

## تحلیل پیامدهای انسانی و محیط‌زیستی نیروگاه‌ها با روش تلفیقی دلفی و AHP

سید علی جوزی\*<sup>۱</sup>، شبنم صفاریان<sup>۲</sup>، محسن شفیعی<sup>۳</sup>، آرام اکبری<sup>۴</sup>

۱ دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال  
۲ باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی  
۳ باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی  
۴ باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۲۸؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۰۶/۱۵)

### چکیده

نیروگاه‌های تولید برق، با توجه به ماهیت فرایندها و فعالیت‌هایشان و نیز به دلیل تولید پساب، انتشار گازهای آلاینده و پسماندهای خطرناک، دارای پتانسیل ایجاد پیامدهای انسانی و محیط‌زیستی می‌باشند. با توجه به اهمیت موضوع، به منظور تعیین مهم‌ترین پیامدهای نیروگاه گازی آبادان و تاثیر آن‌ها بر محیط انسانی و طبیعی، به مثابه مطالعه موردی در این تحقیق، پرسش‌نامه‌ای به روش دلفی تهیه شد و در اختیار جمعی از خبرگان و کارشناسان محیط‌زیست و نیروگاه قرار گرفت. در این تحقیق، جهت تجزیه و تحلیل پیامدهای انسانی و محیط‌زیستی نیروگاه مورد نظر از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره از جمله AHP و تکنیک بردار ویژه استفاده شد. به این منظور، با استفاده از روش AHP، ساختار سلسله مراتبی پیامدهای انسانی و محیط‌زیستی نیروگاه گازی آبادان ترسیم و پس از آن ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل شد. جهت مقایسه دو به دو هر یک از معیارها و زیرمعیارها نسبت به یکدیگر بر حسب شدت اثر و احتمال وقوع پیامد محیط درون و بیرون نیروگاهی، ماتریس‌های مقایسه زوجی به طور جداگانه تشکیل شدند و با وارد کردن اطلاعات به نرم‌افزار EXPERT CHOICE وزن معیارها با روش بردار ویژه محاسبه شد. سرانجام وزن نهایی پیامدها بر حسب شدت و احتمال وقوع دو محیط برآورد شد. نتایج به دست آمده از محاسبه پیامدهای نیروگاه گازی آبادان حاکی از آن است که از پیامدهای انسانی جراحات سطحی با وزن ۰/۱۰۵ و از پیامدهای محیط‌زیستی، آلودگی هوا با وزن ۰/۶۶ مهم‌ترین پیامدهای نیروگاه هستند. در ادامه، مهم‌ترین راهبردها و اقدام‌های اجرایی به منظور کاهش پیامدهای منفی انسانی و محیط‌زیستی، ارائه شد.

**کلید واژه:** پیامدهای انسانی و محیط‌زیستی، تکنیک دلفی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، نیروگاه

## سرآغاز

فعالیت‌های مختلف اقتصادی، صنعتی و به‌کارگیری فن‌آوری‌های پیشرفته همراه با رشد فزاینده جمعیت، موجب برهم‌خوردن تعادل محیط‌زیست شده است بنابراین، در فرایند برنامه‌ریزی و مدیریت برای توسعه پایدار، نیاز به بررسی پیامدهای صنایع بر محیط‌زیست و انسان می‌باشیم (شریعت و منوری، ۱۳۷۵). توسعه اقتصادی به‌عنوان یک رکن اساسی در مجموعه سیاست‌های هر کشور مطرح است و انرژی عامل اصلی و ضروری توسعه اقتصادی در هر جامعه می‌باشد (Canter, 1996).

