

شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های تولید پاک‌تر با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: شرکت محصولات کاغذی لطیف)

چکیده

فرایند تولید پاک‌تر^۱، یک رویکرد دوستدار محیط‌زیست محسوب می‌شود که سعی دارد با کاهش ضایعات و مصرف انرژی و... آلودگی‌های زیست‌محیطی فرایندهای صنعتی را کاهش دهد تا امکان تولید پایدار را در واحدهای صنعتی فراهم نماید. برای نیل به این هدف صنایع کاغذسازی نیز باید کاهش ضایعات فرایندهای تولید و مصرف بی‌رویه انرژی را در همسویی با استراتژی‌های تولید پاک‌تر در اولویت برنامه‌های خود قرار دهند. در این تحقیق فرایند تحلیل سلسله مراتبی بکار گرفته شده و یک سلسله‌مراتب با سه سطح برای تسهیل فرایند اولویت‌بندی تولید پاک‌تر در کارخانه کاغذ لطیف ساختاردهی شده است. با مرور ادبیات و مطالعات میدانی مدل پیشنهادی، برای پیاده‌سازی تولید پاک‌تر در کارخانه فراهم گردید. نتایج تحقیق نشان داد شاخص‌های اصلی تولید پاک‌تر به ترتیب اولویت تغییر فرایند، اصلاح محصول، اجرای نظام تعمیر و نگهداری پیشگیرانه، بازگردانی و سرمایه‌های انسانی می‌باشند. شاخص تغییر فرایند با اختصاص میزان ۴۰ درصد از کل اهمیت بالاترین اولویت را در اجرای راهبردی تولید پاک‌تر به خود اختصاص داد. زیرشاخص وجود اتوماسیون صنعتی و سطح تکنولوژی آن که از زیرشاخص‌های تغییر فرایند است بالاترین اولویت را در بین ۳۱ زیرشاخص دارد. همچنین زیر شاخص‌های با اولویت بالاتر مانند استفاده از آخال باکیفیت و اجرای نظام کالیبراسیون نیز به شاخص تغییر فرایند ارتباط دارند. لذا برای دستیابی به اهداف تولید پاک‌تر و اجرای راهبردی آن توجه بیشتر به این شاخص لازم است. نرخ ناسازگاری کلی در این بررسی ۰/۰۶ است که دلالت بر ثبات نتایج به‌دست‌آمده دارد. نتایج این تحقیق می‌تواند در تسریع اجرای فرایند تولید پاک‌تر در صنعت خمیر و کاغذ ایران مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: تولید پاک‌تر، صنایع کاغذسازی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تولید پایدار، شاخص و زیرشاخص.

یعقوب اسدی زاده^۱

مجید عزیزی^۲

یحیی همزه^۳

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

^۲ استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

^۳ استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:

mazizi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۱۴

مقدمه

دوست دار محیط‌زیست باشند و هم صرفه‌جویی اقتصادی داشته باشند. ارزیابی و اجرای راهبرد تولید پاک‌تر در کشورهایی نظیر ایران که استفاده از منابع طبیعی توسط فرایندهای صنعتی بیش‌ازحد است، لازم و ضروری است. بازده پایین و میزان ضایعات مواد خام و انرژی زیاد صنایع ایران منجر به افزایش قیمت محصول می‌شوند. به‌کارگیری ابزار تولید پاک‌تر می‌تواند علاوه بر غلبه بر این مشکلات در صنایع داخلی، در ارتقای فناوری، کاهش بحران زیست‌محیطی، کاهش مصرف انرژی و رسیدن به توسعه پایدار در صنایع ایران تأثیر زیادی داشته باشد [۵]. لذا با توجه به مطالب ذکرشده و بالا بودن هزینه‌های اولیه اجرای تولید پاک‌تر، هدف از این تحقیق، استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ای جهت بررسی، شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر تولید پاک‌تر در کارخانه کاغذسازی لطیف است.

از نظر Emami و همکاران [۶] تولید پاک‌تر به مفهوم راهبرد یکپارچه‌ای است که برای پیشگیری از آسیب‌های زیست‌محیطی فرایندها و محصولات و خدمات به‌طور پیوسته بکار گرفته می‌شود. این استراتژی با افزایش کارایی و کاهش آسیب برای انسان و محیط‌زیست همراه است. مفهوم تولید پاک‌تر برای فرایندهای هر صنعتی که محصولات و خدمات گوناگون خود را به جامعه ارائه کند کاربرد دارد. این مفهوم علاوه بر فرایندهای تولیدی، در خدمات و محصولات سازمان نیز کارایی یافته است. همچنین اظهار داشتند که تولید پاک‌تر یک الگوی مهندسی - مدیریتی است که در آن پیشگیری از آلودگی بیشتر از تصفیه آلاینده‌ها در رشد پایدار اهمیت دارد.

