Archive of SID

علـوم محـیـطی سال هشتم ، شماره اول، پاییـز ۱۳۸۹
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.8, No.1, Autumn 2011
۱۱۵-۱۳۴

ارزیابی راهکارهای کاهش مصرف آب در مجموعه کارخانجات بازیافت کاغذ بسته‌بندی در ایران

حسین کرمانیان[۱*]، زهرا رزم پور[۲]، امید رمضانی[۱]، مهدی رحمانی نیا[۳]

۱- گروه مهندسی فن‌آوری تولید سلولز و کاغذ، دانشکده مهندسی انرژی و فن‌آوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی.
۲- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مهندسی فن‌آوری تولید سلولز و کاغذ، دانشکده مهندسی انرژی و فن‌آوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی.
۳- دانش‌آموخته دکتری مهندسی فن‌آوری تولید سلولز و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

چکیده

ارتباط تنگاتنگی بین صنعت فراورده‌های جنگلی (صنعت چوب و کاغذ) و چرخه آب وجود دارد. آب بعنوان یک منبع طبیعی عنصری حیاتی و ضروری در تولید خمیرکاغذ، کاغذ و مقوا و تولید نیرو در تاسیسات تولید بخار این صنعت می‌باشد. هدف از این تحقیق، تعیین مهم‌ترین عوامل در میزان مصرف آب در کارخانجات بازیافت کاغذ با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی است. برای مطالعه، پرسشنامه‌ها و جداولی بین کارخانجات بازیافت کاغذ کشور توزیع شد که در آن‌ها شاخص‌های موثر در کاهش مصرف آب در بخش‌های مختلف از قبیل فرایند تولید، فراورده تولیدی، ماده خام، نیروی انسانی، هزینه‌ها، قوانین زیست محیطی، اصلاحات فنی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل با نرم‌افزار Expert Choice 2000 مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که شاخص فراورده تولیدی با بالاترین امتیاز در صدر قرار دارد و شاخص‌های فرایند تولید، مواد خام، نیروی انسانی، هزینه‌ها و قوانین زیست‌محیطی و اصلاحات فنی در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند. هم‌چنین در میان گزینه‌های تصمیم، فراورده تولیدی، شبکه آب خنک‌کننده و مخازن ذخیره آب در سه اولویت اول قرار گرفتند. اولویت‌های تعیین شده به مدیران و کارشناسان واحد تولیدی کمک می‌کند تا با شناخت عوامل اصلی موثر در مصرف آب با صرف حداقل هزینه به بیشترین صرفه‌جویی در مصرف آب دست یابند.

کلید واژه‌ها: فرایند تحلیل سلسله مراتبی، کاهش مصرف آب، صنعت خمیر و کاغذ، فناوری بازیافت کاغذ.

Water Consumption Reduction Strategies in Iranian Recycled Packaging Paper Mills

Hossein Kermanian[1*], Zahra Razmpour[2], Omid Ramezani[1], Mehdi Rahmaninia[3]

1- Department of Cellulose and Paper Technology, Faculty of New Technologies and Energy, Shahid Beheshti University.
2. MSc Graduate Cellulose and Paper Technology, Faculty of New Technologies and Energy , Shahid Beheshti University.
3. PhD. Graduate Wood and Paper Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

Abstract

A close relationship exists between forest product industries and the water cycle. Water as a natural resource is assumed to be a necessary and vital element in pulp and paper manufacturing as well as power generation in the related power plants. The objective of the current study is to determine the main factors affecting water consumption in recycled paper manufacturing companies using the analytical hierarchy process (AHP). Several questionnaires and related tables were forwarded to selected recycled paper manufacturing companies to evaluate the water reduction criteria in different sectors including the manufacturing process, final product, raw material, human resources, costs and expenditures, environmental regulations and technical modifications. The results were analyzed using Expert Choice 2000 software. The results indicated that the final product criterion was ranked first followed by manufacturing process, human resources, costs and expenditures, environmental regulations and technical modifications, in that order. Also among alternatives, final product, cooling water network, and water storage tanks were categorized in the first three priorities. The specified priorities would assist managers and production experts to achieve optimal water consumption with the minimum possible cost.

Keywords: Analytical hierarchy process, Water consumption reduction, Pulp and paper industry, Paper recycling technology.

* Corresponding author. *E-mail Address*: Kermanian_h@yahoo.com

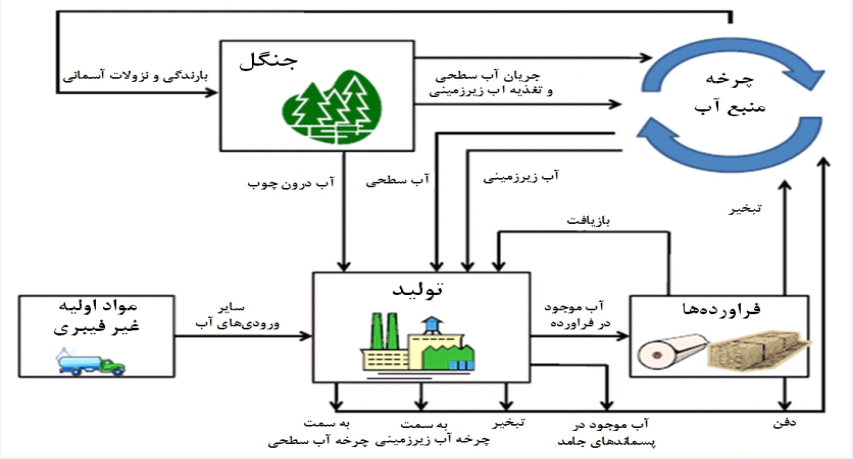
www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کاغذ از شبکه‌ای از الیاف و مجموعه‌ای از مواد شیمیایی تشکیل شده است که بر ویژگی‌ها و کیفیت آن تاثیر می‌گذارد. علاوه بر الیاف و مواد شیمیایی، ولید خمیرکاغذ و کاغذ نیاز به مصرف قابل توجهی آب فرآیندی 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 می‌باشد. میزان قابل توجه پسماند و ضایعات حاصل از این صنعت نیز به تدریج به نگرانی‌های زیست‌محیطی می‌افزاید (Pertti Hynninen, 1998). خمیرکاغذ مورد نیاز برای ساخت کاغذ ممکن است از الیاف بکر درختان سوزنی‌برگ، پهن‌برگ و گیاهان غیرچوبی مانند تفاله نیشکر و کاه غلات بوسیله فرآیندهای شیمیایی، مکانیکی یا ترکیبی از آن‌ها یا بوسیله تهیه مجدد خمیرکاغذ از کاغذهای بازیافتی حاصل شود. یک کارخانه کاغذ ممکن است از خمیرکاغذ تهیه شده در کارخانه‌های دیگر یا خمیرکاغذ تهیه شده در همان کارخانه استفاده کند (۲). ارتباط تنگاتنگی بین صنعت فراورده‌های جنگلی (صنعت چوب و کاغذ) و چرخه آب وجود دارد که در شکل ۱ بصورت شماتیک نمایش داده شده است. آب به‌عنوان یک منبع طبیعی عنصری حیاتی و ضروری در تولید خمیرکاغذ، کاغذ و مقوا و تولید نیرو در تاسیسات تولید بخار این صنعت می‌باشد.

درصد عمده نیاز به آب کارخانجات از منابع آب سطحی مانند رودخانه‌ها و دریاچه‌ها تامین می‌شود و مابقی از چاه‌های آب با عمق کم تا عمق بیش از ۱۰۰۰ متر تغذیه می‌شوند. برای تولید خمیرکاغذ و کاغذ آب به میزان متنابهی و کیفیت مشخصی ضروری است که دستورالعمل کیفیت آب در جدول ۱ ارایه شده است. در واقع، آب یکی از اصلی‌ترین مواد اولیه مورد استفاده در صنعت کاغذسازی است که بطور مستقیم برای فرآوری خمیر کاغذ، حل کردن و اختلاط انواع مواد شیمیایی، خنک کردن، آب‌بندی پمپ‌ها، شستشوی مخازن و انتقال الیاف از میان غربال‌ها و پالایشگرهای به سمت ماشین کاغذ عمل می‌کند (Chwan, 2006). امروزه محدودیت‌های زیست‌محیطی در خصوص ضرورت کاهش حجم پساب کارخانجات، کم شدن منابع تامین آب مورد نیاز کارخانجات و ملاحظات اقتصادی مربوط به قیمت‌های غیر یارانه‌ای، کنترل مصرف آب را بیش از گذشته حائز اهمیت ساخته است.