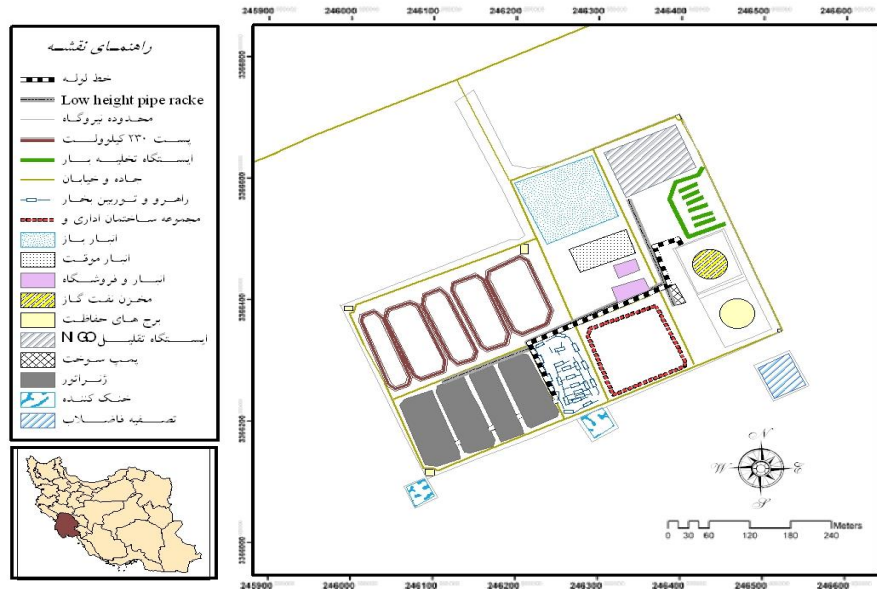
نیاز روزافزون جهان و به‌خصوص کشورهای در حال توسعه به انرژی برق، توسعه نیروگاه‌ها را طلب می‌کند که این امر در کشور ما طی سال‌های اخیر بسیار پرشتاب بوده است. نیروگاه‌ها بزرگ‌ترین مصرف‌کننده سوخت‌های سنگین و در مقایسه با سایر عوامل آلاینده هوا از بخش‌هایی هستند که بیشترین سهم آلودگی را به خود اختصاص داده‌اند (سعیدی و کرباسی، ۱۳۸۴). براساس برآوردها یک سوم از کل محصولات نفتی تولید شده در پالایشگاه‌ها در نیروگاه‌ها مصرف می‌شوند. ترکیبات حاصل از سوخت‌های فسیلی شامل اکسیدهای کربن، خاکستر فرار، ذرات نسوخته یا نیم‌سوخت، اکسیدهای گوگرد، اکسیدهای ازت و گازهای ناشی از سوخت ناقص مثل هیدروکربورها هستند که کلیه این ترکیبات سمی، خطرناک و سرطان‌زا می‌باشند (هوشمند، ۱۳۸۷).

تقریباً از اواخر سال ۱۹۶۹ میلادی، محیط‌زیست به‌عنوان یک دارایی باارزش به جمع دارایی‌های باارزش انسانی افزوده شد (Matias & Coelho, 2002) و این واقعیت مورد تأکید قرار گرفت که تولید افزون‌تر با تخریب عناصر محیط‌زیستی نه تنها هیچ ارزش افزوده‌ای به‌دنبال نخواهد داشت، بلکه می‌تواند ماهیت وجودی انسان‌ها را زیر سؤال ببرد (Rahimi, 1995) از طرفی دیگر در مدیریت نوین، مهم‌ترین محور توسعه پایدار، نیروی انسانی می‌باشد (Behm, 2005) تا کنون بشر در جهت نیل به دنیای صنعتی، محورهای مختلفی را برای دستیابی به توسعه پایدار مدنظر قرار داده است ولی آن چه به اثبات رسیده است، این است که بدون توجه به نیروی انسانی هیچ فرایندی به سمت نتیجه مطلوب حرکت نخواهد کرد و نتیجه چنین سیستمی اضمحلال و از هم پاشیدگی خواهد بود (Fang et al., 2004) با علم به وجود پیامدهای انسانی و طبیعی صنایع اجرای توسعه پایدار به منظور اداره و بهره‌برداری صحیح و کارا از منابع پایه،

