وجود می‌آورد به‌طوری‌که برنامه‌های جمع‌آوری و دفع پسماند موجود جوابگوی نیازهای این بخش از کار نخواهد بود (عمرانی، ۱۳۹۳).

ترکیبات و اجزاء پسماند جامد شهری در هر منطقه متفاوت بوده و تغییرات آن تابع عوامل متعدد از جمله فرهنگ مصرفی جامعه، شرایط اقتصادی، رژیم غذایی، فصل و شرایط آب‌وهوایی است و مقایسه آن در مناطق مختلف تغییرات قابل توجهی را نشان می‌دهد (کورتولوس[1]، ۲۰۱۶). همچنین سرانه تولید پسماند شهری به پارامترهای مختلف از جمله شرایط اقتصادی منطقه بستگی دارد. در جدول(۱) نرخ تولید پسماند در کلان شهرها و روستاها نشان داده شده است. با آنالیز ترکیبات پسماند جامد شهری در کشور مطابق جدول(۲) مشاهده

1. Kurtulus et al.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

می‌شود که متوسط بخش پسماندهای تر شامل مواد غذایی، میوه، سبزیجات و سایر مواد آلی ۶۸/۹ ٪ می‌باشد. پس از آن پلاستیک، کاغذ، اجزاء بزرگ و فلزات، به ترتیب با ۹/۱۴، ۷/۲۵، ۴/۶ و ۳/۳۴ درصد در رده بعدی قرار گرفته و بخش باقی مانده را اجزاء پارچه، لاستیک، شیشه و چوب تشکیل می‌دهد.

جدول ۱. نرخ تولید پسماند در کشور (سازمان شهرداری‌ها ودهیاری‌های کشور، ۱۳۹۵)

پسماند شهری	میزان تولید
میانگین تولید سرانه پسماند در کشور(نفر روز/گرم)	۷۱۰
تولید روزانه پسماند در کشور(روز/تن)	۴۹۰۰۰
تولید سالیانه پسماند در کشور(روز/تن)	۱۸۰۰۰۰۰۰
تولید روزانه پسماند در کلان شهرها (روز/تن)	۳۸۰۰۰
سهم کلان شهرها در تولید پسماند	٪ ۷۸
تولید پسماند در روستاها (روز/تن)	۱۱۰۰۰
سهم روستائیان در تولید پسماند	٪ ۲۲

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول ۲. ترکیب اصلی پسماند جامد شهری در کشور (سازمان شهرداری‌ها ودهیاری‌های کشور، ۱۳۹۵)

اجزاء پسماند	متوسط (٪)	نرخ تغییر (٪)
شیشه	۱/۹۱	۱/۰۵
فلزات	۳/۳۴	۱/۳۸
چوب	۱/۲۷	۰/۹
پسماند آلی و سبزیجات	۶۸/۹	۸/۸
کاغذ	۷/۲۵	۲/۳
پلاستیک	۹/۱۴	۳/۱
لاستیک	۲/۰۹	۱/۰۱
پارچه	۲/۳۷	۱/۰۹
اجزاء بزرگ	۴/۶	۲/۷
دانسیته	۲۵۳/۷۳	۵۲/۵

مأخذ: نتایج تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

۳. وضعیت مدیریت پسماند در کشور

سالیانه مقادیر چشمگیری از پسماند شهری در کشور بدون اینکه مورد پردازش قرارگیرد و مواد ارزشمند قابل بازیافت آن تفکیک گردد، به دفن‌گاه‌ها منتقل می‌شوند. نتیجه این عمل، چیزی نیست جز تولید آلاینده‌های خطرناک جامد، مایع و گاز که باعث آلودگی آب، هوا و خاک گشته که حذف این آلاینده‌ها نیز همراه با صرف هزینه بسیار بالایی می‌باشد. این درحالی است که پسماند شهری نه تنها از نظر بازیافت مواد، بلکه از دیدگاه تولید انرژی نیز از اهمیت و ارزش بالایی برخوردار می‌باشد. آمار و اطلاعات برگرفته از سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور نشان می‌دهد که وضعیت فعلی مدیریت پسماند در کشور بدین صورت است که حدود ۶۸ ٪ از پسماند به‌صورت غیربهداشتی و ۱۰ ٪ آن به‌صورت بهداشتی دفن شده و حدود ۲۲ ٪ نیز بازیافت می‌شود. این در حالی‌است که اهداف ۵ ساله مدیریت پسماند در کشور در جهت افزایش بازیافت پسماند و کاهش نرخ دفن پسماند مطابق جدول (۳) برنامه ریزی شده است.

جدول ۳. اهداف ۵ ساله مدیریت پسماند در کشور (سازمان شهرداری‌ها ودهیاری‌های کشور، ۱۳۹۵)

نوع عملکرد	سهم
کاهش تولید پسماند	٪ ۱۰
تفکیک از مبدأ	٪ ۷۰
بازیافت	٪ ۸۰
دفن بهداشتی	٪ ۲۰
تعداد زباله سوزها در کلان شهرها	۸ واحد
تعداد زباله سوزها در شهرهای ساحلی	۷ واحد

مأخذ: نتایج تحقیق

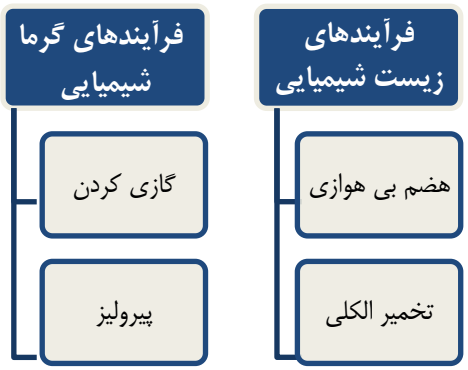
www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

٤. فناوری‌های تبدیل پسماند شهری به سوخت‌زیستی مورد مطالعه

در این مقاله چهار فناوری تبدیل پسماند به سوخت‌زیستی شامل فناوری هضم بی هوازی، تولید الکل، گازی کردن و پیرولیز مورد مقایسه قرار گرفته شده است. فرایندهای این فناوری‌ها در دو بخش گرما - شیمیایی و زیست - شیمیایی مطابق شکل(۱) قرار می‌گیرد.



شکل ۱. تقسیم بندی انواع فناوری‌های تبدیل پسماند به سوخت‌زیستی براساس نوع فرایند

فناوری‌های گرما-شیمیایی با گرما دادن به زواید زیستی در حضور یا عدم حضور عوامل کمکی، فرآورده‌های انرژی‌زا (سوخت‌های زیستی) تولید می‌نمایند. عوامل کمکی در این فناوری‌ها می‌تواند بخار، هوا، اکسیژن یا هیدروژن باشد. سوخت‌های زیستی حاصله می‌تواند به اشکال جامد، مایع یا گاز باشد. سوخت‌زیستی حاصل از فناوری گازی کردن به صورت گاز بوده و گاز مصنوعی نامیده می‌شود. همچنین در روش پیرولیز سوخت‌زیستی به هر سه فرم گاز، مایع و جامد تولید می‌گردد (رایت[1]، ۲۰۱۰). در فناوری‌های زیست شیمیایی، فرآورده‌های انرژی‌زا به‌وسیله عمل سوخت و ساز موجودات زنده پدید آمده و به خاطر داشتن ارزش

1. Wright

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

حرارتی بالا، به عنوان سوخت به کار می‌روند. گاز متان و الکل اتیلیک (اتانول) از مهمترین فرآورده‌های فناوری‌های هضم بی‌هوازی و اتانول به‌وسیله تخمیر الکلی هستند (گوران و همکاران[1]، ۲۰۱۸).

۵. روش تحقیق

به منظور شناخت هر چه بهتر فناوری‌های تبدیل پسماند به سوخت‌زیستی و به‌دست آوردن داده‌های مورد نیاز برای تجزیه‌وتحلیل، ابتدا مطالعه جامع و کامل کتابخانه‌ای به روش فراترکیبی، به منظور گردآوری فاکتورهای فنی لازم برای اولویت‌بندی فناوری‌های تبدیل پسماند به سوخت‌زیستی صورت پذیرفت. سپس با توجه به خصوصیات فنی و مکانیسم عمل فناوری‌ها، فاکتورهای مؤثر در این فرایندها و مشخصات آنها، تعیین و به‌صورت فهرستی و روائی نیمه‌ساختار یافته تهیه گردید. سپس به کمک گروهی از خبرگان به روش گروه کانونی روایی بودن این معیارها سنجیده شد و توسط نظر سنجی از متخصصان و کارشناسان خبره به روش دلفی ضمن تهیه روائی ساختار یافته و تعیین تمامی محورها و فاکتورهای پر اهمیت، نتایج نهایی هرکدام از معیارها جهت ارزیابی‌های فنی به‌دست آمد که در انتها با توجه به معیارهای نهایی شده به روش AHP و با کمک نرم افزار Expert Choice اولویت‌بندی چهار فناوری منتخب انجام گرفت. روند انجام مراحل تحقیق در شکل (۲) نمایش داده شده است.