شکل ۱– ارتباط صنعت فراورده‌های جنگلی با چرخه آب (NCASI, 2009).

www.SID.ir

Archive of SID

در کشور ما در بخش صنعت، الگوهای مصرف آب بدرستی تنظیم نشده و هیچ مطالعه گسترده‌ای از وضعیت مصرف آب صنایع بزرگ و پتانسیل‌های صرفه‌جویی در آن‌ها به چشم نمی‌خورد و بهره‌وری در حدی بسیار پایین‌تر از استانداردهای جهانی است (Tajrishi, 2004). حجم کل آب برداشتی کارگاه‌های صنعتی کشور در سال ۱۳۶۶ معادل ۵۷۴ میلیون مترمکعب بوده که ۴۶ درصد آن از منابع زیرزمینی کشور و ۵۴ درصد از منابع آب سطحی تأمین شده است (Ministry of Power, 1996).

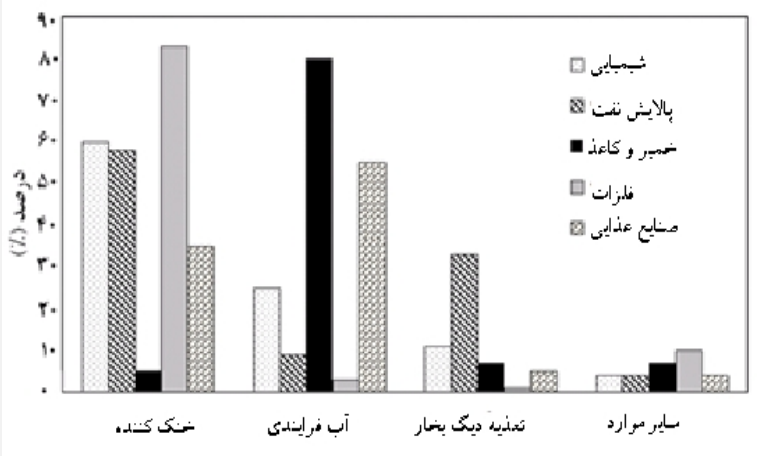
در سال ۱۹۹۸، صنایع کانی و غیرفلزی با یک میلیارد مترمکعب و صنایع غذایی با حدود ۶۰۰ میلیون مترمکعب مصرف آب سالانه در مقام اول و دوم مصرف آب قرار می‌گیرند. هم‌چنین آمارهای اخیر مصرف آب در صنعت را بیش از ۲ میلیارد متر مکعب برآورد می‌کنند (Bultannews, 2010). شکل ۲ مصرف آب صنایع گوناگون در بخش‌های مختلف تولید را نشان می‌دهد.

جدول ۱- دستورالعمل کیفیت آب برای صنعت خمیر و کاغذ (CCREM, 1987).

ویژگی ها	غلظت (میلی گرم بر لیتر)					
	کاغذ ظریف	چوب آسیاب شده	کرافت		خمیر کاغذ نیمه شیمیایی	
			رنگبری شده	رنگبری نشده	رنگبری شده	رنگبری نشده
pH	–	۶–۸	–	–	۶–۸	۶–۸
رنگ (HU)	۴۰>	۱۰۰>	۲۵>	۱۰۰>	۵۰>	۱۰۰>
کدورت (NTU)	۱۰>	۲۰>	۴۰>	۱۰۰>	۱۰>	۲۰>
کلسیم	۲۰>	۲۰>	–	–	۲۰>	۲۰>
منیزیوم	۱۲>	۱۲>	–	–	۱۲>	۱۲>
آهن	۰/۱>	۰/۱>	۰/۲>	۱/۰>	۰/۱>	۱/۰>
منگنز	۰/۳>	۰/۱>	۰/۱>	۰/۵>	۰/۰۵>	۰/۵>
کلرید	–	۲۵–۷۵	۲۰۰>	۲۰۰>	۲۰۰>	۲۰۰>
سیلیس	۲۰>	۱۰۰>	۵۰>	۱۰۰>	۵۰>	۵۰>
سختی	۱۰۰>	۱۰۰>	۱۰۰>	۱۰۰>	۱۰۰>	۱۰۰>
قلیائیت	۴۰–۷۵	۱۵۰>	۷۵>	۱۵۰>	–	–
مواد جامد حل شده	۲۰۰>	۲۵۰>	۳۰۰>	۵۰۰>	۲۰۰>	۲۵۰>
دما (°C)	–	–	–	–	۳۶>	–
CO_2	۱۰>	۱۰>	۱۰>	۱۰>	–	–
میزان خورندگی	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کلرید باقی مانده	۲/۰>	–	–	–	–	–

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- نمودار مصرف آب در صنایع گوناگون (Ellis, 2001).

مشابه سایر صنایع گوناگون فعال در کشور، تاکنون استاندارد مشخصی برای مصرف آب در کارخانجات کاغذسازی مشخص نشده است که با توجه به رشد روز افزون تعداد واحدهای تولیدی کوچک انواع کاغذهای بازیافتی مورد مصرف در صنایع بسته‌بندی مانند کاغذ تست لاینر، شبه کرافت و فلوتینگ و عدم نظارت بر مصرف آب این وضعیت نگران‌کننده‌تر از گذشته شده است. از سوی دیگر در بررسی صورت گرفته مشخص شده است (Ghorbannezhad, 2008) که مقادیر مصرف آب در کارخانجات ایران از استانداردهای موجود در سطح دنیا (جدول ۲) بسیار فاصله دارد.

کاهش مصرف آب در کارخانجات کاغذسازی همواره مورد مطالعه و بررسی‌های گسترده‌ای بوده است (Joshi, 2008; Haynes, 1974; Hirosh, 2004; Gune, 2000; Faleiros, 2009; Boyko, 1999; Feng, 2009). روش‌های پیشگیرانه و اصلاحی متعدد و متنوعی برای کاهش مصرف آب در کارخانجات صنایع کاغذ و مقوا ارایه شده‌اند. تاکنون انواع روش‌های یکپارچه‌سازی فرآیند با بهره‌گیری از مدل‌های خطی (Jacob, 2002; Bagajewicz, 2001)، غیر خطی (González, 2004)، آنالیز پینچ (Jacob, 2002; Hamaguchi, 2009; Lafourcade, 2006) و ژنتیک الگوریتم

جدول ۲- میزان مصرف استاندارد آب در واحدهای تولید انواع کاغذ و مقوا (Bryant, 1996)

نوع کاغذ	متر مکعب به ازای هر تن کاغذ تولید شده
کاغذ روزنامه	۶-۱۲
کاغذهای ظریف	۵-۱۰
کاغذهایی با اثر زنی تکمیلی	۱۰-۱۵
کاغذ بهداشتی	۱۰-۱۵
کاغذ سبک اندود شده	۱۰-۲۰
مقوای لاینر	۲-۱۰
کاغذ فلوتینگ	۲-۱۰
مقوای چند لایه	۸-۱۵

www.SID.ir

Archive of SID

(Lavric, 2005; Shafiei, 2004)، روش راهبردی تولید پاک‌تر (Avsar, 2008; Abbasi, 2004; Venkoba, 2000; Sarma, 2006; Faleiros, 2008; Gupta, 1994; Burritt, 2009; Ren, 1998)، راهکارهای بهینه‌کاوی (European Raghuveer, 1998; Chandarana, 2006; Commission, 2001)، روش‌های بازیابی آب فرآیند و مصرف مجدد آن (Neidhardt, 2004; Valentine, 1985; Wyvill, 1984; Lindholm, 1998; Lovelady, 2007; Jarvinen, 1985) و روش‌های متداول تیمار پساب و فاضلاب کارخانجات کاغذسازی (Thompson, 2001) توانسته‌اند به کاهش مصرف آب در کارخانجات کمک نمایند. هر یک از روش‌های عنوان شده دارای مزایا و کاستی‌های معینی می‌باشند، با این حال آن‌چه در همه موارد فوق مشترک می‌باشد ضرورت صرف هزینه‌های مالی قابل توجهی است که در بسیاری از موارد مانع اصلی اجرای روش‌ها و راهکارهای اصلاحی در فرایند به منظور کاهش مصرف آب بوده است (Shi, 2008; Ghazinoory, 2005; Ghazinoory, 2005). این وضعیت در واحدهای تولیدی کوچک و متوسط کشور که دارای مدیریت ضعیف، توانمندی‌های فنی اندک، دسترسی کم به اطلاعات فنی و شرایط مالی بی‌ثباتی می‌باشند بغرنج‌تر می‌باشد. بنابراین، تعیین اولویت و تخصیص اعتبار و نیز اتخاذ تصمیمات راهبردی صحیح و ارزیابی آن‌ها جهت اجرای کنترل و مدیریت جامع فرایندها بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