Evans و Hammer در بررسی که در مورد استفاده از تولید پاک‌تر در بانک توسعه آسیا انجام داده‌اند به این نتیجه رسیده‌اند که برای توسعه کشورهای آسیایی، باید مفهوم تولید پاک‌تر در جهت سیاست‌های ملی، دولتی، توسعه فناوری و تبادل اطلاعات و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی درک شود. پیشرفت تولید در سرمایه‌گذاری صنایع جدید آسیا به‌ویژه صنایع کوچک و متوسط با معیار توسعه مؤلفه‌های تولید پاک‌تر سنجیده می‌شود. این موضوع که مبنای پیشرفت سیاست‌های مربوط به اعضاء کشورهای توسعه‌یافته است هدف اصلی بانک توسعه آسیا

اگرچه ایران از غنی‌ترین منابع انرژی برخوردار است اما تلف کردن و استفاده نادرست از آن‌ها خسارت جبران‌ناپذیری را به بودجه سالانه کشور وارد می‌کند. این هزینه برابر با بودجه عمرانی کشور و سالانه حدود ۵ میلیارد دلار تخمین زده شده است. محدودیت منابع فسیلی و رشد بالای مصرف سالانه انرژی در ایران باعث می‌شود که در صورت عدم برنامه‌ریزی و پیش‌بینی‌های لازم روند توسعه کشور به‌طور جدی محقق نشود. عدم کارایی فنی و اقتصادی مصرف انرژی و هدر رفت قریب به یک‌سوم از کل انرژی در فرایندهای مصرف، مشکلات فرایند زیست‌محیطی ناشی از آن، ضرورت مدیریت انرژی و بالا بردن بازده و بهره‌وری انرژی را بیش‌ازپیش آشکار می‌سازد [۱].

کاغذ از شبکه‌ای از الیاف و مجموعه‌ای از مواد شیمیایی تشکیل شده است که بر ویژگی‌ها و کیفیت آن تأثیر می‌گذارد. علاوه بر الیاف و مواد شیمیایی، تولید خمیر کاغذ و کاغذ نیاز به مصرف قابل توجهی آب فرایندی و انرژی به شکل بخار و الکتریسیته دارد. در نتیجه مهم‌ترین موضوعات زیست‌محیطی مرتبط با تولید خمیر کاغذ و کاغذ، انتشار آلاینده‌ها به آب، هوا و مصرف انرژی است. میزان قابل توجه پسماندها و ضایعات حاصل از این صنعت نیز به تدریج به نگرانی‌های زیست‌محیطی می‌افزاید [۲]. بسیاری از کارخانه‌های خمیر و کاغذسازی مقدار قابل توجهی آب، انرژی و مواد در چرخه تولید خود مورد استفاده قرار می‌دهند که حین تولید، آلودگی زیادی را ایجاد می‌کنند [۳].

بنابراین کارخانه‌های کاغذسازی از نظر انتشار آلاینده‌ها اثر مخربی را بر روی محیط‌زیست می‌گذارند. لذا شناسایی موارد تأثیرگذار بر اجرای تولید پاک‌تر در کارخانه کاغذسازی که هم مزیت اقتصادی و هم زیست‌محیطی داشته باشند، لازم و ضروری است [۴].

تولید پاک‌تر^۱ یک روش عملی و پیشگیرانه برای مدیریت انرژی و محیط‌زیست در صنایع است. هدف تولید پاک‌تر حل مشکلات ناشی از مصرف بی‌رویه انرژی، مواد، آب و ... در فرایندها، محصولات و خدمات است که هم

^۱ Cleaner Production

گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. سپس یک سری مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسات وزن هر یک از فاکتورها را در راستای گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم نشان می‌دهد. در نهایت منطق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به گونه‌ای ماتریس‌های حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌سازد که تصمیم بهینه حاصل آید. از مزایای این روش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- پیچیدگی: این فرآیند رویکردهای استدلالی و سیستم‌ها را برای حل مسائل پیچیده ترکیب می‌کند.

- وابستگی: فرآیند فوق وابستگی عناصر در یک سیستم را مورد بررسی قرار داده و اصراری بر تفکر خطی ندارد.

- ساختار سلسله‌مراتب: این فرآیند تمایل طبیعی ذهن برای تنظیم عناصر یک سیستم در سطوح مختلف را منعکس می‌سازد.

- اندازه‌گیری: این فرآیند معیاری را برای اندازه‌گیری مسائل ناملموس و شیوه‌ای را برای مبنای اولویت‌ها فراهم می‌سازد.

- تکرار فرآیند: این فرآیند افراد را قادر می‌سازد تا تعریف خود را در مورد یک مسئله اصلاح کرده و قضاوت و درک خود را از طریق تکرار بهبود بخشد.

- موازنه سازی: این فرآیند تقدم‌های نسبی عوامل را در یک سیستم مورد توجه قرار داده و افراد را قادر می‌سازد تا بهترین گزینه را بر اساس اهداف خود انتخاب کنند؛ و تقدم و تاخر معیارها را به خوبی نشان می‌دهد.

- ترکیب: این فرآیند به تخمینی کلی از شرایط مطلوب هر گزینه ختم می‌گردد.

- تعادل: فرآیند تحلیل سلسله‌مراتب، اولویت‌های وابسته به فاکتورها در یک سیستم را در نظر گرفته و بین آن‌ها تعادل برقرار می‌کند و فرد را قادر می‌سازد که بهترین گزینه را بر اساس اهدافش انتخاب کند [۱۱].