1. Guran et al.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

شکل ۲. روند انجام مراحل تحقیق

۵-۱. شناسایی معیارها به روش فراترکیب

همان‌طور که گفته شد، در اولین گام با استفاده از روش فراترکیب معیارهای فنی تعیین گردید. نوبلت و هیر، سه فاز اصلی، انتخاب مطالعات، ترکیب ترجمه‌ها و ارائه تلفیق را برای روش فراترکیبی معرفی نمودند. در حالی‌که باروس و ساندوسکی روشی هفت گامی را معرفی کرده‌اند. در این پژوهش، از روش هفت مرحله‌ای باروس و ساندوسکی استفاده شده است. این هفت مرحله شامل، تنظیم سئوال پژوهش، مرور ادبیات به شکل سیستماتیک، جستجو و انتخاب متون مناسب، استخراج اطلاعات متون، تجزیه و تحلیل و ترکیب یافته‌های کیفی، کنترل کیفیت و ارائه یافته‌ها می‌گردد (پترسون و همکاران[1]، ۲۰۰۱؛ زیمر[2]، ۲۰۰۶).

1. Paterson et al.
2. Zimmer

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

۵-۲. تعیین پارامترهای اصلی به روش گروه متمرکز(Focus Group)

جهت اطمینان از روایی بودن معیارهای فنی منتخب به روش فراترکیبی که در جدول(۴) آمده است، از روش گروه کانونی استفاده گردیده است که در این گروه از ۱۰ تن از کارشناسان و متخصصین رشته‌های متفاوت چون مهندسی برق، مهندسی مکانیک، مهندسی شیمی و مهندسی محیط زیست استفاده گردید.

جدول۴. معیارها تعیین شده به روش فراترکیبی

ردیف	معیارها
۱	نیاز به پردازش مواد خام
۲	دما و فشار
۳	راهبری فرایند
۴	درجه پیچیدگی فرایند
۵	راندمان فرایند
۶	قابلیت حمل و نقل سوخت‌زیستی حاصله
۷	سازگاری با امکانات تبدیل و مصرف انرژی
۸	سازگاری با مواد خام و نیاز به ماده کمکی
۹	امکان بومی سازی فناوری

مأخذ: نتایج تحقیق

٦. تجزیه و تحلیل داده‌ها به روش تحلیل سلسله مراتبیAHP

فرایند تحلیل سلسله مراتبی در پنج مرحله اصلی شامل تشکیل درخت سلسله مراتبی، مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیارهای تحقیق، مقایسه زوجی معیارها نسبت به هم، عملیات محاسبه داده‌ها، تحلیل حساسیت و نرخ ناسازگاری ترسیم و اجرا گردیده است.

قبل از شروع مراحل مذکور، تصمیم‌گیری در خصوص نهایی نمودن معیارهای تأثیرگذار از میان معیارهایی که به روش فراترکیب و گروه متمرکز انتخاب شده‌اند و براساس آنها گزینه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

رقیب (فناوری‌های هضم بی هوازی، تخمیر الکلی، پیرولیز و گازی کردن) بایستی با همدیگر مقایسه شوند، انجام می‌پذیرد. تعیین این معیارها در تصمیمات انفرادی چندان مشکل نیست چرا که خود تصمیم گیرنده این عوامل را به شخصه تعیین می‌کند. در حالی که ممکن است این عوامل در تصمیم‌گیری‌های گروهی به دلیل اختلاف علائق و تخصص افراد متعدد باشد؛ در این مرحله استفاده از فنون معمول تصمیم‌گیری گروهی بسیار کارساز است که تکنیک متداول در روش تحلیل سلسله مراتبی تکنیک دلفی است.

پس از شناسایی فاکتورها و مؤلفه‌های مورد نیاز برای بررسی فنی فناوری‌ها، با بهره‌گیری از نظرات ۵ تن از افراد خبره، فاکتورهای مذکور امتیازدهی و وزن دهی گردید و با استفاده از پرسشنامه در روش دلفی، نظرات خبرگان حاصل شد. برای تهیه پرسشنامه در این مرحله از مقایسه زوجی گزینه‌ها و برای امتیاز دهی نیز شماره گذاری ۱ تا ۱۰ بترتیب اولویت استفاده شده است. در مرحله نخست با متوسط‌گیری شاخص‌ها عواملی که نمره کمتر از ۷ را احراز کرده بودند، یعنی معیار "قابلیت حمل و نقل سوخت‌زیستی حاصله" از لیست شاخص‌ها اصلی خارج می‌گردد (قدسی‌پور, ۱۳۹۵).

٦-١. تشکیل درخت سلسله مراتب

در روش AHP بعد از تعیین معیارها، اولین قدم تشکیل درخت سلسله مراتب است که در این تحقیق مطابق شکل (۳) ترسیم شده است. درخت سلسله مراتب با توجه به مسأله تحت بررسی دارای سطوح متعدد است. این تحقیق شامل سه سطح بوده، که سطح اول هر درخت بیان کننده هدف تصمیم‌گیری، سطح آخر نیز بیان کننده گزینه‌هایی است که با همدیگر مقایسه می‌شوند و برای انتخاب در رقابت با همدیگر هستند و سطح (میانی) نشاندهنده فاکتورها(معیارهایی) است که ملاک مقایسه گزینه‌ها می‌باشد. هدف این تحقیق تعیین اولویت فناوری‌های تبدیل پسماند شهری به سوخت‌زیستی در کشور می‌باشد. گزینه‌ها شامل چهار فناوری متداول در جهان (هضم بی‌هوازی، تولید الکل، گازی کردن و پیرولیز) که برای تبدیل پسماند به سوخت‌زیستی قابل اجرا است. معیارها نیز که ۸ مورد بوده و شامل نیاز به پردازش مواد خام، دما و فشار، راهبری فرآیند،

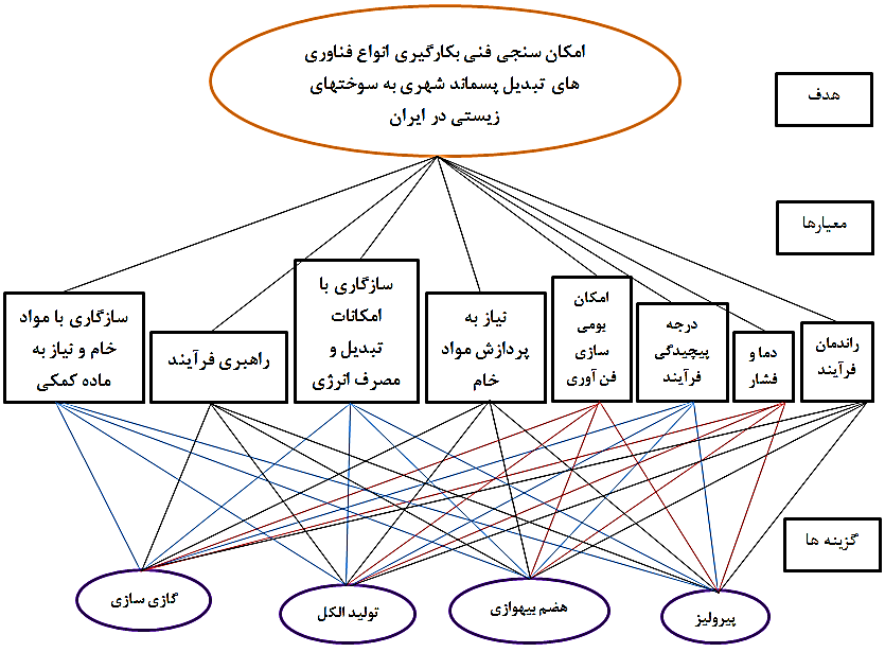
www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

درجه پیچیدگی فرآیند، راندمان فرآیند، سازگاری با امکانات تبدیل و مصرف انرژی، سازگاری با مواد خام و نیاز به ماده کمکی و امکان بومی سازی فناوری می‌شود.

عملیات ریاضی AHP در قالب دو مرحله مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به معیارها و مقایسات زوجی معیارها نسبت به هم ادامه می‌یابد.



شکل ۳. درخت سلسله مراتبی تحقیق

٦-۲. مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به معیارها

جدول‌های مقایسه‌ای براساس درخت سلسله مراتب شکل(۳) از پایین به بالا تهیه می‌شوند، به عبارت دیگر، گزینه‌های رقیب در سطح ۳ باید به واسطه هر یک از عوامل (معیارها) در سطح ۲ مورد مقایسه دو به دو قرار گیرند. مقایسه دو به دو با استفاده از مقیاسی که از ترجیح یکسان تا بی‌اندازه مرجح، طراحی شده است انجام می گیرد.