در ارزیابی هر موضوعی ما نیاز به معیار اندازه‌گیری یا شاخص داریم، انتخاب شاخص مناسب به ما امکان می‌دهد که مقایسه درستی بین گزینه ها به عمل آوریم. اما وقتی که چند یا چندین شاخص برای ارزیابی در نظر گرفته می‌شود، کار ارزیابی پیچیده می گردد و پیچیدگی کار زمانی بیشتر می شود که معیارهای چند یا چندین گانه باهم در فضا و از جنس‌های مختلف باشند. در این هنگام کار ارزیابی و مقایسه از حالت ساده تحلیلی که ذهن قادر به انجام آن است خارج می‌شود و به یک ابزار تحلیل عملی قوی نیاز خواهد بود. یکی از ابزارهای توانمند برای چنین وضعیت‌هایی (فرآیند تحلیل سلسله مراتبی) است. این روش برای سطح‌بندی و درجه‌بندی استفاده می‌شود و تاکنون در بسیاری از علوم مانند بازاریابی، برنامه‌ریزی منابع انرژی، معماری و همچنین تحلیل‌های اجتماعی و اقتصادی به کار رفته است. فرایند تحلیل سلسله مراتب (AHP[1]) را می‌توان محبوب‌ترین روش در بین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره نامید که اولین بار توسط توماس ال ساعتی عراقی الاصل در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید (Saaty, 1980). فرایند تحلیل سلسله مراتبی منعکس کننده 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 به حل آن می‌پردازد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی در هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبروست می‌تواند استفاده گردد. معیارهای مطرح شده می‌تواند کمی و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایساهای زوجی نهفته است. این مقایسه‌ها 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 مقیاس‌ها زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌سازد که تصمیم بهینه حاصل آید (Saaty, 2001; Satty, 2000; Saaty, 2007). فرایند تحلیل سلسله مراتبی در مطالعات برنامه‌ریزی منابع آب متعددی مورد استفاده قرار گرفته است (Abeer, 2008; Delgado-Galván, 2010; Simon, 1998).

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

تهیه پرسشنامه جمع‌آوری اطلاعات اولیه

برای انجام این تحقیق ابتدا تعداد ۲۰ کارخانه فعال تولید کاغذ و مقوای بسته‌بندی بازیافتی (تست لاینر و فلوتینگ) بر اساس تشابه نوع محصول و فرایند تولید انتخاب شدند. دلیل انتخاب این نوع واحدهای تولیدی افزایش روز افزون تعداد آن‌ها و عدم نظارت و کارشناسی فنی بر فعالیت‌های آن‌ها بود. در مرحله اول این تحقیق پرسشنامه‌ای طراحی گردید که سوالات متعددی را در خصوص فرایند تولید، منابع تامین آب کارخانه، مقادیر مصرف آب و مکان‌های مصرف آن و عمده هزینه‌های تولید مطرح می‌ساخت. دریافت این اطلاعات در انتخاب کارخانه و تهیه درخت سلسله مراتب مناسب که بیان کننده مساله تحت مطالعه است کمک می‌کرد. جدول ۳ فهرستی از کارخانجات منتخب برای مطالعه به روش تحلیل سلسله مراتبی و پاسخ به برخی از اطلاعات مطرح در پرسشنامه را نشان می‌دهد.

جدول ۳- کارخانجات بازیافت منتخب برای مطالعه کاهش مصرف آب به روش تحلیل سلسله مراتبی

نام کارخانه	ظرفیت اسمی (تن در سال)	سال نصب و راه‌اندازی	نوع محصول تولیدی	منبع تامین آب مورد نیاز	برخورداری از واحد تصفیه پساب	قسمت‌های عمده مصرف کننده آب *	عمده هزینه‌های تولید *
نامیران	۴۰۰۰	۱۳۶۵	تست لاینر	آب شهری – چاه آب	خیر	خمیرسازی، نازل‌ها و دوش‌های شوینده توری ماشین و نمد پرس، نازل لبه‌بری کاغذ بر روی توری	خرید کاغذ باطله، حقوق پرسنل، آب، برق، گاز
ساقه سلولز ایران	۳۳۰۰	۱۳۸۱	فلوتینگ و تست لاینر	لوله کشی آب شهرک صنعتی	خیر	تبخیر در خشک‌کن‌ها	حقوق پرسنل، برق، گاز، تعویض توری و نمدها، استهلاک ماشین‌آلات
بهساز شرق	۹۰۰۰	۱۳۸۱	تست لاینر	چاه آب	بلی (DAF)	خمیرسازی، نازل‌ها، آب خنک‌کننده، تمیز کننده، پمپ‌های خلاء	خرید مواد اولیه، حقوق پرسنل، سوخت و انرژی، تعمیر و نگهداری
نیل گرمسار	۱۵۰۰۰	۱۳۸۴	تست لاینر و فلوتینگ	آب شهری	بلی (غیر فعال)	دیگ بخار، تبخیر در خشک‌کن‌ها	برق، حقوق پرسنل
تهران کاغذ	۱۵۰۰۰	۱۳۷۷	تست لاینر	لوله کشی آب شهرک صنعتی	بلی	خمیرسازی، شستشو، بهداشت، آب شرب، دیگ بخار	مواد اولیه، سوخت، قطعات یدکی
کیمیا کاغذ	۱۰۰۰	۱۳۸۶	تست لاینر	چاه آب	بلی	خمیرسازی، دیگ بخار، تبخیر در خشک‌کن‌ها	مواد اولیه، برق، گاز، کارگر
امید کاغذ	۴۰۰۰	۱۳۸۱	تست لاینر	آب شهری	خیر	نازل‌ها و دوش‌ها، شستشو، خمیرسازی	آب، برق
کاغذ الموت	۴۰۰۰۰	۱۳۸۰	فلوتینگ و تست لاینر	چاه آب	بلی	شرب و بهداشت، نازل لبه‌بری کاغذ بر روی توری، شستشوی نمدهای پرس، آماده‌سازی مواد، دیگ بخار، شستشوی عمومی	مواد اولیه، برق، انرژی
کهریزک	۶۰۰۰۰	۱۳۵۰	فلوتینگ و تاپ لاینر	چاه آب	بلی	نازل‌ها و دوش‌ها	مواد اولیه، قطعات یدکی

* طبق اظهار نظر تقریبی و تجربی پرسنل تولیدی کارخانه

www.SID.ir

Archive of SID

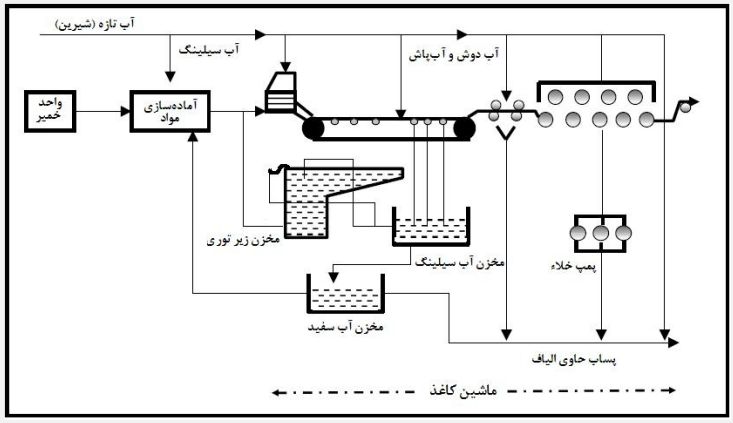
روش تحلیل سلسله مراتبی

بکارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی مستلزم چهار مرحله عمده زیر می‌باشد:

مدل‌سازی و ساختن درخت سلسله مراتبی

در این مرحله، مسأله و هدف تصمیم‌گیری به صورت سلسله مراتبی از عناصر تصمیم که با هم در ارتباط می باشند، استنتاج می‌شود. عناصر تصمیم شامل شاخص‌های تصمیم‌گیری و گزینه‌های تصمیم می‌باشد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی نیازمند شکستن یک مساله با چندین شاخص به سلسله مراتبی از سطوح است. سطح بالا بیانگر هدف اصلی فرایند تصمیم‌گیری است. سطح دوم، نشان دهنده شاخص‌های عمده و اساسی می باشد که ممکن است به شاخص‌های فرعی و جزئی‌تر در سطح بعدی شکسته شود. سطح آخر گزینه‌های تصمیم را ارائه می کند. بر مبنای اطلاعات دریافتی از کارخانجات، دفترچه راهنمای تولید پاک‌تر در صنعت خمیر و کاغذ واحد محیط‌زیست سازمان ملل[۲] (Svenningsen, 1998)، دستورالعمل فنی مدیریت آب در کارخانجات کاغذ اروپا (CTP, 2002) و پیش فرض قرار دادن چرخه آب سفید در ماشین کاغذ مطابق شکل ۳ درخت سلسله مراتبی ساخته شد.