مواد و روش‌ها

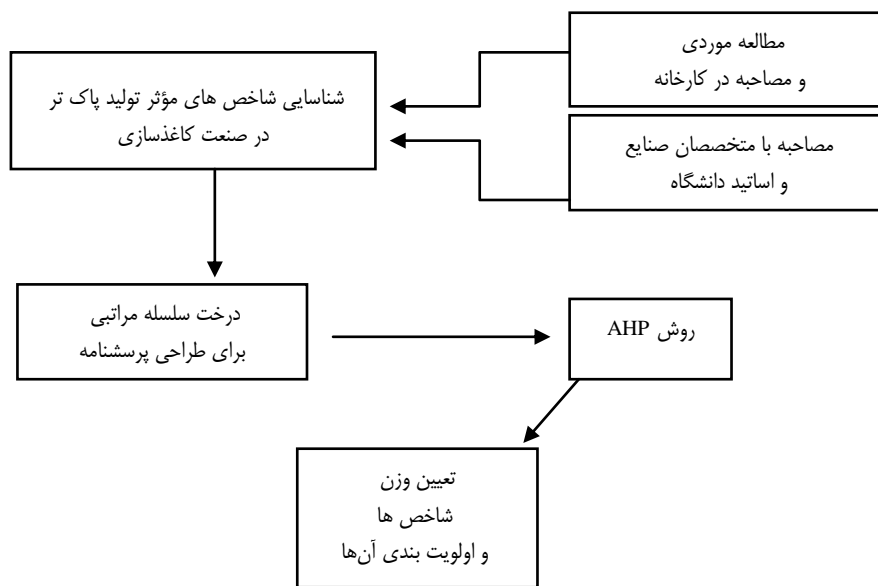
ابتدا یک چارت کلی از روش کار (شکل ۱) را مطرح می‌کنیم و سپس به تفصیل به توضیح آن می‌پردازیم:

است. آن‌ها برای بهبود کیفیت زیست‌محیطی آسیا، کاهش استفاده از منابع و آلودگی‌ها را ضروری می‌دانند که در این صورت لازم است بر روی تولید، توزیع و مصرف کالا با رویکرد ساختار اقتصادی و زیست‌محیطی توسعه پایدار، نظارت بیشتری انجام شود [۷].

Avsar و Dennirer در خصوص مطالعه و ارزیابی تولید پاک‌تر کارخانه خمیر و کاغذ ترکیه گزارشی ارائه داده‌اند. در این گزارش آن‌ها بخش‌های مختلف کارخانه کاغذسازی و بار آلودگی آن را طبق موارد تولید پاک‌تر بررسی و با کارخانه‌های آمریکا، استرالیا، کانادا و اروپا مقایسه نموده‌اند و موارد کاهش ضایعات و افزایش بازده تولید و بار آلودگی مواد در جریان را در کارخانه تعیین کرده‌اند [۸].

در خصوص مطالعه فرآیند تولید پاک‌تر روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای ارزیابی شاخص‌های تأثیرگذار بر فرآیند تولید پاک‌تر در صنعت کاغذسازی مورد استفاده قرار گرفته است. در این مطالعه با بهره‌گیری از نظرات کارشناسان و استادان دانشگاه شاخص‌های تولید پاک‌تر ارائه شده است. این دیدگاه می‌تواند به‌طور سیستماتیک کاهش ضایعات، بهبود کارایی فرآیند و کاهش هزینه‌ها را در پی داشته باشد. دیدگاه‌های مربوط به تغییر فرآیند در این بررسی منتهی به بهبود مدیریت فرایندهای کاغذسازی و کاهش اثرات زیست‌محیطی می‌شود و در هر دو زمینه اقتصادی و زیست‌محیطی مزایای خوبی را به همراه دارد [۹].

یکی از مهم‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری در علم مدیریت فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است که بر پایه قضاوت دوتایی استوار است [۱۰]. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چندمنظوره است که اولین بار توسط Saaty در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی منعکس‌کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی است. این تکنیک، مسائل پیچیده را بر اساس آثار متقابل آن‌ها مورد بررسی قرار می‌دهد و آن‌ها را به شکلی ساده تبدیل کرده و به حل آن‌ها می‌پردازد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبروست می‌تواند استفاده گردد. درخت سلسله‌مراتب تصمیم، عوامل مورد مقایسه و



شکل ۱- روش کار به صورت کلی

موردنیاز برای تولید محصول و یا فرایندهای زیست سازگار استفاده می‌شود.

-اجرای نظام تعمیر و نگهداری پیشگیرانه

اجرای نظام تعمیر و نگهداری پیشگیرانه به منظور تغییر عملکرد فعلی و نگهداری تجهیزات صورت می‌گیرد؛ بنابراین باید قوانینی اجرا گردد تا از نشتی مواد جلوگیری کند و کار در محیط کاری مطلوب انجام شود. تعمیر و نگهداری پیشگیرانه بخشی از فرایند تولید پاک‌تر است که ارزان بوده و دوره بازگشت سرمایه‌گذاری آن کوتاه است.

- بازگردانی

در واقع دوباره‌کاری و استفاده مجدد از مواد زائد و انرژی است که این بازگردانی هم می‌تواند در طی همان فرایند و در همان خط تولید و یا می‌تواند برای تولید محصولات جانبی مفید در خارج از خط تولید استفاده شود. به‌طور مثال تصفیه مناسب آب‌های فرایندی و بازگردانی حداکثر این آب‌ها جهت جلوگیری از خروج آن از کارخانه، که موجب می‌شود در مصرف آب و انرژی صرفه‌جویی صورت گرفته و آلودگی‌های زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد.