طبیعی، مالی و نیروی انسانی برای دستیابی به الگوی مطلوب نیازمند بررسی و اولویت‌بندی این پیامدهاست. مطالعات متنوعی در سطح ایران و جهان در مورد آثار و پیامدهای محیط زیستی نیروگاه‌ها صورت گرفته است، از جمله (صادقی و همکاران، ۱۳۸۶ و Sahu et al., 2009) همچنین در این نوع تحقیقات، در بعضی موارد از روش AHP در بررسی پیامدهای نیروگاه‌ها استفاده شده است. (Chatzimouratidis, 2003; Heller, 2006; Sripeni, 2003; Pilavachi, 2007). نیروگاه گازی آبادان به وسعت تقریبی ۲۱ هکتار، در جنوب غرب ایران و جنوب جلگه خوزستان در ۹ کیلومتری جاده آبادان-ماهشهر بین طول‌های شرقی (۲۱، ۴۸) تا (۵۰، ۴۸) و عرض‌های شمالی (۲۴، ۳۰) تا (۵۸، ۳۰) با ظرفیت تولیدی ۴۹۳/۶ مگاوات در منطقه حفاظت شده شادگان واقع شده است که در این تحقیق، به‌مثابه مطالعه موردی، مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش، واحدهای مختلف نیروگاه مانند واحد الکتریکی، مکانیک، ابزار دقیق، به‌عنوان محدوده مطالعاتی در نظر گرفته شد و از نقطه نظر محیط‌زیستی مورد بررسی قرار گرفتند. در شکل (۱)، موقعیت واحدها و جانمایی تجهیزات مختلف محدوده مطالعاتی نمایش داده شده است.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور انجام این تحقیق، در گام نخست برای درک کامل مفاهیم، شناسایی ابعاد و مؤلفه‌های مساله تحقیق، مصاحبه‌های آزاد و هدایت‌شونده‌ای با متخصصان، کارشناسان و اساتید نیروگاه و محیط‌زیست به عمل آمد که با توجه به ادبیات تحقیق، بررسی وضعیت موجود و محیط پیرامونی نیروگاه، در منطقه شناسایی شد. در ادامه، جهت شناسایی نهایی پیامدها از روش دلفی استفاده شد (Tsaur & Wang, 2007) در این روش ابتدا پرسش‌نامه مرحله اول توسط گروه تحقیق تنظیم شد. پس از تنظیم پرسش‌نامه و اصلاح نهایی آن یک گروه دلفی ۱۴ نفره (Ludwig & Starr, 2005) که شامل متخصصان، کارشناسان و اساتید محیط‌زیست و نیروگاه بودند، شکل گرفت. سپس، پرسش‌نامه مرحله اول بین آن‌ها توزیع شد و از آن‌ها خواسته شد تا براساس جدول (۱) امتیاز دهند و نظر خود را در مورد پیامدهای نیروگاه بیان کنند (Kulas & Stachowski, 2009). در مجموع، از ۱۴ پرسش‌نامه، ۱۲ عدد بازگشت داده شد. سپس جهت تلفیق نظرها از طریق نرم‌افزار Excel، میانگین



شکل (۱): موقعیت واحدها و تجهیزات نیروگاه گازی آبادان

حالی که، مدل‌های چند هدفه به منظور طراحی به کار می‌روند و مدل‌های چند شاخه (MADM)، به منظور انتخاب گزینه برتر استفاده می‌شوند (قدسی پور، ۱۳۸۵). دو دسته عمده از روش‌های مختلف در تصمیم‌گیری‌های چند شاخه شامل: مدل‌های جبرانی و غیرجبرانی است که مدل‌های جبرانی مشتمل بر روش‌هایی است که مبادله بین شاخص‌ها در آن مجاز است. به عبارت دیگر، تغییر (احتمالاً کوچک) در یک شاخص می‌تواند توسط تغییری مخالف در شاخص‌های دیگر جبران شود. از روش‌های این گروه می‌توان به روش‌های مجموع ساده وزین (SAW)، روش مجموع وزین و رده بندی شده و روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و TOPSIS اشاره کرد (اصغرپور، ۱۳۸۷). در این تحقیق، جهت تجزیه و تحلیل پیامدهای انسانی و محیط‌زیستی نیروگاه از روش AHP که از مدل‌های MADM (چندشاخصه) می‌باشند، استفاده شده است. همچنین، با توجه به این که نرم‌افزار EXPERT CHOICE جهت تحلیل مسایل تصمیم‌گیری چند معیاره و با استفاده از روش سلسله مراتبی طراحی شده است. از این نرم‌افزار نیز جهت افزایش دقت و سرعت کار، بهره برده شده است. به منظور تحلیل و اولویت‌بندی پیامدهای مورد تایید در پرسش‌نامه‌ها از روش AHP استفاده شد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در سال ۱۹۷۰ توسط توماس ل-توماس - ساعتی پیشنهاد شد. ساختار سلسله مراتبی در اولین اقدام مربوط به این موضوع مشخص می‌شود که در آن با سلسله مراتب چهار سطحی شامل: هدف، معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها

جدول (۱): طیف امتیازدهی به پیامدها (kulas, 2009)