درخت سلسله مراتبی دارای سه سطح اصلی هدف، معیارها و گزینه‌ها یا جایگزین‌ها است که سطح معیار آن قابل تقسیم به زیر معیارهای متعدد می‌باشد. به پرسش اصلی تحقیق یا مشکلی که قصد داریم آن را حل نماییم هدف گفته می‌شود. هدف بالاترین سطح درخت سلسله مراتبی است و تنها یک پارامتر دارد که انتخاب آن وظیفه بالاترین سطح تصمیم‌گیری پروژه می‌باشد. به ملاک‌های متضمن هدف و سازنده آن معیار گفته می‌شود. معیارها در واقع سنگ محک هدف یا وسیله اندازه‌گیری آن می‌باشد. هر اندازه معیارها بیشتر اجزاء هدف را پوشش دهند و بیشتر بیان کننده هدف باشند، احتمال گرفتن نتیجه دقیق‌تر افزایش خواهد یافت. معیارها دومین سطح درخت سلسله مراتبی پس از هدف می‌باشند. در این سطح می‌توانیم بنا به ضرورت به تعداد مورد نیاز معیار در سطح افقی ترسیم و تنظیم نماییم. معیارهای قابل تقسیم به زیر معیارها و زیر معیارها قابل تقسیم به زیر معیارهای بعدی می‌باشند. این وضعیت می‌تواند بسته به ضرورت تا n زیر معیار در سطح عمودی و افقی افزایش پیدا نماید. جایگزین‌ها در واقع منظور و مقصد هدف در درخت سلسله مراتبی می‌باشند و پاسخ هدف از میان



شکل ۳- چرخه آب سفید در کارخانجات کاغذسازی

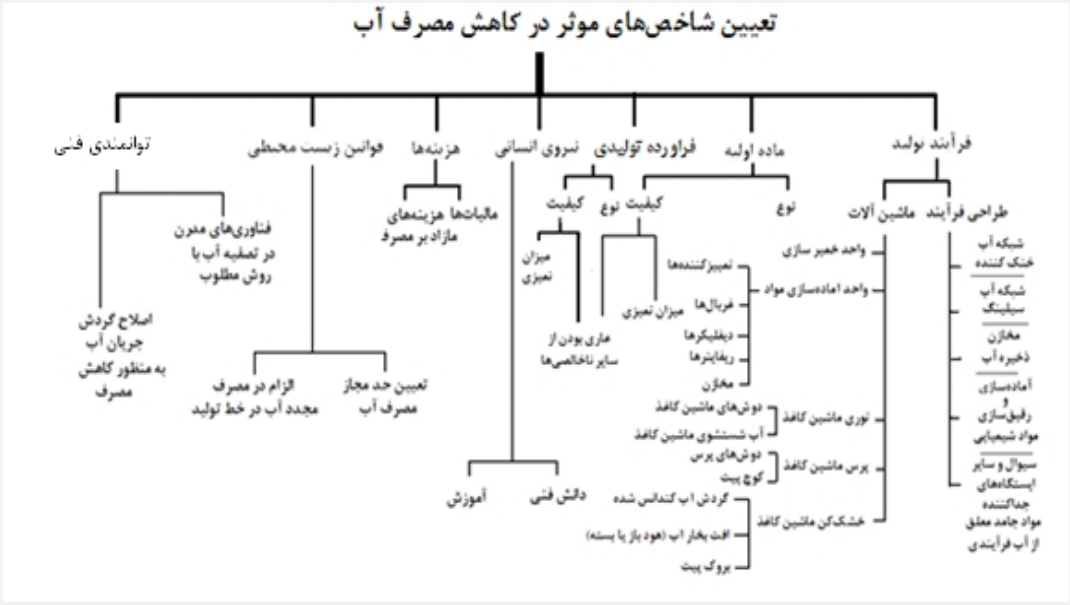
www.SID.ir

Archive of SID

جایگزین‌های ترسیم شده به دست می‌آید. جایگزین‌ها آخرین سطح درخت سلسله مراتبی می‌باشند و بستگی به چگونگی استفاده از روش "تحلیل سلسله مراتبی" دارد. در مواردی که از این تکنیک به منظور انتخاب یا اولویت‌بندی استفاده می‌شود، عموماً تعیین جایگزین‌ها تحقق می یابد زیرا تعیین می‌کند از میان کدام جایگزین‌ها باید انتخاب صورت گیرد یا چه جایگزین‌هایی باید اولویت‌بندی شود.

درخت سلسله مراتبی با هدف تعیین شاخص‌های موثر در کاهش مصرف آب در سه سطح ساخته شد (شکل ۴). به این صورت که عوامل تاثیرگذار شامل فرایند تولید، فراورده تولیدی، ماده اولیه، نیروی انسانی، هزینه‌ها، قوانین زیست‌محیطی وتوانمندی‌های فنی به عنوان شاخص‌های اصلی مطرح گردیدند. سپس شاخص‌ها پس از بررسی به زیر مجموعه‌هایی تبدیل می‌شوند که جداول از روی آن‌ها طراحی می‌شود.

شاخص اول که همان فرایند تولید است شامل طراحی فرایند و ماشین آلات است که زیر شاخص طراحی فرایند خود به شبکه آب خنک‌کننده، شبکه آب، آب‌بندی مخازن ذخیره آب، آماده سازی و رقیق‌سازی مواد شیمیایی سیوال و سایر ایستگاه‌های جداکننده مواد جامد معلق از آب فرایندی) و زیر شاخص ماشین آلات به واحد خمیر سازی، واحد آماده سازی مواد (تمییز کننده ها، غربال‌ها، دیفلیکرها، ریفاینرها، مخازن) توری ماشین کاغذ (دوش‌های ماشین کاغذ و آب شستشوی ماشین کاغذ)، پرس ماشین کاغذ (دوش‌های پرس و مخزن کوچ)، خشک‌کن ماشین کاغذ (گردش آب کندانس شده و افت بخار آب و مخزن وازده) می‌باشد. شاخص فراورده تولیدی شامل زیر شاخص‌های نوع فراورده و کیفیت فراورده می‌باشد. شاخص ماده خام شامل نوع ماده خام و کیفیت ماده خام (میزان تمیزی و عاری بودن از سایر ناخالصی‌ها) می‌باشد. شاخص نیروی



شکل ۴- درخت سلسله مراتبی شاخص‌ها و زیر شاخص‌های موثر در کاهش مصرف آب

www.SID.ir

Archive of SID

انسانی شامل زیر شاخص دانش فنی و آموزش است و شاخص هزینه‌ها شامل مالیات‌ها و هزینه‌های مازاد بر مصرف است. شاخص قوانین زیست‌محیطی شامل زیر شاخص‌های تعیین حد مجاز مصرف آب و الزام در مصرف مجدد آب در خط تولید است و شاخص فنی شامل زیر شاخص‌های فناوری‌های مدرن در تصفیه آب با روش مطلوب و اصلاح گردش جریان آب به منظور کاهش مصرف آب می‌باشد.

تکمیل جداول و قضاوت ترجیحی (مقایسات زوجی)

با انجام مقایسات زوجی، بعد از طراحی سلسله مراتب مساله تصمیم، تصمیم گیرنده می‌بایست مجموعه ماتریس‌هایی که به طور عددی اهمیت یا ارجحیت نسبی شاخص‌ها را نسبت به یکدیگر و هر گزینه تصمیم را با توجه به شاخص‌ها نسبت به سایر گزینه‌ها اندازه‌گیری می‌نماید، ایجاد کند. این کار با انجام مقایسات دو به دو بین عناصر تصمیم (مقایسه زوجی) و از طریق تخصیص امتیازات عددی صورت می‌گیرد که نشان دهنده ارجحیت یا اهمیت بین دو عنصر تصمیم است.