- سرمایه‌های انسانی

عامل انسانی یکی از شاخص‌های مهم راهبرد تولید پاک‌تر است؛ زیرا آگاهی و نگرش هر فرد در هر جایگاهی نقش مهمی در پیشبرد تولید پاک‌تر، کاهش آلودگی‌های

پس از مطالعه موردی، مصاحبه با متخصصان و کارشناسان کارخانه‌های کاغذسازی، اساتید دانشگاه و اطلاعات به‌دست آمده از سازمان محیط‌زیست جهانی^۱ شاخص‌های تأثیرگذار تولید پاک‌تر شناسایی گردیدند که در ۵ گروه اصلی شامل اصلاح محصول، تغییر فرایند تولید، اجرای نظام تعمیرات و نگهداری، بازگردانی و سرمایه‌های انسانی قرار می‌گیرند. شرح مختصری از این گروه‌های اصلی ارائه می‌شود:

-اصلاح محصول

هدف از اصلاح محصول این است که اثرات زیست‌محیطی محصول طی فرایند تولید کاهش یابد و از مواد بازیافتی استفاده شود و همین‌طور محصول به بهترین شکل بهینه‌سازی شود. این عمل می‌تواند به‌طور مثال با افزایش عمر مفید محصول از طریق ساخت محصولی که آسان‌تر بازیافت شود و یا با استفاده از مواد دوستدار محیط‌زیست به دست آید؛ مانند اینکه محصول نهایی خود کمترین آسیب را به محیط‌زیست وارد سازد به‌طور فرض هیچ‌گونه گاز آلاینده‌ای را منتشر نکند.

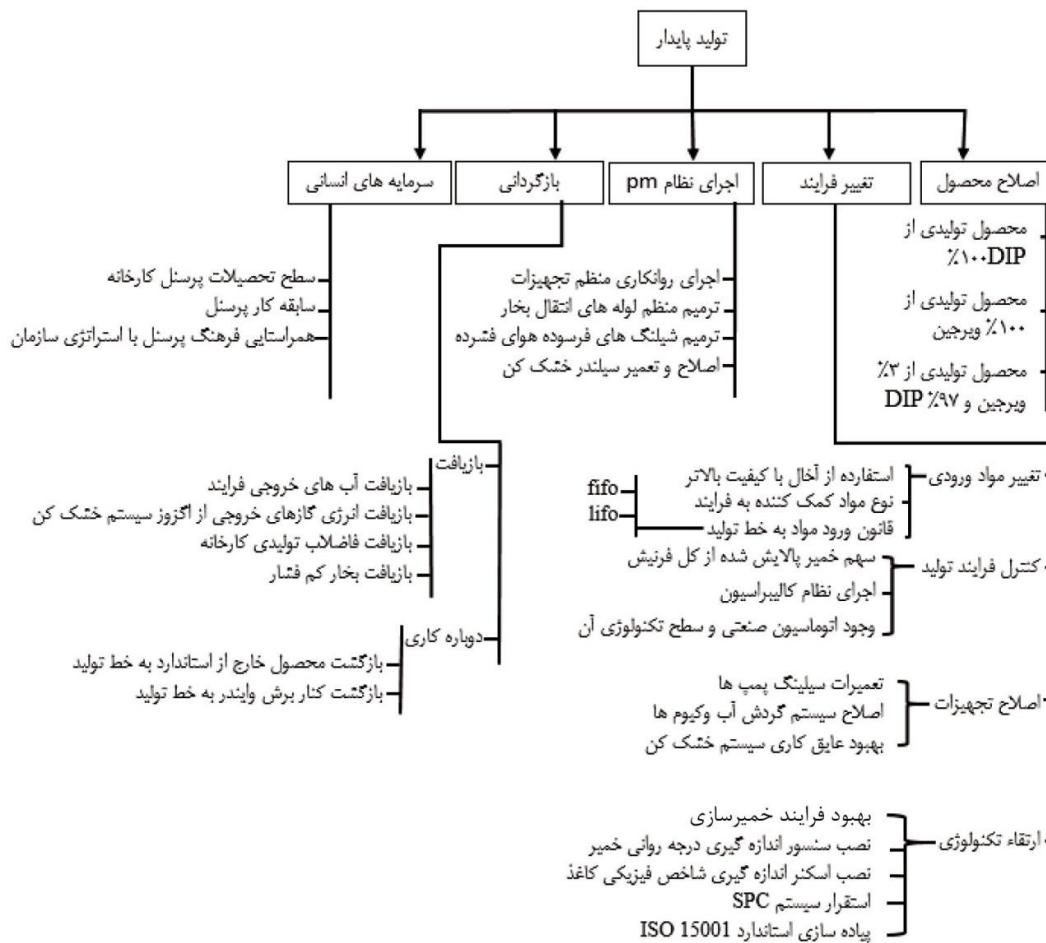
-تغییر فرایند

تغییراتی که در طی فرایند تولید جهت کاهش منابع

^۱ UNEP = United Nations Environment Programme

پس از طرح سلسله‌مراتب شاخص‌های مذکور و مشخص شدن سطوح مختلف آن‌ها، پرسشنامه‌ها طراحی شدند و برای تعیین میزان تأثیرگذاری این شاخص‌ها بر پایه وزن آن‌ها بین ۱۴ نفر از اساتید دانشگاهی، مدیران، مهندسان و کاردانان باتجربه کارخانه کاغذسازی لطیف توزیع گردیدند و پس از تکمیل جمع‌آوری شدند تا مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند.

زیست‌محیطی و مصرف آب و انرژی و... دارد. در این زمینه در کارخانه کاغذسازی، نقش افراد از قبیل مدیران، کاردانان فنی تحصیل کرده، کارگران باتجربه و متخصصان آگاه به استراتژی تولید پاک‌تر در پیش برد اهداف تولید پاک‌تر متفاوت خواهد بود. این ۵ شاخص اصلی به ۳۱ زیرشاخص فرعی تأثیرگذار در تولید پاک‌تر در سطوح مختلف تقسیم می‌شوند (شکل ۲).