میزان تاثیر	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
امتیاز	۵	۴	۳	۲	۱

حسابی و هندسی اهمیت معیارها و اشخاص محاسبه شد و آن دسته از پیامدها که نمره‌ای بالاتر از میانگین حسابی و هندسی کل پاسخ‌ها به پرسش‌نامه (به ازای تک تک اعضا) داشتند، حفظ شدند. تعدادی از پیامدها نیز که میانگین حسابی یا هندسی کم‌تر از میانگین کل داشتند، حذف شدند. پس از آن که مرحله اول شناسایی پیامدها توسط روش دلفی به پایان رسید، جهت معرفی و شناسایی نهایی پیامدها، پرسش‌نامه مرحله دوم توسط گروه تحقیق تنظیم و بین متخصصان، کارشناسان و اساتید محیط‌زیست و نیروگاه توزیع شد تا براساس طیف نمره‌دهی مزبور نظر خود را در مورد پیامدها بیان کنند. سرانجام، در پایان مرحله دوم روش دلفی و پس از تجزیه و تحلیل پرسش‌نامه‌های دور دوم همانند مرحله اول، مهم‌ترین پیامدهای انسانی و محیط‌زیستی نیروگاه به دست آمد (جدول ۱ و ۲ و شکل ۱). در دهه‌های اخیر، توجه محققان به مدل‌های چند معیاره برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده معطوف شده است. در این تصمیم‌گیری‌ها، به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی از چندین معیار سنجش استفاده می‌شود. این مدل‌های تصمیم‌گیری به دو دسته عمده تقسیم می‌شوند که عبارت از: مدل‌های چند هدفه و مدل‌های چند شاخصه می‌باشد. در

روش کار به این ترتیب است که، به هر مقایسه دو دویی، یک عدد از ۱ تا ۹ نسبت داده می‌شود. معنی هر عدد در جدول (۲)، مشخص شده است. در این مقاله، جهت تعیین تعداد پرسش‌نامه AHP از جدول مورگان استفاده شد. که در نتیجه توزیع ۹۰ پرسش‌نامه را به دنبال داشت. پس از آن، میانگین هندسی فرمول (۱) برای تمامی مولفه‌های متناظر محاسبه شد. سپس، برای ماتریس تلفیقی حاصل در نرم‌افزار EXPERT CHOICE و با روش بردار ویژه، وزن نسبی معیارها محاسبه شد و در مرحله بعد با تلفیق اوزان نسبی، وزن نهایی هر گزینه مورد محاسبه قرار گرفت.

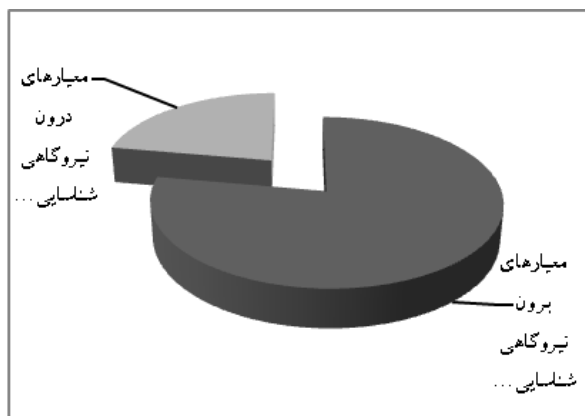
میانگین هندسی برای تمامی مولفه‌های متناظر به صورت (رابطه ۱) محاسبه می‌شود. 
$$\bar{a}_{ij} = \left( \prod_{k=1}^N a_{ij}^{(k)} \right)^{1/N}$$
 مربوط به شخص k ام برای مقایسه گزینه i به گزینه j است.

مواجهه هستیم (Bowen, 1990). تبدیل موضوع یا مساله مورد بررسی به ساختار سلسله مراتبی مهم‌ترین قسمت این فرایند می‌باشد (Mau et al., 2005). زیرا، در این قسمت با تجزیه مسایل مشکل و پیچیده، فرایند تحلیل سلسله مراتبی آن‌ها را به شکل ساده که با ذهن انسان مطابقت داشته باشد، تبدیل می‌کند (Cimren et al., 2007). در مساله بررسی پیامدها تحقیق حاضر، هدف بررسی پیامدهای انسانی و محیط‌زیستی نیروگاه گازی آبادان تعیین شده و معیارها به احتمال وقوع و شدت اثر پیامدهای نیروگاه توجه دارد و زیرمعیارها به پیامدهای درون و برون نیروگاه اشاره می‌کند. پس از ترسیم ساختار سلسله مراتبی نیروگاه، عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شد. در این مقایسه‌ها، تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شخصی استفاده خواهند نمود (Dagdeviren et al., 2009; Bertolini & Braglia, 2006).