درAHP عناصر هر سطح نسبت به یکدیگر به صورت زوجی (دوبه دویی) مقایسه شده و وزن دهی می‌شوند. مقایسه و وزن دهی به عناصر در یک ماتریسK×K ثبت می‌شود. در این

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

بررسی یک ماتریس ۸×۸ برای سطح ۲و یک ماتریس ۴×۴ برای سطح ۳ مقایسه زوجی به صورت ارزش‌گذاری عنصر سطر نسبت به عنصر ستون صورت می‌گیرد و برای ارزش‌گذاری نیز معمولاً از یک مقیاس فاصله‌ای از ۱تا ۹ استفاده می‌شود. هر چه مقدار ارزش داده شده بیشتر باشد نشاندهندهٔ اهمیت و ارجحیت بیشتر عنصر سطری نسبت به عنصر ستونی است. به طوری که ارزش ۹ بیانگر کاملاً مهمتر و ارزش یک بیانگر با ارجحیت و اهمیت یکسان است. لازم به ذکر است که ماتریس مقایسه زوجی یک ماتریس معکوس است. هشت جدول مانند جدول ۵ جهت اخذ نظرات خبرگان به منظور مقایسات زوجی گزینه‌ها براساس معیارهای منتخب مورد استفاده قرار گرفته است.

جدول ۵. مقایسه زوجی فناوری‌ها (گزینه‌ها) براساس معیار توسط خبرگان

آگزینه	انتخاب اولویت‌های متوسط مقایسه زوجی فناوری‌ها (گزینه‌ها) براساس معیار توسط خبرگان بشکل کلی																	زگزینه
پیرولیز	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	هضم بی هوازی
پیرولیز	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	گازی کردن
پیرولیز	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تولید الکل
هضم بی هوازی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	گازی کردن
هضم بی هوازی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تولید الکل
گازی کردن	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تولید الکل

مأخذ: نتایج تحقیق

٦-۳. ماتریس مقایسات زوجی نظرات واحدی خبرگان

پس از مشخص شدن نتایج نظر سنجی، ماتریس مقایسات زوجی انواع فناوری‌های پیرولیز، هضم بی‌هوازی، گازی کردن و تولید الکل با توجه به معیارهای تأثیرگذار تهیه و تأثیر هرکدام از معیارهای مورد سنجش در هریک از فناوری‌ها اعمال می‌شود. تشکیل ماتریس و نتایج مقایسه زوجی سیستم‌ها در انواع معیارها در نظر سنجی هریک از خبرگان صورت پذیرفت که نتیجه

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی کلی تحت عنوان ماتریس میانگین از میان کلیه نظرها تشکیل می‌گردد. به‌طور نمونه برای دو معیار از میان هشت معیار، ماتریس میانگین در جدول۶ آورده شده است.

جدول ۶. مقایسات زوجی نظرات واحدی خبرگان

نیاز به پردازش مواد خام	پیرولیز	هضم بی‌هوازی	گازی سازی	تولید الکل	دما و فشار	پیرولیز	هضم بی‌هوازی	گازی سازی	تولید الکل
پیرولیز	۱	۰/۳۳	۱	۰/۳۳	پیرولیز	۱	۷	۰/۲	۴
هضم بی‌هوازی	۳	۱	۳	۰/۵	هضم بی‌هوازی	۰/۱۴	۱	۰/۱۷	۰/۵
گازی سازی	۱	۰/۳۳	۱	۰/۳۳	گازی سازی	۵	۶	۱	۶
تولید الکل	۳	۲	۳	۱	تولید الکل	۰/۲۵	۲	۰/۱۷	۱

مأخذ: نتایج تحقیق

٦-٤. مرحله دوم مقایسات زوجی معیارها نسبت به همدیگر

در این مرحله هریک از معیارها نسبت به سایر معیار از لحاظ درجه اهمیت مورد مقایسه و نظر سنجی واقع گردیده اند. نتایج حاصله از این نظرسنجی گروهی بشرح جدول ۷ می‌باشد.

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷. مقایسات زوجی معیارها نسبت به همدیگر

معیار i	اولویت‌های میانگین منتخب گروهی																	معیار j
	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	**۲**	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	دما و فشار
	۹	۸	۷	۶	۵	**۴**	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راهبری فرایند
	۹	۸	۷	۶	**۵**	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	درجه پیچیدگی
نیاز به پردازش مواد خام	۹	۸	۷	۶	۵	**۴**	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان فرایند
	۹	۸	۷	۶	۵	**۴**	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سازگاری با امکانات تبدیل و مصرف انرژی
	۹	۸	۷	**۶**	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سازگاری با مواد خام و نیاز به ماده کمکی
	۹	**۸**	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	امکان بومی سازی فناوری
	۹	۸	۷	۶	**۵**	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راهبری فرایند
	۹	۸	۷	**۶**	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	درجه پیچیدگی فرایند
	۹	۸	۷	۶	**۵**	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	راندمان فرایند
دما و فشار	۹	۸	۷	**۶**	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سازگاری با امکانات تبدیل و مصرف انرژی
	۹	۸	۷	**۶**	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سازگاری با مواد خام و نیاز به ماده کمکی
	۹	۸	**۷**	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	امکان بومی سازی فناوری
راهبری فرایند	۹	۸	۷	۶	۵	۴	**۳**	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	درجه پیچیدگی

www.SID.ir

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

Archive of SID

معیار i	اولویت‌های میانگین منتخب گروهی																			معیار j
	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	**۲**	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹			راندمان فرایند
	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	**۱**	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹			سازگاری با امکانات تبدیل و مصرف انرژی
	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	**۱**	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹			سازگاری با مواد خام و نیاز به ماده کمکی
	۹	۸	۷	۶	۵	۴	**۳**	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹			امکان بومی سازی فناوری
درجه پیچیدگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	**۲**	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹			راندمان فرایند
	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	**۲**	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹			سازگاری با امکانات تبدیل و مصرف انرژی
	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	**۲**	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹			سازگاری با مواد خام و نیاز به ماده کمکی
	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	**۲**	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹			امکان بومی سازی فناوری
راندمان فرایند	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	**۳**	۴	۵	۶	۷	۸	۹			سازگاری با امکانات تبدیل و مصرف انرژی
	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	**۳**	۴	۵	۶	۷	۸	۹			سازگاری با مواد خام و نیاز به ماده کمکی
	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	**۲**	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹			امکان بومی سازی فناوری
سازگاری با امکانات تبدیل و مصرف انرژی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	**۲**	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹			سازگاری با مواد خام و نیاز به ماده کمکی
	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	**۲**	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹			امکان بومی سازی فناوری
سازگاری با مواد خام و نیاز به ماده کمکی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	**۳**	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹			امکان بومی سازی فناوری

مأخذ: نتایج تحقیق

www.SID.ir

ded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

٦-٥. تشکیل ماتریس نظرات گروهی

با توجه به نتایج به‌دست آمده اقدام به تشکیل و ساختار ماتریس مقایسه معیارها نسبت به یکدیگر با اعمال نظرات کارشناسی خبرگان و اعمال ضریب اهمیت شناخت کارشناس از فناوری‌ها و معیارهای تأثیر گذار با توجه به گزینش و پرسش از خبرگان و سنجش تأثیر درجه اهمیت معیارها نسبت بهم صورت می‌گیرد. طبیعتاً این نتایج برگرفته از نظرسنجی‌های خبرگان این فن بوده و تأثیر متقابل هریک از معیارها نسبت به همدیگر مقایسه و امتیازدهی شده‌اند. با جمع‌بندی میانگین نتایج نظرات گروهی در هر شاخصه نسبت معیارهای تأثیرگذار مشخص و ماتریس داده‌ها در جدول ۸ نشان داده شده است.

٦-٦. عملیات ریاضی

در پی تشکیل ماتریس‌های میانگین مقایسات فرایندها با در نظر گرفتن معیارها نسبت به هم و ماتریس میانگین مقایسات معیارها، محاسبات ریاضی مقایسات زوجی با لحاظ جدول مقایسات از پایین به بالا تنظیم می‌شوند به‌عبارتی دیگر گزینه‌های رقیب در سطح ۳ باید به‌واسطه هریک از معیارها در سطح ۲ مورد مقایسه دو به دو قرار گیرند. ماتریس مقایسه‌ای یک ماتریس معکوس است.