شکل ۲- شاخص‌ها و زیرشاخص‌های تأثیرگذار تولید پاک‌تر در کارخانه کاغذسازی لطیف

- اصل همگنی: عنصر A با عنصر B باید همگن و قابل مقایسه باشند. به بیان دیگر برتری عنصر A بر عنصر B نمی‌تواند بی‌نهایت یا صفر باشد.
- وابستگی: هر عنصر سلسله مراتبی به عنصر سطح بالاتر خود می‌تواند وابسته باشد و به صورت خطی این وابستگی تا بالاترین سطح می‌تواند ادامه داشته باشد.

روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی

Saaty چهار اصل زیر را به‌عنوان اصول فرایند تحلیل سلسله مراتبی بیان نموده و کلیه محاسبات، قوانین و مقررات را بر این اصول بنا نهاده است. این اصول عبارت‌اند از:
- شرط معکوسی: اگر ترجیح عنصر A بر عنصر B برابر n باشد، ترجیح عنصر B بر عنصر A $\frac{1}{n}$ خواهد بود.

از ۱ تا ۹ هستند (جدول ۱) که به صورت یک مقیاس استاندارد درآمده است [۱۲].

- انتظارات^۱: هرگاه تغییری در ساختمان سلسله مراتبی رخ دهد پروسه ارزیابی باید مجدداً انجام گیرد. اعدادی که در مقایسات زوجی مورد استفاده قرار می‌گیرند

جدول ۱- مقیاس انجام مقایسه‌های دوتایی در اولویت‌های AHP

وضعیت مقایسه I نسبت به J
اهمیت برابر (۱)
گزینه یا شاخص I نسبت به J اهمیت برابر دارند و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
نسبتاً مهم‌تر (۳)
گزینه یا شاخص I نسبت به J کمی مهم‌تر است.
مهم‌تر (۵)
گزینه یا شاخص I نسبت به J مهم‌تر است.
خیلی مهم‌تر (۷)
گزینه یا شاخص I دارای ارجحیت خیلی بیشتری از J است.
کاملاً مهم (۹)
گزینه یا شاخص I از J مطلقاً مهم‌تر است
ارزش‌های میانی بین ارزش‌های ترجیحی را نشان می‌دهد مثلاً ۸، بیانگر اهمیتی زیادتر از ۷ و پایین‌تر از ۹ است (۲-۴-۸).

(با وزن ۰/۱۱۲) و سرمایه‌های انسانی (با وزن ۰/۰۶۷) است. بدین ترتیب شاخص تغییر فرایند بالاترین اولویت را دارد و مهم‌ترین شاخص تأثیرگذار جهت اجرای تولید پاک‌تر محسوب می‌شود (شکل ۳). همچنین برخی از اشکال اولویت‌بندی زیرشاخص‌های مهم‌تر را در سطح سوم و چهارم در ادامه مطلب بیان می‌کنیم.

اولویت‌بندی زیرشاخص‌های اصلاح محصول در سطح سوم نشان‌دهنده این است که زیرشاخص محصول تولیدی از ۱۰۰ درصد DIP بالاترین اولویت را به خود اختصاص داده است (شکل ۴).

اولویت‌بندی زیرشاخص‌های تغییر فرایند در سطح سوم نشان‌دهنده این است که زیرشاخص کنترل فرایند تولید بالاترین اولویت را به خود اختصاص داده است (شکل ۵).

اولویت‌بندی زیرشاخص‌های کنترل فرایند در سطح چهارم حاکی از آن است که زیرشاخص وجود اتوماسیون صنعتی و سطح تکنولوژی آن بالاترین اولویت را به خود اختصاص داده است (شکل ۶).

قدم بعدی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی انجام محاسبات لازم برای تعیین اولویت هر یک از عناصر تصمیم با استفاده از اطلاعات ماتریس‌های مقایسات زوجی است. خلاصه عملیات ریاضی در این مرحله به صورت زیر است. مجموع اعداد هر ستون از ماتریس مقایسات زوجی را محاسبه کرده، سپس هر عنصر ستون را بر مجموع اعداد آن ستون تقسیم می‌کنیم. ماتریس جدیدی که بدین صورت به دست می‌آید، «ماتریس مقایسات نرمال شده» نامیده می‌شود. میانگین اعداد هر سطر از ماتریس مقایسات نرمال شده را محاسبه می‌کنیم. این میانگین وزن نسبی عناصر تصمیم با سطرهای ماتریس را ارائه می‌کند؛ و در نهایت میزان نرخ ناسازگاری را محاسبه می‌کنیم که میزان آن باید کمتر از ۰/۱ باشد در غیر این صورت در مقایسه‌ها باید تجدیدنظر کرد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌ها حاکی از این بود که اولویت‌بندی شاخص‌های تولید پاک‌تر به ترتیب تغییر فرایند (با وزن ۰/۳۹۷)، اصلاح محصول (با وزن ۰/۲۵۳)، اجرای نظام PM (با وزن ۰/۱۷۱)، بازگردانی

^۱ Expectations



شکل ۳- اولویت‌بندی شاخص‌های اصلی تولید پاک‌تر (نرخ ناسازگاری ۰/۰۶)



شکل ۴- اولویت‌بندی زیرشاخص‌های اصلاح محصول (نرخ ناسازگاری ۰/۰۵)



شکل ۵- اولویت‌بندی زیرشاخص‌های تغییر فرایند (نرخ ناسازگاری ۰/۰۹)



شکل ۶- اولویت‌بندی زیرشاخص‌های کنترل فرایند تولید (نرخ ناسازگاری ۰/۰۳)

لوله‌های انتقال بخار بالاترین اولویت را به خود اختصاص داده است (شکل ۷).