جدول (۲): مقیاس درجه اهمیت برای مقایسه زوجی در AHP (Bertolini & Braglia, 2006; Dag deviren et al., 2009)

ارزش (Value)	کاملاً مرجح Extremely preferred	ترجیح خیلی قوی Very Strongly preferred	ترجیح قوی Strongly preferred	ترجیح کمی Moderately preferred	یکسان Equally preferred	ترجیحات تفاوتی
درجه	۹	۷	۵	۴	۱	۸، ۶، ۴، ۲

شیمیایی، بیولوژیکی و فرهنگی قرارداد بیشترین پیامدهای منطقه را دارا می‌باشند (شکل ۳).



شکل (۲): نتایج شناسایی پیامدهای درون و برون نیروگاهی شناسایی شده با روش دلفی

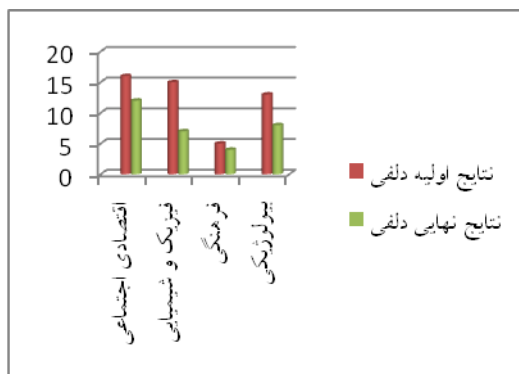
## یافته‌ها

جدول‌های (۳ و ۴) به ترتیب مرحله اول و دوم شناسایی درخصوص پیامدهای برون نیروگاهی را نشان می‌دهند.

لازم به ذکر است که در خصوص پیامدهای درون نیروگاهی تمامی ۱۴ پارامتر شناخته شده در مرحله اول، در مرحله نهایی نیز پذیرفته شدند. جدول (۵)، پارامترهای شناسایی شده در خصوص پیامدهای درون نیروگاهی را نشان می‌دهد.

از مقایسه پیامدهای درون و برون نیروگاهی مشخص شد که پیامدهای برون نیروگاهی در منطقه مورد مطالعه بیش از پیامدهای درون نیروگاهی است (شکل ۲). همان‌طور که در شکل (۲) ملاحظه می‌شود، پیامدهای برون نیروگاهی ۷۸ درصد کل پیامدهای نیروگاه گازی آبادان را به خود اختصاص داده‌اند. و در بین پیامدهای برون نیروگاهی شناسایی شده در روش دلفی، به ترتیب پیامدهای محیط اقتصادی اجتماعی، فیزیکی و

پیامدهای نیروگاه گازی ابادان بر محیط زیست بیرونی	بیولوژیکی	پر کردن اراضی تالابی
		محل‌های تولید مثل
		ناقلین
	فرهنگی	طوایف و اقوام
		میراث فرهنگی منطقه
		صنعت گردشگری
		رفتارهای فرهنگی
		چشم‌اندازها و مناظر
	اقتصادی-اجتماعی	تغییر الگوی جمعیت
		مهاجرت
		هزینه‌ها
		بیکاری دایمی شغلی
افزایش قیمت مستغلات		
کشاورزی		
حمل و نقل (ترافیک)		
سیاست‌ها و فرایندهای تصمیم‌گیری		
صنایع (صنعت)		
رفاه و ایمنی اجتماعی (امنیت)		
برنامه‌های توسعه‌ای (اثر نامطلوب بر دیگر طرح‌های توسعه)		
کاربری حساس		
بناها و ساختمان‌ها		
سطح رضایت‌مندی مردم		
مخاطرات بهداشتی بر افراد (سلامتی)		
مخاطرات جاده‌ای		



شکل (۳): نتایج شناسایی پیامدهای برون‌نیروگاهی شناسایی شده با روش دلفی

جدول (۳): مرحله اول شناسایی در خصوص پیامدهای برون‌نیروگاهی (در ۴ گروه محیط فیزیکی شیمیایی، بیولوژیکی، فرهنگی و اقتصادی اجتماعی)