جدول ۸. ماتریس نظرات گروهی مقایسه معیارها نسبت به همدیگر

مقایسه معیارها		معیار۱	معیار۲	معیار۳	معیار۴	معیار۵	معیار۶	معیار۷	معیار۸
نیاز به پردازش مواد خام	معیار۱	۱	۲	۰/۲۵	۰/۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۱۷	۰/۱۳
دما و فشار	معیار۲	۰/۵	۱	۰/۲	۰/۱۷	۰/۲	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۴
راهبری فرایند	معیار۳	۴	۵	۱	۰/۳۳	۰/۵	۱	۱	۰/۳۳
درجه پیچیدگی فرایند	معیار۴	۵	۶	۳	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
راندمان فرایند	معیار۵	۴	۵	۲	۲	۱	۳	۳	۲

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه معیارها	معیار۱	معیار۲	معیار۳	معیار۴	معیار۵	معیار۶	معیار۷	معیار۸
معیار۶ سازگاری با امکانات تبدیل و مصرف انرژی	۴	۶	۱	۲	۰/۳	۱	۲	۰/۵
معیار۷ سازگاری با مواد خام و نیاز به ماده کمکی	۶	۶	۱	۲	۰/۳۳	۰/۵	۱	۰/۳۳
معیار۸ امکان بومی‌سازی فناوری	۸	۷	۳	۲	۰/۵	۳	۳	۱

مأخذ: نتایج تحقیق

گام اول: محاسبه واحد سازی نظرات خبرگان

- روش استفاده از میانگین هندسی

مقایسات زوجی براساس نسبت ارایه می‌شود از نظر ریاضی بهترین گزینه میانگین هندسی (جدول۹) است، از طرفی معکوس بودن ماتریس مقایسه‌ای بهترین توجیه بر این انتخاب است. ساتی و اکزل نشان دادند که این روش خاصیت معکوس بودن ماتریس را حفظ می کند.

$$\bar{a}_{ij} = \left(\prod_{k=1}^{N} a_{ij}^{(k)} \right)^{1/N} \quad (۱)$$

رابطه ۱ با فرض یکسان بودن اهمیت نظر دهندگان اعمال می‌شود. درصورتی که صائب بودن نظرات از متخصصین با ضرایبی متفاوت مطرح شود رابطه ۱ به رابطه ۲ تبدیل خواهد شد.(تعداد خبره،۶ =N)

$$\bar{a}_{ij} = \left(\prod_{k=1}^{L} a_{ij}^{W_k} \right)^{1/N} \quad (۲)$$

$$\sum_{K=1}^{L} W_k = N$$

W_k میزان اوزان نظرات متخصصین:

www.SID.ir

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

Archive of SID

اوزان نظرات متخصصان و خبرگان براساس تجارب کاری و دانش فنی ارزیابی و نسبت دهی گردیده است.

جدول ۹. ماتریس مقایسه سیستمها از نظر گروه

معیار شماره ۱	پیرولیز	هضم بی‌هوازی	گازی سازی	تولید الکل
پیرولیز	۱	۰/۳	۰/۸۹	۰/۳۸
هضم بی‌هوازی	۳/۳	۱	۲/۳۳	۰/۸۹
گازی سازی	۱/۱۲	۰/۴۳	۱	۰/۳۶
تولید الکل	۲/۶۴	۱/۱۲	۲/۷۵	۱
SUM:	۸/۰۶	۲/۸۵	۶/۹۸	۲/۶۳

مأخذ: نتایج تحقیق

گام دوم: استخراج اولویت‌ها از جداول مقایسات گروهی

بخش اول نرمال‌سازی شامل استخراج اولویت‌ها از جدول مقایسه گروهی: صرفاً جدول‌های مقایسه گروه‌ها در نظر گرفته می‌شود و از مفهوم نرمال‌سازی و میانگین موزون استفاده می‌گردد. جدول ۱۰ در بخش موردی" نیاز به پردازش مواد خام" در نظر گرفته شده است.

$$r_{ij} = \frac{\bar{a}_{ij}}{\sum_{K=1}^{m} \bar{a}_{ij}} \qquad (۳)$$

$$\text{مثال} = \frac{1}{8.06} = 0.124$$

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

جدول ۱۰. نرمال‌سازی به‌منظور استخراج اولویت‌ها از جدول مقایسه گروهی

معیار شماره ۱	پیرولیز	هضم بی‌هوازی	گازی سازی	تولید الکل
پیرولیز	۰/۱۲۴	۰/۱۰۶	۰/۱۲۸	۰/۱۴۴
هضم بی‌هوازی	۰/۴۱۰	۰/۳۵۰	۰/۳۳۵	۰/۳۳۸
گازی سازی	۰/۱۳۹	۰/۱۵۰	۰/۱۴۳	۰/۱۳۸
تولید الکل	۰/۳۲۷	۰/۳۹۳	۰/۳۹۴	۰/۳۸۰
SUM:	۱	۱	۱	۱

مأخذ: نتایج تحقیق

بخش دوم محاسبه میانگین موزون: در این بخش حاصل‌ضرب سطری تعداد سیستم‌ها به توان معکوس تعداد سیستم‌ها صورت گرفته و استخراج اولویت‌ها مطابق جدول ۱۱ نتایج بیان می‌گردد

تعداد سیستم ۴= N

روش محاسبه مطابق مثال زیر در ردیف اول جدول برای فناوری پیرولیز محاسبه شده که روش محاسبه میانگین موزون برای سایر فناوری‌ها به همین ترتیب خواهد بود.

$$\text{مثال} = (0.124 \times 0.106 \times 0.128 \times 0.144)^{\frac{1}{4}} = 0.1247$$

جدول ۱۱. استخراج اولویت ها

۰/۱۲۴۷
۰/۳۵۷۰
۰/۱۴۲۶
۰/۳۷۲۵
SUM: ۱

مأخذ: نتایج تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

به ترتیب با اعمال روش فوق برای هفت معیار دیگر عمل نموده و نتایج مقایسات ماتریسی بشرح زیر ارائه می‌شود.

معیار ۲	پیرولیز	بی‌هوازی هضم	گازی سازی	تولید الکل
پیرولیز	۱	۵/۴۱	۰/۵	۳/۰۵
هضم بی‌هوازی	۰/۱۸	۱	۰/۲۶	۰/۶۶
گازی سازی	۱/۹۹	۳/۸۵	۱	۳/۶۱
تولید الکل	۰/۳۳	۱/۵۱	۰/۲۸	۱
SUM:	۳/۵۱	۱۱/۷۷	۲/۰۴	۸/۳۲

معیار ۲	پیرولیز	بی‌هوازی هضم	گازی سازی	تولید الکل	اولویت ها
پیرولیز	۰/۲۸۵	۰/۴۶۰	۰/۲۴۶	۰/۳۶۹	۰/۳۲۹۸
هضم بی‌هوازی	۰/۰۵۳	۰/۰۸۵	۰/۱۲۸	۰/۰۷۹	۰/۰۸۲۰
گازی سازی	۰/۵۶۹	۰/۳۲۷	۰/۴۹۱	۰/۴۳۹	۰/۴۴۵۹
تولید الکل	۰/۰۹۳	۰/۱۲۹	۰/۱۳۶	۰/۱۲۰	۰/۱۱۸۳
SUM:	۱	۱	۱	۱	۰/۹۸

معیار ۳	پیرولیز	بی‌هوازی هضم	گازی سازی	تولید الکل
پیرولیز	۱	۱/۱۳	۰/۶۶	۰/۸۱
هضم بی‌هوازی	۰/۸۸	۱	۰/۷۶	۱
گازی سازی	۱/۵۱	۱/۳۲	۱	۱/۲۳
تولید الکل	۱/۲۳	۱	۰/۸۱	۱
SUM:	۴/۶۲	۴/۴۵	۳/۲۳	۴/۰۵

www.SID.ir

Archive of SID

معیار۳	پیرولیز	هضم بی‌هوازی	گازی سازی	تولید الکل	اولویت ها
پیرولیز	۰/۲۱۶	۰/۲۵۴	۰/۲۰۵	۰/۲۰۱	۰/۲۱۸۱
هضم بی‌هوازی	۰/۱۹۱	۰/۲۲۵	۰/۲۳۵	۰/۲۴۷	۰/۲۲۳۴
گازی سازی	۰/۳۲۷	۰/۲۹۶	۰/۳۱۰	۰/۳۰۵	۰/۳۰۹۲
تولید الکل	۰/۲۶۶	۰/۲۲۵	۰/۲۵۱	۰/۲۴۷	۰/۲۴۶۷
SUM:	۱	۱	۱	۱	۱

معیار۴	پیرولیز	هضم بی‌هوازی	گازی سازی	تولید الکل
پیرولیز	۱	۳/۶۲	۰/۷۸	۱/۵۴
هضم بی‌هوازی	۰/۲۸	۱	۰/۲۸	۱/۲۶
گازی سازی	۱/۲۸	۳/۶۰	۱	۳/۲۴
تولید الکل	۰/۶۵	۰/۷۹	۰/۳۱	۱
SUM:	۳/۲۱	۹/۰۱	۲/۳۷	۷/۰۳