اولویت‌بندی زیرشاخص‌های اجرای نظام PM در سطح سوم حاکی از این است که زیرشاخص ترمیم منظم



شکل ۷- اولویت‌بندی زیرشاخص‌های اجرای نظام PM (نرخ ناسازگاری ۰/۰۸)

بازیافت از اهمیت یکسان برخوردارند (شکل ۸).

اولویت‌بندی زیرشاخص‌های بازگردانی در سطح سوم نیز حاکی از آن است که زیرشاخص‌های دوباره‌کاری و



شکل ۸- اولویت‌بندی زیرشاخص‌های بازگردانی (نرخ ناسازگاری ۰/۰۰)

اولویت‌بندی زیرشاخص‌های بازیافت در سطح چهارم نیز حاکی از آن است که زیرشاخص بازیافت آب‌های خروجی فرایند بالاترین اولویت را به خود اختصاص داده است (شکل ۹).



شکل ۹- اولویت‌بندی زیرشاخص‌های بازیافت (نرخ ناسازگاری ۰/۰۷)

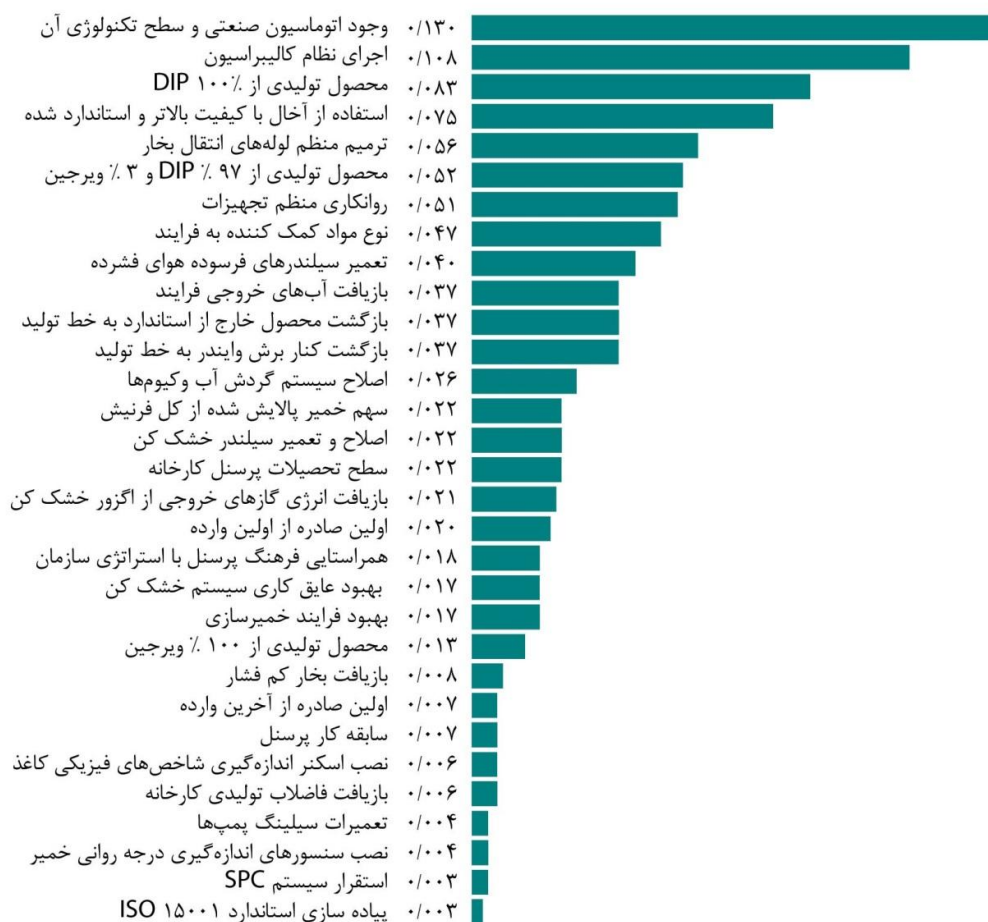
اولویت‌بندی زیرشاخص‌های سرمایه‌های انسانی در سطح سوم نیز حاکی از آن است که سطح تحصیلات پرسنل بالاترین اولویت را به خود اختصاص داده است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- اولویت‌بندی زیرشاخص‌های سرمایه‌های انسانی (نرخ ناسازگاری ۰/۰۵)

کارخانه است. این زیر شاخص با سنجش و کنترل دقیق مواد اولیه، فرایند تولید و محصول باعث افزایش کیفیت محصول نهایی می‌گردد، به‌طور مثال با راه‌اندازی سنسورهای آنلاین (در خط) جهت کنترل کیفیت سریع و آنلاین در خط تولید باعث افزایش کیفیت محصول و کاهش ضایعات در خط تولید می‌شود و از مصرف مواد و انرژی به‌صورت غیرمفید جلوگیری می‌کند. از این تکنولوژی برای سنجش گراماژ کاغذ، رطوبت کاغذ و ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی کاغذ استفاده می‌شود. اتوماسیون با افزایش راندمان باعث کاهش هزینه‌های تولید از طریق کاهش نیروی انسانی، کاهش اتلاف و ماده اولیه و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری می‌گردد.