پیامدهای نیروگاه گازی ابادان بر محیط زیست بیرونی	بیولوژیکی	کیفیت هوا
		رژیم‌های کم‌آبی و سیلابی
		کمیت و کیفیت آب‌های سطحی
		کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی
		مصرف آب
		فرسایش خاک
		سطح ایستایی
		پیشروی آب‌های شور
		آب‌های ساحلی
		مورفولوژی رودخانه
		رسوب‌گذاری
		زه‌کشی
		خصوصیات خاک
		دشت‌های سیلابی
کیفیت صدا		
بیولوژیکی	اکوسیستم آبی و خشکی	
	گونه‌های کم‌یاب گیاهی و جانوری	
	جمعیت حیات وحش	
	زیستگاه‌های طبیعی	
	مناطق تحت حفاظت	
	تنوع گونه‌ای	
	تراکم	
	مهاجرت	
	رفتار جانوران	
	نوع تغذیه	

جدول (۴): مرحله نهایی شناسایی در خصوص پیامدهای برون‌نیروگاهی (در ۴ گروه محیط فیزیکی شیمیایی، بیولوژیکی، فرهنگی و اقتصادی-اجتماعی)

پیامدهای نیروگاه گازی ابادان بر محیط زیست بیرونی	بیولوژیکی	P <sub>1</sub>	کیفیت هوا
		P <sub>2</sub>	کیفیت صدا
		P <sub>3</sub>	کمیت و کیفیت آب‌های سطحی
		P <sub>4</sub>	کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی
		P <sub>5</sub>	مصرف آب
		P <sub>6</sub>	فرسایش خاک
		P <sub>7</sub>	ویژگی‌های خاک
		B <sub>1</sub>	اکوسیستم آبی و خشکی
	بیولوژیکی	B <sub>2</sub>	گونه‌های کم‌یاب گیاهی و جانوری
		B <sub>3</sub>	جمعیت حیات وحش
		B <sub>4</sub>	زیستگاه‌های طبیعی

شناسایی شده طرح شد. در شکل (۴)، ساختار سلسله مراتبی پیامدهای انسانی و محیط‌زیستی نیروگاه گازی آبادان ارائه شده است. در طراحی این ساختار به احتمال وقوع و شدت اثر پیامدها توجه شده است. با توجه به موقعیت استقرار نیروگاه، پیامدهایی انسانی مرتبط با سلامت کارکنان و پیامدهای محیط‌زیستی مرتبط با درون و برون نیروگاه در نظر گرفته شد (جدول ۵).

پس از ترسیم ساختار سلسله مراتبی پیامدهای انسانی و محیط‌زیستی ناشی از نیروگاه، عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط به خود در سطح بالاتر بر حسب شدت و احتمال وقوع پیامدها به روش مقایسه زوجی مقایسه و اولویت‌ها تعیین شد. سپس، با وارد کردن جدول مقایسات زوجی به نرم افزار EXPERT CHOICE، وزن نسبی معیارها با روش بردار ویژه محاسبه شد و از مجموع حاصل ضرب معیارها در وزن گزینه‌ها وزن نهایی پیامدها به دست آمد و در نهایت، میزان واقعی پیامدها ناشی از نیروگاه بر اساس حاصل ضرب وزن نهایی پیامدها بر حسب شدت و احتمال وقوع برای پیامدهای مختلف محاسبه شد. بین پیامدهای انسانی و محیط‌زیستی ناشی از نیروگاه گازی آبادان از پیامدهای انسانی موارد صدمات (جراحات) سطحی، مرگ، بیماری‌های اسکلتی و عضلانی و صدمات (جراحت) عمیق به ترتیب با اوزان ۰،۱۰۵، ۰،۱۰۰، ۰،۸۴، ۰،۶۸ اولویت اول تا چهارم را به خود اختصاص داده اند و از پیامدهای محیط‌زیستی، آلودگی هوا با وزن ۰،۶۶ اولویت پنجم را دارا می‌باشد شکل (۵).