معیار۴	پیرولیز	هضم بی‌هوازی	گازی سازی	تولید الکل	اولویت ها
پیرولیز	۰/۳۱۱	۰/۴۰۲	۰/۳۲۹	۰/۲۱۸	۰/۳۰۸۰
هضم بی‌هوازی	۰/۰۸۶	۰/۱۱۱	۰/۱۱۸	۰/۱۷۹	۰/۱۱۹۰
گازی سازی	۰/۴۰۰	۰/۳۹۹	۰/۴۲۳	۰/۴۶۰	۰/۴۱۹۸
تولید الکل	۰/۲۰۳	۰/۰۸۸	۰/۱۳۱	۰/۱۴۲	۹/۱۳۴۹
SUM:	۱	۱	۱	۱	۰/۹۸

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

معیار۵	پیرولیز	بی‌هوازی هضم	گازی سازی	تولید الکل
پیرولیز	۱	۱/۱۷	۰/۴۳	۱/۵۵
هضم بی‌هوازی	۰/۸۵	۱	۰/۴۰	۰/۸۹
گازی سازی	۲/۳۳	۲/۵۲	۱	۲/۵۷
تولید الکل	۰/۶۴	۱/۱۲	۳	۱
SUM:	۴/۸۳	۵/۸۲	۲/۲۲	۶/۰۱

معیار۵	پیرولیز	بی‌هوازی هضم	گازی سازی	تولید الکل	اولویت ها
پیرولیز	۰/۲۰۷	۰/۲۰۲	۰/۱۹۴	۰/۲۵۸	۰/۲۱۳۹
هضم بی‌هوازی	۰/۱۷۶	۰/۱۷۲	۰/۱۷۹	۰/۱۴۸	۰/۱۶۸۴
گازی سازی	۰/۴۸۳	۰/۴۳۳	۰/۴۵۱	۰/۴۲۷	۰/۴۴۸۲
تولید الکل	۰/۱۳۳	۰/۱۹۳	۰/۱۷۶	۰/۱۶۶	۰/۱۶۵۶
SUM:	۱	۱	۱	۱	۱

معیار۶	پیرولیز	بی‌هوازی هضم	گازی سازی	تولید الکل
پیرولیز	۱	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۷۱
هضم بی‌هوازی	۳/۵۳	۱	۱/۱۲	۲/۷۵
گازی سازی	۳/۱۵	۰/۸۹	۱	۳/۳۶
تولید الکل	۱/۴۱	۰/۳۶	۰/۳۰	۱
SUM:	۹/۰۹	۲/۵۴	۲/۷۴	۷/۸۲

www.SID.ir

Archive of SID

معیار۶	پیرولیز	بی‌هوازی هضم	گازی سازی	تولید الکل	اولویت ها
پیرولیز	۰/۱۱۰	۰/۱۱۲	۰/۱۱۶	۰/۰۹۰	۰/۱۰۶۶
هضم بی‌هوازی	۰/۳۸۸	۰/۳۹۴	۰/۴۱۰	۰/۳۵۲	۰/۳۸۵۳
گازی سازی	۰/۳۴۶	۰/۳۵۱	۰/۳۶۵	۰/۴۳۰	۰/۳۷۱۷
تولید الکل	۰/۱۵۶	۰/۱۴۳	۰/۱۰۹	۰/۱۲۸	۰/۱۳۲۷
SUM:	۱	۱	۱	۱	۱

معیار۷	پیرولیز	بی‌هوازی هضم	گازی سازی	تولید الکل
پیرولیز	۱	۲/۵۷	۱/۱۲	۱/۰۳
هضم بی‌هوازی	۰/۳۹	۱	۰/۸۶	۱/۳۵
گازی سازی	۰/۸۹	۱/۱۶	۱	۱
تولید الکل	۰/۹۷	۰/۷۴	۱	۱
SUM:	۳/۲۵	۵/۴۸	۳/۹۸	۴/۳۸

معیار۷	پیرولیز	بی‌هوازی هضم	گازی سازی	تولید الکل	اولویت ها
پیرولیز	۰/۳۰۸	۰/۴۶۹	۰/۲۸۲	۰/۲۳۵	۰/۳۱۲۹
هضم بی‌هوازی	۰/۱۲۰	۰/۱۸۳	۰/۲۱۶	۰/۳۰۸	۰/۱۹۵۲
گازی سازی	۰/۲۷۴	۰/۲۱۳	۰/۲۵۱	۰/۲۲۸	۰/۲۴۰۵
تولید الکل	۰/۲۹۸	۰/۱۳۵	۰/۲۵۱	۰/۲۲۸	۰/۲۱۹۵
SUM:	۱	۱	۱	۱	۰/۹۷

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

معیار۸	پیرولیز	بی‌هوازی هضم	گازی سازی	تولید الکل
پیرولیز	۱	۰/۲۱	۱/۱۲	۰/۳۹
هضم بی‌هوازی	۴/۶۸	۱	۴/۵۶	۱/۸۵
گازی سازی	۰/۸۹	۰/۲۲	۱	۰/۴۲
تولید الکل	۲/۵۶	۰/۵۴	۲/۳۷	۱
SUM:	۹/۱۳	۱/۹۷	۹/۰۵	۳/۶۶

معیار۸	پیرولیز	بی‌هوازی هضم	گازی سازی	تولید الکل	اولویت ها
پیرولیز	۰/۱۱۰	۰/۱۰۸	۰/۱۲۴	۰/۱۰۷	۰/۱۱۱۹
هضم بی‌هوازی	۰/۵۱۳	۰/۵۰۷	۰/۵۰۴	۰/۵۰۵	۰/۵۰۷۰
گازی سازی	۰/۰۹۸	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۵	۰/۱۰۸۴
تولید الکل	۰/۲۸۰	۰/۲۷۴	۰/۲۶۱	۰/۲۷۳	۰/۲۷۲۱
SUM:	۱	۱	۱	۱	۱

- مقایسات معیارها (شاخص ها)

در قسمت مقایسات معیارها (شاخص‌ها) با اعمال ضریب اهمیت به نظرات خبرگان عمل نموده و نتایج آن بشرح جدول ۱۲مطابق توضیحات ذکر شده جهت اعمال نظر واحد ارایه می‌گردد.

خبره	خ۱	خ۲	خ۳	خ۴	خ۵	خ۶
درجه اهمیت	۲	۲	۱	۲	۳	۳

N = ۶ **تعداد گروه خبره**

تعداد گروه خبره (N) = ۶ نفر **مثال** $= (1^2 \times 3^1 \times 5^1 \times 1^2 \times 1^3 \times 1^3)^{\frac{1}{6}} = 2.22$

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

جدول ۱۲. مقایسات معیارها (شاخص‌ها)

مقایسه معیارها	معیار۱	معیار۲	معیار۳	معیار۴	معیار۵	معیار۶	معیار۷	معیار۸
معیار۱	۱	۲/۲۲	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۰۳
معیار۲	۰/۴۵	۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲
معیار۳	۱۲/۲۲	۲۰/۵۵	۱	۰/۱۷	۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۶۵	۰/۱۰
معیار۴	۲۲/۹۰	۳۹/۰۷	۵/۹۰	۱	۰/۶۷	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۵۹
معیار۵	۱۴/۸۷	۲۴/۰۸	۳/۳۳	۱/۵۰	۱	۴/۹۳	۶/۰۴	۰/۹۲
معیار۶	۱۰/۲۴	۲۹/۵۶	۲	۲/۷	۰/۲۰	۱	۲/۲۹	۰/۴۲
معیار۷	۲۰/۰۷	۳۲/۶۴	۱/۵۴	۲/۵۵	۰/۱۷	۰/۴۴	۱	۰/۰۹
معیار۸	۳۸/۳۲	۴۶/۲۳	۹/۹۵	۱/۶۹	۱/۰۹	۲/۳۹	۱۱/۴۹	۱
SUM1:	۱۲۰/۰۶	۱۹۵/۳۵	۲۳/۸۵	۹/۷۷	۳/۵۳	۹/۷۵	۲۱/۹۵	۳/۱۶

مأخذ: نتایج تحقیق

- محاسبات نرمال‌سازی و میانگین موزون

برای انتخاب بهترین گزینه از اولویت‌های گام دوم شروع و به جای‌گذاری در جدول ۱۳ پرداخته می‌شود. ارتباط بین فناوری‌ها و معیارها سنجیده شده و حاصل ستونی هر معیار نسبت به فناوری‌ها جمع می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