به منظور پی بردن به درجه اهمیت هریک از زیر مجموعه شاخص‌ها با طرح جداولی به مقایسه زوجی این فاکتورها می‌پردازیم. جدول مقایسه‌ای زیر بر اساس درخت تصمیم‌گیری (سلسله مراتب) تهیه شده است. مقایسه دو به دو با استفاده از مقیاسی که از اهمیت مساوی تا اهمیت مطلق طراحی شده است توسط کارشناسان انجام می‌گیرد. تجربه نشان داده که استفاده از مقیاس ۱/۹ تا ۹ تصمیم گیرنده را قادر می‌سازد تا مقایسات را به نحو مطلوبی انجام دهد. برای انجام این کار معمولا از مقایسه گزینه‌ها با شاخص‌های i-ام نسبت به گزینه‌ها یا شاخص‌های j-ام استفاده می‌شود. به همین علت استفاده از جدول ۴ در امتیازدهی مقایسه‌ای به صورت یک استاندارد در آمده است .

جدول ۴- جدول امتیاز دهی مقایسه ای به روس سلسله مراتبی

درجه اهمیت	مقدار عددی
اهمیت مطلق	۹
اهمیت خیلی بیشتر	۷
اهمیت بیشتر	۵
اهمیت اندکی بیشتر	۳
اهمیت مساوی	۱
اهمیت بین فواصل فوق	۸-۶-۴-۲

محاسبات وزن‌های نسبی

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 این شرح 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 بدست می‌آید، ماتریس مقایسات نرمال شده نامیده می‌شود (معادله ۱ و معادله ۲). میانگین اعداد هر سطر از ماتریس مقایسات نرمال شده را محاسبه می‌کنیم. این میانگین وزن نسبی عناصر تصمیم با سطرهای ماتریس را ارائه می‌کند.

$$B=\begin{pmatrix} b_{11} & b_{12}\cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22}\cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2}\cdots & b_{nn} \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 1 & b_{12}\cdots & b_{1n} \\ 1/b_{12} & 1\cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/b_{1n} & 1/b_{2n}\cdots & 1 \end{pmatrix}$$

معادله ۱.

www.SID.ir

Archive of SID

$$W_{Bi} = \frac{\left[\prod_{j=1}^{n} b_{ij}\right]^{1/n}}{\sum_{i=1}^{n}\left[\prod_{j=1}^{n} b_{ij}\right]^{1/n}}$$

معادله ۲.

ادغام وزن‌های نسبی و نرم افزار Expert choice

به منظور رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم، در این مرحله بایستی وزن نسبی هرعنصر را در وزن عناصر بالاتر ضرب کرد تا وزن نهایی آن بدست آید. با انجام این مرحله برای هر گزینه، مقدار وزن نهایی بدست می‌آید.

در این تحقیق از نرم افزار Expert choice برای محاسبات وزنی استفاده شد. نرم افزار Expert choice جهت تحلیل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی طراحی شده و قابل اجرا بر روی کامپیوترهای شخصی است. این نرم افزار دارای توانایی های زیادی بوده و علاوه بر امکان طراحی نمودار سلسله مراتبی تصمیم‌گیری و طراحی سوالات تعیین ترجیحات و اولویت‌ها و محاسبه وزن نهایی قابلیت تحلیل حساسیت تصمیم‌گیری نسبت به تغییرات در پارامترهای مساله را نیز داراست. از همه مهم‌تر آن که در بسیاری از موارد از نمودارها و گراف‌های مناسب جهت ارایه نتایج و عملکردها سود جسته و ارتباطی ساده و دوستانه را با کاربر بر قرار می‌نماید.

نتایج

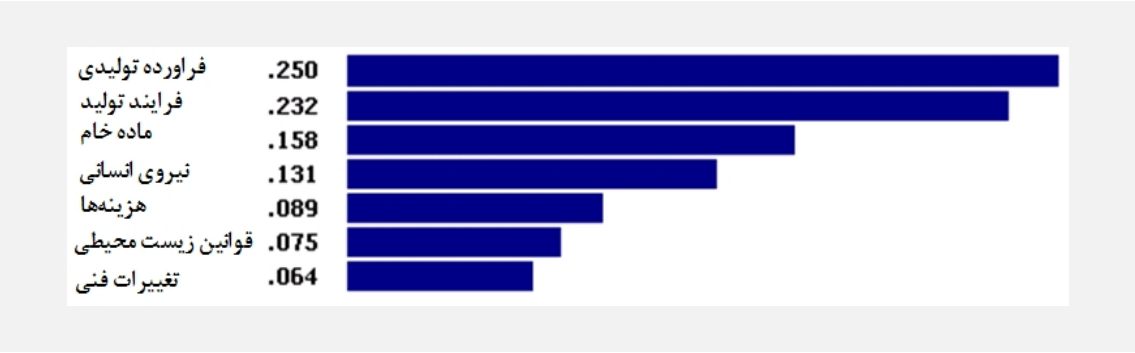
همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد به جز سه کارخانه نامیران، تهران کاغذ و کهریزک سایر کارخانجات تولید انواع مقواهای بسته‌بندی در فاصله سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶ فعالیت خود را آغاز کرده‌اند که نسبتا جدید التاسیس بوده و این روند کماکان سیر صعودی داشته و به تعداد واحدهای مشابه افزوده می‌شود. هم‌چنین ملاحظه می‌شود که به استثنای کارخانه کاغذ کهریزک سایر کارخانجات جزو واحدهای کاغذسازی با ظرفیت پایین (کمتر از ۵۰۰۰ تن در سال) و متوسط (ظرفیت ۵۰۰۰ الی ۱۵۰۰۰ تن در سال) طبقه‌بندی می‌شوند. نکته جالب توجه در جدول ۴ منابع تامین آب مورد نیاز کارخانجات می‌باشد که علیرغم مصرف بسیار بالای آب در این گروه از کارخانجات تولیدی صرفا دو کارخانه نامیران و امید کاغذ هزینه آب را قابل توجه ذکر کرده‌اند، در حالی‌که ۷ کارخانه دیگر به دلیل بهره‌برداری از آب چاه و یا آب شهرک صنعتی به هزینه‌های آب اشاره‌ای نکرده‌اند و به احتمال زیاد کاهش مصرف آب جزو دغدغه‌های مدیران این واحدها نمی‌باشد. از سوی دیگر با اینکه از میان ۹ کارخانه مورد بررسی تعداد ۶ کارخانه برخورداری از سیستم تصفیه پساب را اعلام کرده‌اند اما متذکر می‌شود که به جز در موارد استثنا تنها فناوری موجود برای تصفیه پساب سامانه DAF است که بیشتر نقش بازیابی الیاف را داشته و در رساندن پساب ایجاد شده به محدوده استانداردهای زیست محیطی کمک شایانی نمی‌کند.

نتیجه مربوط به شاخص‌های کاهش مصرف آب با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی

با جمع‌بندی نظرات کارشناسان در توضیح شاخص‌های کاهش مصرف آب در شکل ۵ چنین بر می‌آید که شاخص فراورده تولیدی با بالاترین امتیاز در صدر قرار دارد و شاخص‌های فرایند تولید، مواد خام، نیروی انسانی، هزینه‌ها، قوانین زیست‌محیطی و اصلاحات فنی به ترتیب در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند. در مورد شاخص فراورده تولیدی شاخص نوع فراورده تولیدی امتیاز بیشتری نسبت به کیفیت فراورده تولیدی دارد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- الویت‌بندی شاخص‌های اصلی کاهش مصرف آب

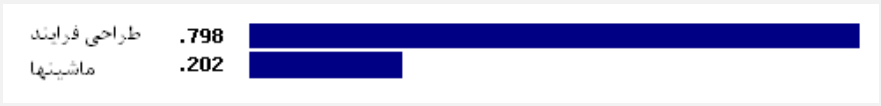
همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده می‌شود در مورد شاخص فرایند تولید کارشناسان بر این اعتقاد بودند که زیر شاخص طراحی فرایند بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده و تفاوت فاحشی با زیر شاخص ماشین آلات دارد و در زیر شاخص طراحی فرایند، مخازن ذخیره آب بیشترین امتیاز را به خود اختصاص می‌دهند.

همان‌طور که شکل ۷ نشان می دهد با توجه به نظر کارشناسان در شاخص مواد خام، زیر شاخص نوع ماده خام نسب ت به زیر شاخص کیفیت آن در رتبه بالاتری قرار دارد و در زیر شاخص کیفیت میزان تمیزی نسبت به شاخص عاری بودن از سایر ناخالصی‌ها بیشترین امتیاز را دارد.

نظرکارشناسان در مورد شاخص نیروی انسانی به این امر اشاره دارد که زیر شاخص دانش فنی نسبت به زیر شاخص آموزش بالاترین امتیاز را دارد (شکل ۸).