اولویت‌بندی تمامی زیرشاخص‌های تولید پاک‌تر بیانگر این موضوع است که زیرشاخص وجود اتوماسیون صنعتی (با وزن ۰/۱۳۰) بیشترین اهمیت را در اجرای راهبردی تولید پاک‌تر با بالاترین اولویت به خود اختصاص داده است. زیرشاخص‌های اجرای نظام کالیبراسیون، محصول تولیدی از ۱۰۰ درصد DIP، استفاده از آخال با کیفیت بالاتر و استاندارد شده، ترمیم منظم لوله‌های انتقال بخار، محصول تولیدی از ۹۷ درصد DIP و ۳ درصد ویرجین و روان کاری منظم تجهیزات نیز در اولویت‌های بعدی قرار دارند که تقریباً بیش از نیمی از وزن شاخص‌ها را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۱۱). تأثیرگذارترین زیرشاخص اتوماسیون صنعتی و سطح تکنولوژی آن در این



شکل ۱۱- اولویت‌بندی نهایی ۳۱ زیرشاخص تأثیرگذار تولید پاک‌تر در کارخانه کاغذسازی لطیف (نرخ ناسازگاری ۰/۰۶)

نیاز به کاغذهای بکر و درنهایت کاهش قطع درختان و بالا رفتن فرصت تجدید حیات و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی تولید کاغذ از طریق کم کردن مصرف مواد شیمیایی را شامل می‌شود. شاخص چهارم استفاده از آخال با کیفیت بالاتر و استاندارد شده است که تأثیر بسیاری بر کیفیت محصول تولیدی دارد لذا نیاز است که تفکیک آخال به درستی انجام گیرد و از کاغذهای سفیدی که رنگ‌بری شده‌اند همچون کاغذهای سفید اداری و خانوارها، کاغذهای ضایعاتی مدارس، چاپخانه‌ها، عکاس‌خانه‌ها، فتوکپی‌ها و کاغذهای ضایعاتی صحافی استفاده شود. از کاغذهای روزنامه و کارتن به دلیل عدم لیگنین زدایی استفاده نمی‌شود که ضرورت تفکیک را دوچندان می‌کند. شاخص بعدی ترمیم منظم لوله‌های انتقال بخار است که با جلوگیری از اتلاف بخار آب در

دومین شاخص تأثیرگذار شاخص اجرای نظام کالیبراسیون است که از طریق چک کردن تجهیزات آزمایشگاهی کنترل کیفیت جهت صحت دستگاه‌های اندازه‌گیری کیفیت کاغذ موجود در آزمایشگاه‌های کارخانه، هدر رفت انرژی و تولید پاک‌تر را در کارخانه بهبود می‌بخشد. این کار توسط سازمان استاندارد به صورت دوره‌ای (معمولاً هرساله) انجام می‌گیرد. شاخص سوم محصول تولیدی از ۱۰۰ درصد DIP است که مزایای از جمله کاهش مصرف آب، کاهش انرژی مصرفی نسبت به وقتی که از درخت برای تولید کاغذ استفاده می‌شود، کاهش مصرف زباله و کاهش هزینه‌های دفع آن، افزایش راندمان تولید به دلیل سهولت خمیر سازی کاغذهای بازیافتی، صرفه اقتصادی به واسطه ارزان بودن مواد اولیه بازیافتی نسبت به مواد اولیه ویرجین، کاهش وابستگی و

جهت اجرای تولید پاک‌تر در کارخانه کاغذسازی لطیف به ترتیب اولویت تغییر فرایند، اصلاح محصول، اجرای نظام تعمیر و نگهداری پیشگیرانه، بازگردانی و سرمایه‌های انسانی است که شاخص تغییر فرایند با اختصاص میزان ۴۰ درصد از کل اهمیت بالاترین اولویت را در اجرای راهبردی تولید پاک‌تر به خود اختصاص داده است که با نتایج منابع [۸ و ۴] مطابقت دارد. همچنین با توجه به زیرشاخص‌های مورد مطالعه در این تحقیق، زیرشاخص وجود اتوماسیون صنعتی و سطح تکنولوژی آن که از زیرشاخص‌های تغییر فرایند است بیشترین تأثیر را در ارزیابی راهبردی تولید پاک‌تر در این کارخانه دارد. اتوماسیون صنعتی و سطح تکنولوژی می‌تواند با سنجش و کنترل دقیق مواد اولیه، فرایند تولید و محصول باعث افزایش کیفیت محصول نهایی شود که این کار به‌طور نمونه با راه‌اندازی سنسورهای آنلاین برای کنترل کیفیت سریع می‌تواند انجام شود. افزایش راندمان از دیگر نتایج اتوماسیون صنعتی است که کاهش اتلاف انرژی و مواد اولیه را در پی دارد. در کل بررسی‌ها نشان می‌دهد تغییر فرایند در اجرا و دستیابی به اهداف تولید پاک‌تر، اجرای راهبردی تولید پاک‌تر اهمیت بسیار زیادی داشته و بیشتر مؤلفه‌های اجرای تولید پاک‌تر را به خود اختصاص می‌دهد لذا مدل ارائه‌شده در این تحقیق می‌تواند الگوی مناسبی در ارزیابی و اولویت‌بندی شاخص‌ها و زیرشاخص‌های تولید پاک‌تر در کارخانه‌های کاغذسازی از جمله کارخانه کاغذسازی لطیف باشد.