B <sub>5</sub>	مناطق تحت حفاظت	فرهنگی	پیامدهای نیروگاه گازی آبادان بر محیط‌زیست نیروی نیروگاه
B <sub>6</sub>	تنوع و تراکم گونه‌ای		
B <sub>7</sub>	مهاجرت		
B <sub>8</sub>	رفتار جانوران		
C <sub>1</sub>	طوایف و اقوام	اقتصادی - اجتماعی	
C <sub>2</sub>	میراث فرهنگی منطقه		
C <sub>3</sub>	صنعت گردش‌گری		
C <sub>4</sub>	چشم‌اندازها و مناظر		
S <sub>1</sub>	افزایش قیمت مستغلات	اقتصادی - اجتماعی	
S <sub>2</sub>	تغییر الگوی مصرف		
S <sub>3</sub>	هزینه‌ها		
S <sub>4</sub>	رفاه و ایمنی اجتماعی (امنیت)		
S <sub>5</sub>	بناها و ساختمان‌ها		
S <sub>6</sub>	مخاطرات بهداشتی بر افراد (سلامتی)		
S <sub>7</sub>	مخاطرات جاده‌ای		
S <sub>8</sub>	کشاورزی		
S <sub>9</sub>	حمل و نقل (ترافیک)		
S <sub>10</sub>	صنایع (صنعت)		
S <sub>11</sub>	مهاجرت		
S <sub>12</sub>	برنامه‌های توسعه‌ای (اثر نامطلوب بر دیگر طرح‌های توسعه)		

تجزیه و تحلیل و اولویت‌بندی پیامدهای انسانی و محیط‌زیستی نیروگاه با استفاده از روش بردار ویژه و AHP پس از شناسایی پیامدها، ساختار سلسله مراتبی پیامدهای

جدول (۵): پارامترهای شناسایی شده در خصوص پیامدهای درون نیروگاهی (در ۲ گروه محیط انسانی و محیط‌زیستی)

پیامدهای محیط‌زیستی		پیامدهای انسانی	
E <sub>1</sub>	آلودگی هوا	H <sub>1</sub>	آسیب به بینایی
E <sub>2</sub>	آلودگی آب	H <sub>2</sub>	آسیب به شنوایی
E <sub>3</sub>	آلودگی تصویری	H <sub>3</sub>	حساسیت پوستی - مشکلات تنفسی
E <sub>4</sub>	آلودگی خاک	H <sub>4</sub>	بیماری‌های اسکلتی و عضلانی
E <sub>5</sub>	تولید ضایعات	H <sub>5</sub>	صدمات یا جراحات عمیق (نقص عضو، شکستگی و...)
E <sub>6</sub>	کاهش و اتلاف منابع و انرژی	H <sub>6</sub>	صدمات یا جراحات سطحی (سوختگی، خراشیدگی گرم‌زدگی و...)
E <sub>۷</sub>	آلودگی صوتی	H <sub>۷</sub>	مرگ



متفاوتی می‌باشد، که در ادامه به‌طور خلاصه به آن‌ها اشاره می‌شود.

- وجود زیستگاه‌های متنوع (آب شیرین، لب شور، شور)، وجود منابع غذایی گوناگون و ارزش اقتصادی (علوفه، نی، ماهی، پرندگان و ...) کنترل سیلاب توسط تالاب، رسوب‌گیری و ویژگی بادشکن بودن تالاب، وجود چشم‌اندازهای زیبا و محل‌های تفریح و تفرج شادگان به‌عنوان میراث فرهنگی و وجود گونه‌های جانوری و گیاهی منحصر به‌فرد.

- علاوه بر این تالاب زیستگاه ۱۴۶ گونه پرنده (۱۲۵ گونه مهاجر و ۴۱ گونه بومی) می‌باشد. از این تعداد، ۲۴ درصد گونه‌های پرندگان ایران را تشکیل می‌دهند. همچنین، زیستگاه ۴۰ گونه پستان‌دار است که ۲۵ درصد کل گونه‌های پستان‌داران ایران را شامل می‌شود. در تالاب ۳ نوع دوزیست و ۱۰ گونه خزنده شناسایی شده است. همچنین، ۱۳ گونه پرنده در خطر تهدید انقراض جهانی گزارش شده، که این تعداد ۵۰ درصد گونه‌های در خطر تهدید انقراض ایران را تشکیل می‌دهد و مهم‌ترین آن گیلانشاه خال‌دار است. همچنین، پوشش گیاهی تالاب متشکل از ۱۷ جامعه گیاهی، ۱۱۰ گونه و ۹۲ جنس و ۳۷ خانواده ارزش فراوانی دارد به نحوی که بقای موجودات تالاب با بقای پوشش گیاهی کاملاً وابسته است.