همان‌طور که در شکل ۹ نشان داده می‌شود در مورد شاخص هزینه‌ها اعتقاد کارشناسان بر این است که زیر شاخص مالیات نسبت به زیر شاخص هزینه‌های مازاد بر مصرف در رتبه بالاتری قرار دارد .

با توجه به شکل ۱۰ نظر کارشناسان در مورد شاخص قوانین زیست‌محیطی این است که زیر شاخص تعیین حد مجاز آب نسبت به زیر شاخص الزام در مصرف مجدد آب در خط تولید بالاترین الویت را دارد.

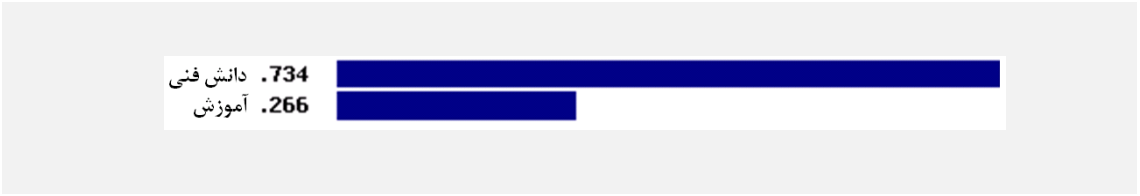


شکل ۶ –الویت‌بندی شاخص فرایند تولید

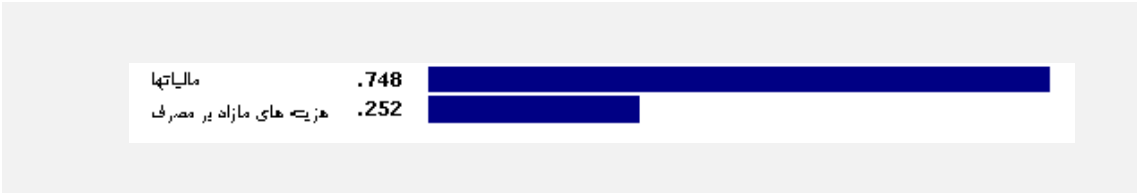
شکل ۷- الویت‌بندی شاخص ماده خام

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸- الویت‌بندی شاخص نیروی انسانی



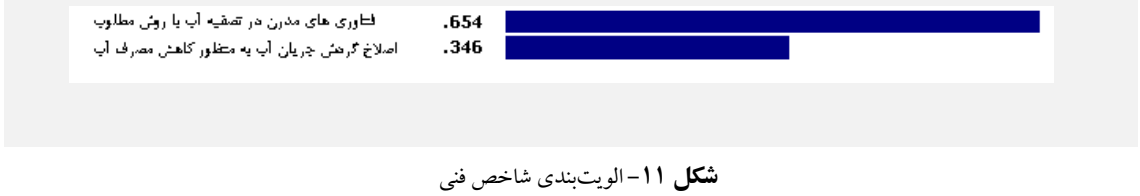
شکل ۹ - الویت‌بندی شاخص هزینه‌ها

شکل ۱۰- الویت‌بندی شاخص قوانین زیست‌محیطی

شکل ۱۱ نظر کارشناسان در مورد شاخص فنی است همان‌طور که مشاهده می‌شود در شاخص فنی زیر شاخص فناوری‌های مدرن در تصفیه آب با روش مطلوب نسبت به زیر شاخص اصلاح گردش جریان آب به منظور کاهش مصرف آب بالاترین امتیاز را دارد .

گزینه‌های تصمیم در نیز الویت‌بندی ۳۰ زیر شاخص تاثیرگذار بر راهکارهای کاهش مصرف آب در کارخانجات بازیافت کاغذ ایران در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود.

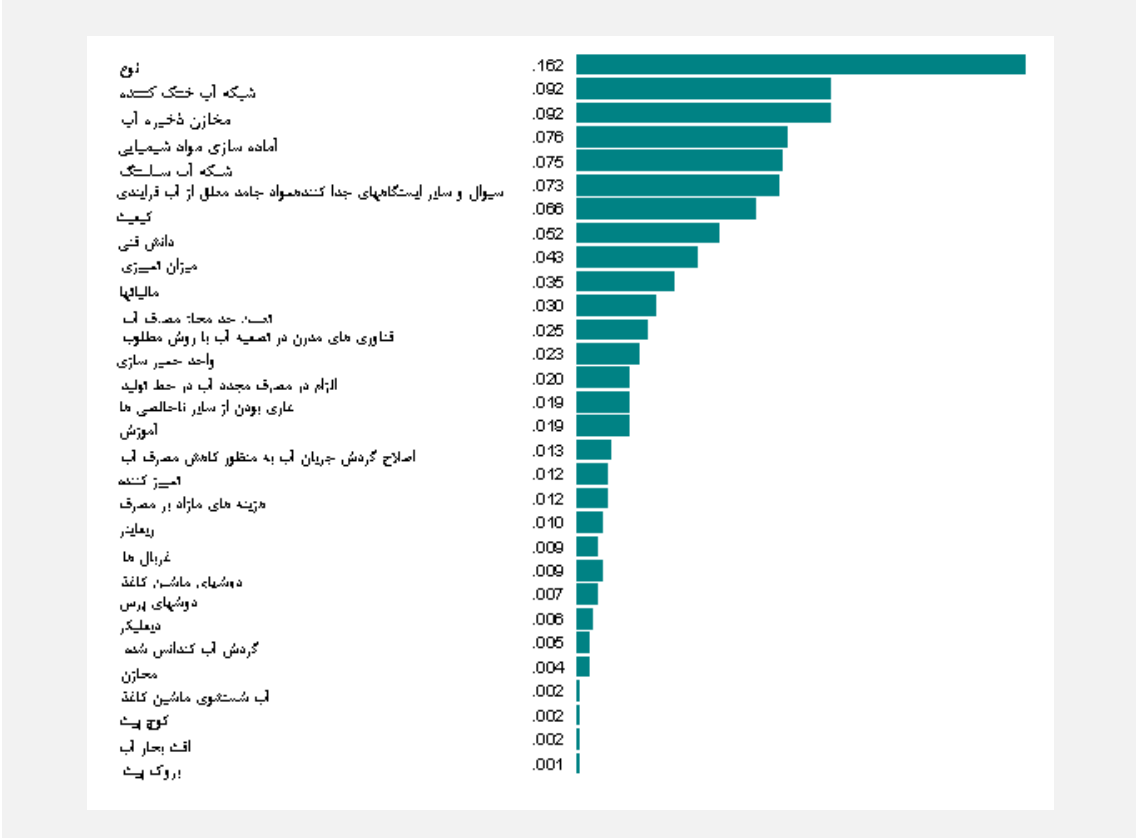
همان‌طور که شکل ۱۲ نشان می‌دهد نوع فراورده تولیدی مطابق توضیحات قبل تاثیر مستقیم بر مصرف آب دارد. با توجه به اولویت این گزینه تصمیم، انتخاب نوع فراورده تولیدی و تنظیم و هماهنگ ساختن متغیرهای فرایند به منظور تولید آن محصول بیشترین تاثیر را بر کاهش مصرف آب خواهد داشت. تصمیم‌گیری‌های دیگری که طبق نظر کارشناسان در سطوح بعدی الویت قرار دارند بطور عمده مربوط به شبکه گردش انواع آب مانند آب خنک کننده و آب آبندی در کارخانه می‌باشد.



شکل ۱۱- الویت‌بندی شاخص فنی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۲- گزینه‌های تصمیم در الویت‌بندی ۳۰ زیر شاخص تاثیرگذار بر کاهش مصرف آب