هنگام انتقال از بویلر به سیلندرهای خشک‌کن از طریق جلوگیری از نشتی‌ها و عایق‌کاری آن‌ها، موجب بهینه‌سازی و کاهش مصرف انرژی در جریان تولید می‌شود. Ghorbannezhad در تحقیق موردی تولید پاک‌تر کارخانه کاغذسازی کاوه به این نتیجه رسید که شاخص تغییر فرایند بالاترین اولویت در تولید پاک‌تر محسوب می‌شود و همچنین زیرشاخص تعمیر و نگهداری مفید بالاترین اولویت را در بین زیر شاخص‌ها دارد [۹]. Abbasi و همکاران به ارزیابی محیط زیستی برای کارخانه‌های کاغذ و مقوا در اردن طبق مفاهیم تولید پاک‌تر پرداخته‌اند و نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داده است که جهت اجرای تولید پاک‌تر باید روی مؤلفه‌های تولید پاک‌تر مورد مطالعه در آن کارخانه شامل تغییر فرایند، بازگردانی، تغییر فناوری، تغییر ماده اولیه و تعمیر و نگهداری مفید سرمایه‌گذاری لازم صورت گیرد [۴].

نتیجه‌گیری

ارزیابی راهبردی تولید پاک‌تر در کارخانه کاغذسازی لطیف نشان می‌دهد که مفاهیم تولید پاک‌تر طبق شاخص‌های اصلی مطالعه شده در این تحقیق می‌تواند به‌عنوان یک ابزار قوی و مفید جهت کاهش خطرات زیست‌محیطی، کاهش انرژی و مواد برای صنایع مختلف توسعه پیدا کند. با توجه به هزینه اولیه بالا در اجرای راهبردی تولید پاک‌تر، روش AHP روشی بسیار قوی و کارا جهت اجرای این مهم است. شاخص‌های راهبردی

منابع

- [1] Saba, 2011. Documents and reports of Iran energy productivity organization, <http://www.saba.org.ir>, (In Persian).
- [2] Allahdadi, M., Hejazi, S., Jonoobi, M., Abdolkhani, A. and Jamalirad, L., 2016. Effect of Bagasse Chemical Pulping and Coupling Agent on the Physical - Mechanical Properties of Composites Based on Bagasse pulp/Low density polyethylene. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 7(3):349-362. (In Persian).
- [3] Hamzeh, Y., 2014. Water and sewage management in pulp and paper industry. Jihad Daneshgahi publication organization of University of Tehran, 204 p. (In Persian).
- [4] Abbasi, G., Abbasi, Y. and Bassim, E., 2004. Environmental assessment for paper and cardboard industry in Jordan, a cleaner production concept. Journal of Cleaner Production, 12(4): 321-326.

- [5] Ghazinoory, S., 2005. Cleaner production in Iran, necessities and priorities. *Journal of Cleaner Production*, 13(8): 755-762.
- [6] Emami, M. H., Shahraz, S., Saraydarian, M. and Mohammadnezhad, S., 2008. Review on excelled cleaner production in industry, Iran industrial researches and training center publication, Tehran, 82p. (In Persian).
- [7] Evans, J.W. and Hammer, B., 2003. cleaner production at the Asian development bank. *Journal of Cleaner Production*, 11: 639-649.
- [8] Avsar, E. and Dennirer, G.N., 2008. Cleaner production opportunity assessment study in SEKA Balikisir pulp and paper mill. *Journal of Cleaner Production*, 16:422-431.
- [9] Ghorbannezhad, P., Azizi, M., Ting, S., Layeghi, M. and Ramezani, O., 2011. Cleaner production: a case study of Kaveh paper mill. *International journal of sustainable engineering*, Taylor & Francis publication, 4(1): 68-74.
- [10] Ma, J., Norman, R., Stephen, D. and Arthur, J., 2005. Siting analysis of from – based centralized anaerobic digester systems for distributed generation using GIS. *Biomass and Bioenergy*, 28: 591-600.
- [11] Saaty, T.L., 1999. *Decision making for leaders*. RWS publications, Pittsburgh, 315p.
- [12] Saaty, T.L., 2000. *Fundamentals of Decision Making With Analytic Hierarchy Process*. RWS publications, Pittsburgh, 478 p.

Determination and ranking cleaner production criteria by using analytic hierarchy process (Case study: Latif paper products company)

Abstract

Cleaner production process is an environmentally friendly approach that attempts to reduce environmental pollutions of industrial processes by reducing waste and energy consumption; hence, providing a sustainable production in industrial units. To achieve this goal and aligned with cleaner production strategies, paper industries should consider reducing wastes of production processes and irregular consumption of energy as a priority in their programs. In this research, analytic hierarchy process was applied and a three level hierarchy model was structured to facilitate the cleaner production process in Latif Paper Company. Using a literature review and field study, the proposed model provided a framework for cleaner production implementation in the firm. Results showed that the priorities of the main criteria of cleaner production are process change, product modification, implementation of preventive maintenance system, resititution and man force capitals, respectively. Process change criterion allocated 40 percent of the total weighing value and had the highest priority in implementation of cleaner production strategy. Existence of industrial automation and its technology level which is a sub criterion of process change had the highest priority among 31 sub criteria. Also some of higher priority sub criteria such as use of higher quality inclusion and implementation of calibration system were related to process change. Therefore, to achieve cleaner production goals and implementation of its strategic objectives, it is necessary to pay more attention to this criterion. Inconsistency ratio of the research was 0.06 which indicates the results are compatible. The results of this research can be used to accelerate the implementation of cleaner production process in Iran's pulp and paper industry.

Key words: cleaner production, paper industries, analytic hierarchy process, sustainable production, criteria and sub criteria.

Y. Asadizadeh¹
M. Azizi^{2*}
Y. Hamzeh³

¹ MS. graduate student, Department of wood and paper science and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

² Professor, Department of wood and paper science and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

³ Professor, Department of wood and paper science and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Corresponding author:
mazizi@ut.ac.ir

Received: 2017/02/16
Accepted: 2017/06/04