جدول ۱۳. خلاصه محاسبات نرمال‌سازی و میانگین موزون برای انتخاب بهترین گزینه

	معیار۱	معیار۲	معیار۳	معیار۴	معیار۵	معیار۶	معیار۷	معیار۸
پیرولیز	۰/۱۲۵	۰/۳۳۰	۰/۲۱۸	۰/۳۰۸	۰/۲۱۴	۰/۱۰۷	۰/۳۱۳	۰/۱۱۲
هضم بی‌هوازی	۰/۳۵۷	۰/۰۸۲	۰/۲۲۳	۰/۱۱۹	۰/۱۶۸	۰/۳۸۵	۰/۱۹۵	۰/۵۰۷
گازی سازی	۰/۱۴۳	۰/۴۴۶	۰/۳۰۹	۰/۴۲۰	۰/۴۴۸	۰/۳۷۲	۰/۲۴۰	۰/۱۰۸
تولید الکل	۰/۳۷۳	۰/۱۱۸	۰/۲۴۷	۰/۱۳۵	۰/۱۶۶	۰/۱۳۳	۰/۲۱۹	۰/۲۷۲
SUM2:	۰/۹۹۷	۰/۹۷۶	۰/۹۹۷	۰/۹۸۲	۰/۹۹۶	۰/۹۹۶	۰/۹۶۸	۰/۹۹۹
SUM1:	۱۲۰/۰۶	۱۹۵/۳۵	۲۳/۸۵	۹/۷۷	۳/۵۳	۹/۷۵	۲۱/۹۵	۳/۱۶

SUM2 / SUM1 =	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۴۲	۰/۱۰۱	۰/۲۸۲	۰/۱۰۲	۰/۰۴۴	۰/۳۱۶

در مرحله بعدی با تقسیم حاصل جمع دوم بر روی جمع اول را به مقادیر اولویت‌ها تقسیم نموده و حاصل آن در جدول ۱۴ گردآوری می‌گردد:

$$\text{مثال} = \frac{0.008}{0.125} = 0.001$$

جدول ۱۴. تقسیم حاصل جمع دوم بر روی جمع اول را به مقادیر اولویت‌ها

پیرولیز	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۳۱	۰/۰۶	۰/۰۱۱	۰/۰۱۴	۰/۰۳۵	۰/۱۶۳
هضم بی‌هوازی	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۰۹	۰/۰۱۲	۰/۰۴۷	۰/۰۳۹	۰/۰۰۹	۰/۱۶	۰/۲۸۰
گازی سازی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۱۳	۰/۰۴۲	۰/۱۲۶	۰/۰۳۸	۰/۰۱۱	۰/۰۳۴	۰/۲۶۷
تولید الکل	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱۴	۰/۰۴۷	۰/۰۱۴	۰/۰۱	۰/۰۸۶	۰/۱۸۵

مأخذ: نتایج تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

گام سوم : انتخاب بهترین گزینه

در انتها سطرهای جدول ۱۴ را جمع نموده و ماکزیمم به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب می‌گردد. نتیجه محاسبات نشان می‌دهد که مطابق جدول ۱۵ هضم بی‌هوازی از نظر فنی برای مدیریت پسماندهای شهری در اولویت می‌باشد. در این محاسبات مشخص گردید که فناوری هضم بی‌هوازی برپایه محاسبات نرمال‌سازی و میانگین موزون برای انتخاب بهترین گزینه در رتبه نخست و فناوری گازی‌سازی در رتبه بعدی و فناوری‌های تولید الکل و پیرولیز در اولویت‌های سوم و چهارم در کشور قرار می‌گیرند.

جدول ۱۵. انتخاب ماکزیمم به‌عنوان بهترین گزینه

پیرولیز	۰/۱۶۳
هضم بی‌هوازی	۰/۲۸۰
گازی سازی	۰/۲۶۸
تولید الکل	۰/۱۸۳

Ok

مأخذ: نتایج تحقیق

گام چهارم : محاسبه نرخ سازگاری

نرخ سازگاری در روشAHP شاخصی است که سازگاری مقایسه‌ها را نشان می‌دهد. این نرخ گویای درجهٔ صحت و دقت ارزش‌گذاری‌ها در مقایسات زوجی است، چنانچه نرخ مذکور برابر وکمتر از ۱/۰باشد می‌توان ارزش‌گذاری‌ها ومقایسات را خوب و صحیح دانست، درغیراین‌صورت ارزش‌گذاری و مقایسات زوجی باید دوباره انجام گرفته یا اصلاح شود. در جدول‌های ۱۶ و ۱۷ جهت کنترل سازگاری محاسبات انجام شده و تست دقت محاسبه نرخ سازگاری در این مرحله انجام می‌شود.

الف) محاسبه بردار مجموع وزنی MSV

$$= 1 \times 0/125 + 0/303 \times 0/357 + 0/891 \times 0/143 + 0/379 \times 0/373 = 0/501$$

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۶. محاسبه بردار مجموع وزنی MSV

معیار ۱ **نیاز به پردازش مواد خام که شامل:(نیاز به خشک کردن، محدودیت اندازه)**

اولویت ها	تولید الکل	اولویت ها	گازی سازی	اولویت ها	هضم بی‌هوازی	اولویت ها	پیرولیز
۰/۱۲۵	۲/۶۳۷	۰/۱۲۵	۱/۱۲۲	۰/۱۲۵	۳/۳۰۲	۰/۱۲۵	۱
۰/۳۵۷	۱/۱۲۲	۰/۳۵۷	۰/۴۲۸	۰/۳۵۷	۱	۰/۳۵۷	۰/۳۰۳
۰/۱۴۳	۲/۷۴۹	۰/۱۴۳	۱	۰/۱۴۳	۲/۳۳۵	۰/۱۴۳	۰/۸۹۱
۰/۳۷۳	۱	۰/۳۷۳	۰/۳۶۴	۰/۳۷۳	۰/۸۹۱	۰/۳۷۳	۰/۳۷۹
۱/۴۹۴		۰/۵۷۱		۱/۴۳۴		۰/۵۰۱	

معیار ۲ **دما و فشار**

اولویت ها	تولید الکل	اولویت ها	گازی سازی	اولویت ها	هضم بی‌هوازی	اولویت ها	پیرولیز
۰/۳۳۰	۰/۳۲۸	۰/۳۳۰	۱/۹۹۵	۰/۳۳۰	۰/۱۸۵	۰/۳۳۰	۱
۰/۰۸۲	۱/۵۱۳	۰/۰۸۲	۳/۸۴۷	۰/۰۸۲	۱	۰/۰۸۲	۵/۴۱۵
۰/۴۴۶	۰/۲۷۷	۰/۴۴۶	۱	۰/۴۴۶	۰/۲۶۰	۰/۴۴۶	۰/۵۰۱
۰/۱۱۸	۱	۰/۱۱۸	۳/۶۰۸	۰/۱۱۸	۰/۶۶۱	۰/۱۱۸	۳/۰۵۳
۰/۴۷۴		۱/۸۴۶		۰/۳۳۷		۱/۳۵۹	

معیار ۳ **راهبری فرایندکه شامل:(کنترل فرایند، افزودن مواد کمکی، نیاز به پالایش و بهسازی سوخت‌زیستی حاصله)**

اولویت ها	تولید الکل	اولویت ها	گازی سازی	اولویت ها	هضم بی‌هوازی	اولویت ها	پیرولیز
۰/۲۱۸	۱/۲۲۸	۰/۲۱۸	۱/۵۱۳	۰/۲۱۸	۰/۸۸۴	۰/۲۱۸	۱
۰/۲۲۳	۱	۰/۲۲۳	۱/۳۱۸	۰/۲۲۳	۱	۰/۲۲۳	۱/۱۳۲
۰/۳۰۹	۰/۸۱۲	۰/۳۰۹	۱	۰/۳۰۹	۰/۷۵۹	۰/۳۰۹	۰/۶۶۱
۰/۲۴۷	۱	۰/۲۴۷	۱/۲۳۲	۰/۲۴۷	۱	۰/۲۴۷	۰/۸۱۴
۰/۹۸۹		۱/۲۳۸		۰/۸۹۷		۰/۸۷۶	

مأخذ: نتایج تحقیق

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

معیار ۴ **درجه پیچیدگی فرایند**

۰/۳۰۸	۰/۶۵۱	۰/۳۰۸	۱/۲۸۵	۰/۳۰۸	۰/۲۷۶	۰/۳۰۸	۱
۰/۱۱۹	۰/۷۹۴	۰/۱۱۹	۳/۵۹۵	۰/۱۱۹	۱	۰/۱۱۹	۳/۶۲۵
۰/۴۲۰	۰/۳۰۹	۰/۴۲۰	۱	۰/۴۲۰	۰/۲۷۸	۰/۴۲۰	۰/۷۷۸
۰/۱۳۵	۱	۰/۱۳۵	۳/۲۳۸	۰/۱۳۵	۱/۲۶۰	۰/۱۳۵	۱/۵۳۶
۰/۵۶۰		۱/۶۸۰		۰/۴۹۱		۱/۲۷۳	