بحث

همان‌طور که جدول ۴ نشان می‌دهد، سه نوع محصول به ترتیب افزایش کیفیت نهایی شامل تست لاینر، فلوتینگ و تاپ لاینر در این کارخانجات تولید می‌شود. جهت تولید دو محصول با کیفیت‌تر فلوتینگ و تاپ لاینر به پیچیدگی فرایند تولید و عملیات واحد مورد نیاز افزوده - شده و هم‌چنین استفاده از مواد شیمیایی الزامی می‌شود. افزایش تعداد مراحل فراوری خمیر کاغذ باطله و آماده‌سازی مواد شیمیایی مستلزم افزایش مصرف آب است که تاییدی بر نتیجه حاصله در شکل ۵ می‌باشد. هم‌چنین ماده اولیه تمامی کارخانجات مورد بررسی کاغذ باطله و آخال جمع‌آوری شده می‌باشد. علیرغم کیفیت بالاتر مقوای کنگره‌ای کهنه (OCC[3]) بدلیل نحوه جمع‌آوری و تفکیک در مبدا در مقایسه با سایر انواع کاغذهای باطله، کماکان محتوی انواع مختلف آلاینده‌های فرآیندی مانند چسب‌های حساس به فشار، مواد پلیمری قابل استخراج با وزن مولکولی کم مانند استایرن بوتادی‌ان (SBR[4])، کوپلیمرهای، پلی‌وینیل استات (PVAc)، پلی‌وینیل الکل (PVOH) و سایر انواع آلاینده‌ها می‌باشد (Kortmeyer, 2004; HOLBERY, 2000) که آلوده شدن آب فرایندی و محدودیت استفاده مجدد از آن‌را سبب می‌شود. در واقع میزان آلودگی مواد اولیه بطور مستقیم بر افزایش مصرف آب تازه تاثیر می‌گذارد. دانش فنی نیروی انسانی و آموزش آن‌ها بطور غیر مستقیم بر افزایش آب مصرفی در کارخانه تاثیر گذار می‌باشد. آگاهی از پتانسیل‌های خط تولید در کم کردن مصرف آب و شناسایی نقاط مصرف عمده آب و امکان بهینه کردن عملیات تولید از طریق آموزش پرسنل خط تولید می‌تواند مصرف آب تازه را به میزان قابل توجهی کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

دهد. دو گزینه قوانین زیست‌محیطی و تغییرات فنی در آخرین سطوح وزن‌دهی قرار گرفته‌اند. این نتیجه تا حدودی قابل انتظار می‌باشد زیرا تاکنون حد مجاز و استانداردی برای مصرف آب در کارخانجات کاغذ کشور مشخص نشده است و از سوی دیگر بدلیل عدم تعیین الزامات مشخص برای کارخانجات در میزان و مشخصات پساب خروجی از آن‌ها قوانین زیست‌محیطی تاکنون بعنوان یک عامل موثر برای کارخانجات به منظور کاهش مصرف آب محسوب نمی‌شود. هم‌چنین، بدلیل کم بودن اهمیت هزینه مربوط به آب مورد استفاده در صنعت در کشور و عدم وجود مقررات و استانداردهای زیست‌محیطی و یا در صورت وجود این قوانین فقدان ضمانت‌های اجرایی بهره‌گیری از فناوری‌های مدرن و اعمال تغییرات فنی و فناورانه توجیه‌پذیر نبوده است.

در تایید یافته‌های مربوط به شکل ۱۲، مطالعات دیگری نیز بر توجه به چرخش آب در کارخانه تاکید کرده‌اند (Albert, 2006; Wirth, 2005). نتایج این پژوهش‌ها حاکی از اهمیت بازیابی آب مورد استفاده برای خنک‌کردن و سیلینگ پمپ‌ها، پمپ‌های خلاء و سایر تجهیزات مرتبط می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که با جدا کردن حلقه‌های گردش آب[5] از یکدیگر و استفاده از آب سفید هر بخش در مرحله قبلی می‌توان از بار مواد آلی و معلق ۲ تا ۴ برابر کاست. در تعدادی از بررسی‌های صورت گرفته نیز بر اهمیت مخازن ذخیره آب و کنترل نشتی در شبکه گردش آب تاکید شده است (CTP, 2002; Kroushl, 1984). در نتایج این پژوهش‌ها تاکید شده است که ظرفیت ذخیره مخازن آب فرایندی و کاغذ وازده باید به میزانی باشد که در شرایط توقف تصادفی خط تولید حداکثر ممکن آب تخلیه شده را در خود جای داده و از سر ریز شدن و نشت آن جلوگیری بعمل آید. علیرغم قرار گرفتن اهمیت آب مورد مصرف در دوش‌های قسمت شکل‌گیری ماشین کاغذ و پرس ماشین کاغذ و نیز افت بخار آب در قسمت خشک‌کن در سطوح پائین اولویت تصمیم، در تعدادی از پژوهش‌ها بر هدر رفت مقادیر قابل توجه آب در آن‌ها تاکید شده و راهکارهایی عملی جهت به حداقل رساندن آن ذکر شده است (Akaike, 2009; Matsushita, 2008).

در پایان تاکید می‌شود که با توجه به نتایج حاصله در این تحقیق، دستیابی به سطوح بهینه مصرف آب در کارخانجات نیازمند اصلاحات گسترده و هم‌چنین همکاری، مشارکت تنگاتنگ تمامی پرسنل تولید و اهتمام و آگاهی مدیران آن می‌باشد. با توجه به هزینه‌های قابل توجه برخی از اصلاحات و تغییرات در خط تولید، نتایج این تحقیق می‌تواند در انتخاب اولویت‌ها به منظور به حداقل رساندن مصرف آب واحدهای بازیافت کاغذ بسته‌بندی در ایران مفید باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاری و مساعدت کلیه کارخانجاتی که با در اختیار گذاردن اطلاعات و تکمیل پرسشنامه‌ها و جداول در انجام این پژوهش به ما یاری رسانده‌اند تقدیر و تشکر بعمل می‌آید. امید است نتایج این پژوهش بتواند گامی موثر در افزایش بهره‌وری تولید و کاهش مصرف آب ایفا کند.

پی‌نوشت‌ها

1-Analytical Hierarchy Process

2-United Nations Environmental Program

3-Old Corrugated Container

4- styrene butadiene rubber

۵- هر یک از قسمت‌های تولید در ماشین کاغذ شامل خمیرسازی، آماده سازی خمیر، آماده سازی مواد شیمیایی، سیستم جریان نزدیک شو و شکل‌گیری ورقه که اهمیت تمیزی آب در آن‌ها به ترتیب افزایش می‌یابد .

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

Abbasi, G.Y. and E. Bassim Abbassi (2004). Environmental assessment for paper and cardboard industry in Jordan - A cleaner production concept. Journal of Cleaner Production, 12(4): 321-326.

Shoaib A.M., S.M. Aly, M.E. Awad, D.C.Y. Foo and M. El-Halwagi (2008). A hierarchical approach for the synthesis of batch water network. Computers and Chemical Engineering, 3 (32) 530–539.

Akaike, H. (2009). Reduction of steam consumption rate by heat recovery of turbine condenser cooling water. Kami Pa Gikyoshi/Japan Tappi Journal, 63(6): 41-44.

Albert, M., J.F. Beaudet, R. Hurley, T. Tomney, R. Glasgow and P. Arsenault (2006). Recycling vacuum seal water using the actiflo® process for reduction of water consumption and for improvement of energy recovery. PAPTAC 92nd Annual Meeting Preprints. Annual Meeting of the Pulp and Paper Technical Association of Canada (PAPTAC).

Avsar E. and G.N. Demirer (2008). Cleaner production opportunity assessment study in SEKA Balikesir pulp and paper mill. Journal of Cleaner Production, 16(4): 422-431.

Savelski M. and M. Bagajewicz (2001). On the use of linear models for the design of water utilization systems in process plants with a single contaminant. Chemical Engineering Research and Design, 79(5): 600-610.

Boyko, J., J. Anderson and C. Lockhart (1999). Reduction of paper machine water consumption, Pulp and Paper Canada, 100(7): 42-45.

Bryant, P.S., C.P. Woitkovich and E.W. Malcolm (1996). Pulp and Paper Mill Water Use in North America. Proceedings of the TAPPI International Environmental Conference and Exhibits, Atlanta: Technical Association of the Pulp and Paper Industry.

Bultannews (2010, June). The storage capacity of Iranian reservoirs exceeded 25 billion cubic meter. http://www.bultannews.com/pages/?cid=26282

Burritt, R.L., C. Herzig and B.D. Tadeo (2009). Environmental management accounting for cleaner production: the case of a Philippine rice mill. Journal of Cleaner Production, 17 (4): 431-9.

Canadian Council of Resource and Environment Ministers (March 1987). Canadian Water Quality Guidelines. Water Quality Branch, Environment Canada, With updates pp. 5-9 to 5-12.

Chandarana, D.P. and Rameshwar L. Lakhotia (2005). Applications of Best Available Technologies (Bat) for integrated environmental management. 2005 TAPPI Engineering, Pulping, Environmental Conference - Conference Proceedings: Technical Association of the Pulp and Paper Industry.

www.SID.ir

Archive of SID

Faleiros, M. (2008). Ecoefficieny: The relentless pursuit for cleaner production. O Papel (Brazil), 69 (7): 34-41.

Feng, W. (2009). New initiatives for environmental protection and energy saving in the Chinese paper industry. Appita Journal, 62(1): 10-12.

Ghazinoory, S. (2005). Cleaner production in Iran: necessities and priorities. Journal of Cleaner Production, 13(8): 755-762.