معیار ۵ **راندمان فرایند**

۰/۲۱۴	۰/۶۴۴	۰/۲۱۴	۲/۳۳۰	۰/۲۱۴	۰/۸۵۱	۰/۲۱۴	۱
۰/۱۶۸	۱/۱۲۲	۰/۱۶۸	۲/۵۲۰	۰/۱۶۸	۱	۰/۱۶۸	۱/۱۷۵
۰/۴۴۸	۰/۳۸۹	۰/۴۴۸	۱	۰/۴۴۸	۰/۳۹۷	۰/۴۴۸	۰/۴۲۹
۰/۱۶۶	۱	۰/۱۶۶	۲/۵۷۰	۰/۱۶۶	۰/۸۹۱	۰/۱۶۶	۱/۵۵۲
۰/۱۵۶		۰/۲۴۸		۱		۳/۵۰۷	

معیار ۶ **سازگاری با امکانات تبدیل و مصرف انرژی که شامل:(تولید برق، مصارف خانگی)**

۰/۱۰۷	۱/۴۱۴	۰/۱۰۷	۳/۱۴۷	۰/۱۰۷	۳/۵۲۵	۰/۱۰۷	۱
۰/۳۸۵	۰/۳۶۴	۰/۳۸۵	۰/۸۹۱	۰/۳۸۵	۱	۰/۳۸۵	۰/۲۸۴
۰/۳۷۲	۰/۲۹۸	۰/۳۷۲	۱	۰/۳۷۲	۱/۱۲۲	۰/۳۷۲	۰/۳۱۸
۰/۱۳۳	۱	۰/۱۳۳	۳/۳۶۰	۰/۱۳۳	۲/۷۴۹	۰/۱۳۳	۰/۷۰۷
۰/۵۳۴		۱/۴۹۶		۱/۵۴۳		۰/۴۲۸	

معیار ۷ **سازگاری با مواد خام و نیاز به ماده کمکی که شامل:(حالت فیزیکی و شیمیایی، نوع ماده کمکی اصلی)**

۰/۳۱۳	۰/۹۷۰	۰/۳۱۳	۰/۸۹۱	۰/۳۱۳	۰/۳۸۹	۰/۳۱۳	۱
۰/۱۹۵	۰/۷۴۲	۰/۱۹۵	۱/۱۶۵	۰/۱۹۵	۱	۰/۱۹۵	۲/۵۷۰
۰/۲۴۰	۱	۰/۲۴۰	۱	۰/۲۴۰	۰/۸۵۸	۰/۲۴۰	۱/۱۲۲
۰/۲۱۹	۱	۰/۲۱۹	۱	۰/۲۱۹	۱/۳۴۸	۰/۲۱۹	۱/۰۳۱
۰/۱۵۶		۰/۲۴۸		۱		۳/۵۰۷	

مأخذ: نتایج تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

معیار ۸		امکان بومی سازی فناوری					
۰/۱۱۲	۲/۵۵۸	۰/۱۱۲	۰/۸۹۱	۰/۱۱۲	۴/۶۷۹	۰/۱۱۲	۱
۰/۵۰۷	۰/۵۴۱	۰/۵۰۷	۰/۲۱۹	۰/۵۰۷	۱	۰/۵۰۷	۰/۲۱۴
۰/۱۰۸	۲/۳۶۵	۰/۱۰۸	۱	۰/۱۰۸	۴/۵۶۱	۰/۱۰۸	۱/۱۲۲
۰/۲۷۲	۱	۰/۲۷۲	۰/۴۲۳	۰/۲۷۲	۱/۸۴۹	۰/۲۷۲	۰/۳۹۱
۱/۰۸۹		۰/۴۳۴		۲/۰۲۹		۰/۴۴۸	

مأخذ: نتایج تحقیق

ب) محاسبه بردار سازگاری C.V

$$= \frac{0.501}{0.125} = 4.018$$

جدول ۱۷. محاسبه بردار سازگاری C.V

معیار ۱

	۱/۴۹۴	۰/۵۷۱	۱/۴۳۴	۰/۵۰۱
sum	۰/۳۷۳	۰/۱۴۳	۰/۳۵۷	۰/۱۲۵
۱۶/۰۴۹	۴/۰۱۲	۴/۰۰۴	۴/۰۱۶	۴/۰۱۸

معیار ۲

	۰/۴۷۴	۱/۸۴۶	۰/۳۳۷	۱/۳۵۹
sum	۰/۱۱۸	۰/۴۴۶	۰/۰۸۲	۰/۳۳۰
۱۶/۳۷۶	۴/۰۰۶	۴/۱۴۱	۴/۱۰۹	۴/۱۲۰

معیار ۳

	۰/۹۸۹	۱/۲۳۸	۰/۸۹۷	۰/۸۷۶
sum	۰/۲۴۷	۰/۳۰۹	۰/۲۲۳	۰/۲۱۸
۱۶/۰۴۵	۴/۰۰۸	۴/۰۰۳	۴/۰۱۷	۴/۰۱۷

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

معیار ۴				
	۰/۵۶۰	۱/۶۸۰	۰/۴۹۱	۱/۲۷۳
sum	۰/۱۳۵	۰/۴۲۰	۰/۱۱۹	۰/۳۰۸
۱۶/۴۰۸	۴/۱۴۷	۴/۰۰۳	۴/۱۲۳	۴/۱۳۵

معیار ۵				
	۰/۱۵۶	۰/۲۴۸	۱	۳/۵۰۷
sum	۰/۱۶۶	۰/۴۴۸	۰/۱۶۸	۰/۲۱۴
۲۳/۸۲۷	۰/۹۴۴	۰/۵۵۳	۵/۹۳۶	۱۶/۳۹۴

معیار ۶				
	۰/۵۳۴	۱/۴۹۶	۱/۵۴۳	۰/۴۲۸
sum	۰/۱۳۳	۰/۳۷۲	۰/۳۸۵	۰/۱۰۷
۱۶/۰۷۰	۴/۰۲۶	۴/۰۲۶	۴/۰۰۵	۴/۰۱۴

معیار ۷				
	۰/۱۵۶	۰/۲۴۸	۱	۳/۵۰۷
sum	۰/۲۱۹	۰/۲۴۰	۰/۱۹۵	۰/۳۱۳
۱۸/۰۷۵	۰/۷۱۳	۱/۰۳۲	۵/۱۲۳	۱۱/۲۰۷

معیار ۸				
	۱/۰۸۹	۰/۴۳۴	۲/۰۲۹	۰/۴۴۸
sum	۰/۲۷۲	۰/۱۰۸	۰/۵۰۷	۰/۱۱۲
۱۶/۰۱۴	۴/۰۰۳	۴/۰۰۵	۴/۰۰۱	۴/۰۰۵

ج) محاسبه λmax

λmax باید به تعداد معیارهای مورد نظر محاسبه شود و بعد از محاسبه آنها رابطهٔ CI، حاصل می‌گردد و برابر است با میانگین C.V

$$\lambda max = \frac{138.86}{32} = 4.34$$

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

گام پنجم: محاسبه شاخص سازگاری C.R

$$\lambda max = 4.34\,,\quad N = 4$$
$$C.I = \frac{\lambda max - N}{N} = \frac{4.34 - 4}{4} = 0.08$$

مقایسه با شاخص سازگاری تصادفی

جدول ۱۸. جدول شاخص سازگاری تصادفی (R.I)

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
R.I	۰	۰	۰/۵۸۰	۰/۹۰۰	۱/۱۲۰	۱/۲۴۰	۱/۳۲۰	۱/۴۱۰
n	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
R.I	۱/۴۵	۱/۴۸	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۵۶	۱/۵۷	۱/۵۹	.....

مأخذ: نتایج تحقیق

برای سنجش سازگاری، مقایسات دو به دو، شاخص C.R با استفاده از منطق ریاضی بردارهای ویژه و رابطه زیر محاسبه می‌شود. با توجه به اینکه این شاخص کمتر از ۰/۱می باشد نتیجه می‌گیریم جدول۱۸ مقایسه، سازگار است.