Ghazinoory, S. and D. Huisingh (2006). National program for cleaner production (CP) in Iran: a framework and draft. Journal of Cleaner Production, 14(2): 194-200.

González, M., E. González, P. Aguirre and G. Corsano (2004). Optimal integration of water recycling systems in paper manufacturing processes. Informacion Tecnologica, 15(3): 71-74.

Gune, N.V. (2000). Total water management in pulp & paper industry with focus on achieving zero effluent discharge status. IPPTA: Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association, 12(4): 137-142.

Gupta, P.K. (1994). Environmental management in the agro-based pulp and paper industry in India - A holistic approach. Water Science and Technology, 30(3): 209-215.

Hamaguchi M, and S.W. Park (2009). Process Integration Methods in Pulp and Paper

Foo, D.C.Y., Z.A. Manan and Y.L. Tan (2006). Use Cascade Analysis to Optimize Water Networks. Chemical Engineering Progress Magazine, 45-52.

CTP: Centre Technique du Papier (2002). "PAPERBREF, Technical guidelines (Water Management Concept) for paper makers in European Regions with difficult boundry conditions on how to operate mills with minimum water use", Project funded by the European Community under the “Energy, Environment and Sustainable Development” Program (1998-2002).

Delgado-Galván X., R. Pérez-García, J. Izquierdo and J. Mora-Rodríguez (2010). An analytic hierarchy process for assessing externalities in water leakage management. Mathematical and Computer Modelling, 52(7-8): 1194-1202.

Ellis, M., S. Dillich and N. Margolis (2001). Industrial Water Use and its Energy Implications. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry. American: Council for an Energy-Efficient Economy.

European Commission (December 2001). Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC): Publication of European Commission.

Faleiros, M. (2009). Despite still plentiful, water resources demand for good management, O Papel (Brazil), 70(5): 32-35.

www.SID.ir

Archive of SID

Century pulp and paper. Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association (IPPTA), 20(3): 139-142.

Kortmeyer, J., J.L. Yordan, V. Lasmarias and L. Anderson (2004). Identication and quantification of process water contaminants from paper mills using old corrugated containers, Research Forum on Recycling, Proceedings, p 125-132, 7th Research Forum on Recycling.

Kroushl, P.W. (1984). Demand reduction: conservation through leak detection. Canadian Water Resources Journal, 9 (3): 48-50.

Lafourcade S., M. Fairbank and P. Stuart (2006). Roadmap to minimum energy and water use for integrated newsprint mills. Annual Meeting of the Pulp and Paper Technical Association of Canada (PAPTAC), v A, p A63-A69, PAPTAC 92nd Annual Meeting Preprints.

Lavric V., P. Iancu and V. Plesu (2005). Genetic algorithm optimization of water consumption and wastewater network topology. Journal of Cleaner Production, 13(15): 1395-1405.

Lindholm, G. (1998). Reduction of fresh water consumption in pulp and paper production. Paperi ja Puu/Paper and Timber, 80(4): 260, 262-263.

Göttsching L. and H. Pakarinen (1998). Recycled Fiber and Deinking, Pulp and Paper Book Series: Fapet Oy.

Industry for Water Usage Reduction. 10th International Symposium on Process Systems Engineering – PSE 2009: University of Sao Paulo.

Haynes D.C. (1974). Water recycling in the pulp and paper industry. Tappi Journal, 57(4): 45-52.

Hirosh A. (2004). Effluent minimization in european and North American pulp and paper industries - Major incentives for mills to reduce water consumption. Kami Pa Gikyoshi/Japan Tappi Journal, 58 (7): 3-18.

Holbery J.D., D.L. Wood and R.M. Fisher (2000). Analysis and characterization of contaminants in OCC recycle furnishes. TAPPI JOURNAL, 83(7): 1-11.

Jacob, J., H. Kaipe, F. Couderc and J. Paris (2002). Water network analysis in pulp and paper processes by pinch and linear programming techniques. Chemical Engineering Communications, 189(4): 184-206.

Jarvinen, R., M. Vahtila and E. Miettola (1985). Closing of white water system in a mill producing wood containing paper. Proceedings - International Mechanical Pulping Conference: Swedish Assoc of Pulp & Paper Engineers.

Joshi, H.C., L.K. Thareja, P.K. Sharma, S.K. Aggarwal and D.C. Aggarwal (2008). Recycling amp; conservation of water in recycled paper plant: A case study at

www.SID.ir

Archive of SID

Raghuveer, S. (1998). Methods of bench marking the performance and the application of cleaner technology in Indian Paper Industry. IPPTA: Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association, 4(2): 157-163.

Ren, X. (1998). Cleaner production in China's pulp and paper industry. Journal of Cleaner Production, 6 (3-4): 349–355.

Saaty T.L. (2001). Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process. Pittsburgh: RWS publications.

Saaty, T.L. (2007). Time dependent decision-making; dynamic priorities AHP/ANP: Generalizing from points to functions and from real to complex variables. Mathematical and Computer modeling, 46(7-8): 860-891.

Sarma, N. and H. Chakravarty (2006). Towards cleaner production: Nagaon paper mill. IPPTA: Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association, 18(Special Issue): 123-128.

Satty, T.L. (1980). The analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill international. New York: RWS publications, Pittsburgh.

Satty, T.L. (2000). Fundamentals of Decision Making with Analytic Hierarchy Process. RWS publications: Pittsburgh.

Lovelady, E.M., M. El-Halwagi and G.A. Krishnagopalan (2007). An integrated approach to the optimisation of water usage and discharge in pulp and paper plants. International Journal of Environment and Pollution, 29(1-3): 274-307.

Matsushita, M. and Y. Numata (2008). PVDF emblem/micro filter water recycling system. Kami Pa Gikyoshi/Japan Tappi Journal, 62 (6): 60-63.

Ministry of Power (1996). Water Resources Economic Survey Guideline, Standard 30, Part A. Water Legislation.

National Council for Air and Stream Improvement (2009). Water Profile of the United States Forest Products Industry. Technical Committee: Us Department of Energy.

Neidhardt, T. (2004). Water circuits at the production of recycled fiber based packing papers. Wochenblatt fuer Papierfabrikation, 132 (8): 422-428.

Ghornannezhad, P. (2008). An integrated approach to pollution prevention for the forest industry: A Case Study of Kaveh Paper Mill. Master of Science Thesis submitted for the Department of Wood and Paper, Natural Resources Faculty, University of Tehran.

Hynninen, P. (1998). Environmental Control, Pulp and Paper Book Series: Fapet Oy.

www.SID.ir

Archive of SID

Valentine J.R., G. Edward and J.C. Adams (1984). Assessment of water recycle and reuse potential in the pulp and paper industry. Proceedings. Annual Conference: AWWA American Water Works Association.

Venkoba, R.G. (2000). Indo-Dutch Project on Cleaner Production technologies in large integrated pulp and paper mills - An over view. IPPTA: Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association, 12 (1): 77-78.

Wirth, B., J. Kosse, J. and T. Welt (2005). Importance of water loops in production of corrugated board raw paper. Wochenblatt fuer Papierfabrikation, 133(16): 974-978.

Wyvill, J.C., J.C. Adams, T.C. Shelnutt and G.E. Valentine (1984). Potential for increased water recycle in the pulp and paper industry. AIChE Symposium Series, NY: American Institute of Chemical Engineers.

Shafiei S., S. Domenech, R. Koteles and J. Paris (2004). System closure in pulp and paper mills: network analysis by genetic algorithm. Journal of Cleaner Production, 12 (2) 131–135.

Shi, H., S.Z. Peng, Y. Liu and P. Zhong (2008). Barriers to the implementation of cleaner production in Chinese SMEs: government, industry and expert stakeholders' perspectives. Journal of Cleaner Production, 16 (8): 842-852.

Simon U., R. Bruggemann and S. Puden (2004). Aspects of decision support in water management-example Berlin and Potsdam (Germany) I—spatially differentiated evaluation. Water Research, 38 (4): 1809-1816.

Svenningsen, N., M. Radka and R.V. Berkel (1998). Cleaner Production in Pulp and Paper Mills: A Training Resource Package. United Nations Environment Program (UNEP) Publication, ISBN 92-807-1712-X.

Tajrishi, M. and A. Abrishamchi (2004). Management of Water Resources Supply in Iran. First Annual Conference of Prevention Methods of Water Waste: The Academy of Sciences of Islamic Republic of Iran, Tehran.

Thompson G., J. Swain, M. Kay and C.F. Forster (2001). The treatment of pulp and paper mill effluent: a review. Bioresource Technology, 77: 275-286.

www.SID.ir