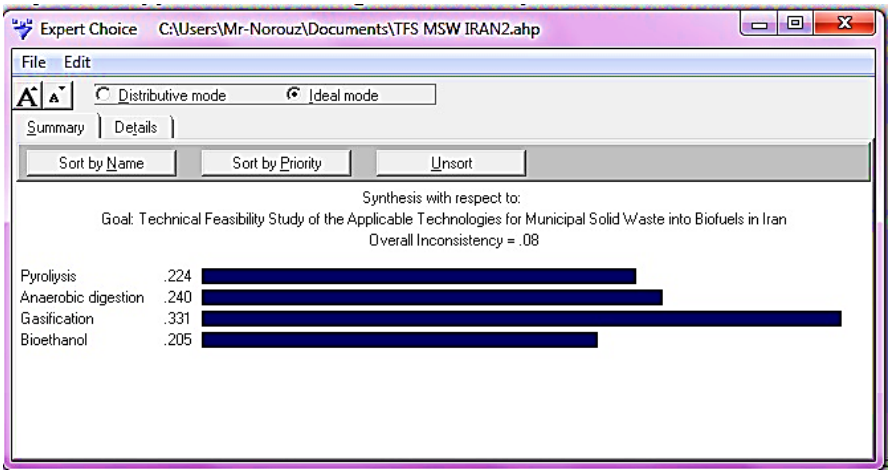
$$\boldsymbol{C.R} = \frac{\mathbf{C.I}}{\boldsymbol{R.I}} = \frac{0.08}{0.9} = 0.094 \leq 0.1$$

٦-۷. تجزیه‌وتحلیل معیارها با استفاده از نرم افزار Expert Choice

نرم افزار Expert Choice نیز برای بررسی تأیید صحت نتیجه به‌دست آمده از تجزیه‌وتحلیل سلسله مراتبی به‌کار گرفته می‌شود. بعد از مقایسه زوجی، محاسبه وزن نهایی هر گزینه انجام گردیده که نتیجه مؤید انتخاب فناوری هضم بی‌هوازی به عنوان اولویت اول همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده، می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. وزن نهایی محاسبه شده هر یک از گزینه‌ها در نرم افزار

شاخص سازگاری در بازه مورد نظر کمتر از ۰/۱ است. بنابر این سازگاری ماتریس مقایسات مورد تأیید بوده و قابل قبول می‌باشند و نشان دهنده این‌است که در ارزیابی‌ها و قضاوت‌های خبرگان تناقض وجود ندارد.

$$0.08 \leq 0.1$$

۷. نتیجه گیری

ایران با متوسط ۷۱۰ گرم پسماند سرانه، هر روزه بالغ بر ۵۰.۰۰۰ تُن مواد زائد جامد تولید می‌شود، ضمن اینکه بخش چشمگیری از این پسماند یعنی بیش از ۷۰ درصد را پسماندهای آلی به خود اختصاص می‌دهند. متأسفانه سالیانه مقادیر چشمگیری از پسماند شهری بدون این‌که مورد پردازش قرار گیرد و مواد ارزشمند قابل بازیافت آن تفکیک گردد، به دفن‌گاه‌ها منتقل می‌شوند. نتیجه این عمل، چیزی نیست جز تولید آلاینده‌های خطرناک جامد، مایع و گاز که باعث آلودگی آب، هوا و خاک گشته که حذف این آلاینده‌ها نیز همراه با صرف هزینه بسیار بالایی می‌باشد. این در حالیست که بخش آلی پسماند شهری پتانسیل زیادی برای تولید سوخت‌زیستی و تأمین بخشی از انرژی مورد نیاز کشور را دارد. بنابراین به‌کارگیری فناوری‌های تبدیل پسماند

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

به سوخت‌زیستی مناسب در سیستم مدیریت پسماند کشور می‌تواند در این امر بسیار مفید باشد. در این تحقیق چهار فناوری هضم بی‌هوازی، تولید الکل، گازی کردن و پیرولیز جهت مقایسه فنی و اولویت‌بندی از نظر کاربرد در کشور انتخاب گردیدند. معیارهای مورد نیاز برای مقایسه فناوری‌های تبدیل پسماند به سوخت‌زیستی با استفاده از روش فراترکیبی تعیین گردید. سپس از تکنیک گروه کانونی جهت صحه گذاشتن و اثبات روایی بودن معیارها، استفاده شده است. سپس با تهیه پرسشنامه‌ای از معیارهای منتخب در دو روش قبل و ارسال آنها برای ۵ تن از خبرگان این فن به روش دلفی نظر خواهی نهایی صورت پذیرفت و سپس با به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی AHP با انجام مقایسه زوجی و وزن دهی، چهار فناوری مذکور با توجه به معیارهای تعیین شده اولویت‌بندی شدند که روش هضم بی‌هوازی رتبه اول برای تبدیل پسماند شهری به سوخت‌زیستی در کشور کسب نمود. همچنین جهت تأیید نتایج روش تحلیل سلسله مراتبی از نرم افزار Expert Choice نیز استفاده گردید که نتیجه با روش تحلیل سلسله مراتبی مطابقت داشته است.

منابع

سازمان شهرداری‌ها ودهیاری‌های کشور (۱۳۹۵) اطلاعات از طریق مصاحبه از این سازمان اخذ گردیده است.

عمرانی, د. ق. (۱۳۹۳). *محیط زیست شهری*، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی تهران.

قدسی‌پور، د. س. (۱۳۹۵). *فرایند تحلیل سلسله مراتبی*(AHP). تهران: دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

Amin Salehi F., Abdoli M.A., Shokouhmand H. and H.R. Jafari (2012) Techno-economic Assessment for Energy Generation Using Bagasse: Case Study, International Journal of Energy Research, first published Online DOI: 10.1002/er. 2907, March 2012, Vol.37, Issue 8, PP.982-990.

Amin Salehi F., Abdoli M.A., Shokouhmand H. and H.R. Jafari (2012) Techno-economic and Environmental Study for Bagasse Derived Ethanol: Case Study, International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE), Vol.4, No. 4, PP. 46-53.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from epprjournal.ir at 10:34 +0430 on Saturday September 5th 2020

Capellan-Preze, I., Mediavilla, M., De Castro, C., Carpintero, O., Miguel, L.J. (2014) Fossil Fuel Depletion and Socio-economic Scenarios: An Integrated Approach, Vol.77, PP.641-666.

Chen P., Xie Q., Addy M., Zhou W., Liu Y., Wang Y., Li K. and R. Ruan (2016) "Utilization of Municipal Solid and Liquid Wastes for Bio-energy and Bio-products Production", *Bio-resource Technology*, Vol. 215, PP. 163-172.

Fubara T., Cecelja F. and A. Yang (2017) Techno-economic Assessment of Natural Gas Displacement Potential of Bio-methane: A Case Study on Domestic Energy Supply in the UK , Chemical Engineering Research and Design, In Press.

Guran S., Agblevor F.A. and M. Brennan-Tonetta (2018) *Biofuels, Bio-Power and Bio-Products from Sustainable Biomass: Coupling Energy Crops and Organic Waste with Clean Energy Technologies*, Chapter 8, Published by John Wiley.

Jacobson M.Z. (2017) Roadmaps to Transition Countries to 100% Clean, Renewable Energy for All Purposes to Curtail Global Warming, Air Pollution, and Energy Risk, Earth's Future, Vol. 5, Issue 10, PP. 948-952.

Kurtulus Ozcan H., Guvenc S.Y., Guvenc L. and G. Demir (2016) "Municipal Solid Waste Characterization According to Different Income Levels: A Case Study", *Sustainability*, Vol. 8, pp. 1044.

Madadi M., Hosieni S.M., Khalili I. and A. Abbas (2017) "A Review on Renewable Energy Resources in Iran", Third International Conference on Sustainable Development, Strategies and Challenges With a Focus on Agriculture, Natural Resources, *Environment and Tourism*, 7-9 March 2017, Tabriz , Iran.

Paterson B.L., Thome S.E., Canam C. and C. Jillings (2001) Meta-Study of Qualitative Health Research: A Practical Guide to Meta –Analysis and Meta-Synthesis, Published by SAGE.

Sikarwar V.S., Zhao M., Fennell P.S., Shah N. and E.J. Antony (2017) "Progress in Biofuel Production from Gasification", *Progress in Energy and Combustion Science*, Vol. 61, PP. 1889-248.

Skaggs R.L., Coleman A.M., Seiple T.E. and A.R. Mibrandt (2018) "Waste to Energy Biofuel Production Potential for Selected Feedstocks in the Conterminous United States", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 82, pp. 2640-2651.

Vasco-Correa J., Khanal S., Manandhar A. and A. Shah (2018) "Anaerobic Digestion for Bioenergy Production Global Status, Environmental and Techno-Economic Implications, and Government Policies", *Bio-resource Technology*, No.247, pp.1015-1026.

Wright M.D. (2010). "Techno-economic Analysis of Biomass Fast Pyrolysis to Transportation Fuels", *Fuel*, No.89, pp. S2-S10.

Zimmer L. (2006) "Qualitative Meta-synthesis: a Question of Dialoguing With Texts", *Journal of Advanced Nurs- ing*, No. 53, pp. 311-318.

www.SID.ir