- تمام این موارد تحت تاثیر عوامل محیط‌زیستی برون نیروگاهی قرار می‌گیرند.

- آلودگی هوای ناشی از خروجی آگزوز چهار واحد نیروگاه مهم‌ترین پیامد محیط‌زیستی نیروگاه می‌باشد که با توجه به بررسی‌های خروجی از نیروگاه به شرح زیر می‌باشد.

- دی‌اکسیدکربن ( $CO_2$ ): میانگین  $CO_2$  در آزمایش‌های مربوطه برابر ۴,۲۶ میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد. بیشترین و کم‌ترین مقدار آن به‌ترتیب برابر ۵,۴۷ و ۳,۳۶ متعلق به دودکش واحد ۴ با سوخت گاز و دودکش واحد ۱ با سوخت مایع (گازوئیل) در حالت تولید است.

- منوکسیدکربن (CO): میانگین CO در سنجش‌های صورت گرفته بابر ۱۲,۶۵ میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد. بیشترین و کم‌ترین مقدار آن به‌ترتیب برابر ۶۸ و ۰ متعلق به دودکش واحد ۴ با سوخت گاز و دودکش واحد ۴ با سوخت گاز در حالت تولید است. میانگین میزان منواکسیدکربن از خروجی واحدهای ۱، ۲، ۳ و ۴ نیروگاه از استاندارد کم‌تر است.

شد. با توجه به بررسی‌های گسترده‌ای بر روی صوت، ارتعاش، روشنایی، استرس حرارتی، نیروگاه جهت مقایسه با استاندارد مرکز مدیریت سلامت محیط کار وابسته به وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی، حاکی از این است که:

- روشنایی LUX: کم‌ترین و بیشترین مقدار روشنایی در سنجش‌های صورت گرفته به‌ترتیب برابر LUX ۲ و ۱۴۳۳ متعلق به طبقه دوم انبار ما بین قفسه ۱۳ و ۱۵ و اتاق مدیریت واحد تعمیرات است. مقدار روشنایی در تمام محدوده‌ها به‌جز واحد انبار کمتر از محدوده مجاز می‌باشد. روشنایی در تمام محدوده‌ها از استاندارد درجه ۱ بالاتر ولی از استاندارد درجه ۲ پایین‌تر می‌باشد.

- ارتعاشات  $m/s^2$  میانگین ارتعاشات در سنجش‌ها برای محور Z کم‌ترین و بیشترین مقدار برای محور X, Y,  $0.062 m/s^2$  می‌باشد. کم‌ترین و بیشترین مقدار برای محور Z به‌ترتیب برابر  $0.004 m/s^2$  و  $0.009 m/s^2$  متعلق به اتاق ژنراتور واحد ۴ (یاتاقان ۱) و اتاق توربین واحد ۱ (۳) می‌باشد. برای محور X, Y کم‌ترین مقدار برابر  $0.005 m/s^2$  می‌باشد که متعلق به اتاق ژنراتور واحد ۴، اتاق اکسوری واحد ۴ در قسمت غربی و اتاق ژنراتور واحد ۳ است و بیشترین مقدار آن، برابر  $0.007 m/s^2$  می‌باشد که متعلق به اتاق اکسوری واحد ۱ قسمت شمالی، اتاق اکسوری واحد ۱ قسمت جنوبی، اتاق ژنراتور واحد ۱، اتاق تحریک واحد ۲، اتاق اکسوری واحد ۳ قسمت غربی و اتاق اکسوری واحد ۴ قسمت شمالی است. میانگین ارتعاشات از مقدار استاندارد پایین‌تر بوده است.

- استرس دمایی  $^{\circ}C$ : میانگین استرس دمایی در سنجش‌های صورت گرفته برابر  $32.10^{\circ}C$  می‌باشد. کم‌ترین و بیشترین مقدار آن به ترتیب برابر  $18.90^{\circ}C$  و  $32.10^{\circ}C$  متعلق به اتاق فرمان ۳ و ۴ و اتاق ژنراتور واحد ۱ است. میانگین استرس‌های دمایی از مقدار استاندارد پایین‌تر بوده است.

- میدان مغناطیسی  $\mu T$ : میانگین میدان مغناطیسی سنجش‌های صورت گرفته برابر  $8.893 \mu T$  می‌باشد، کم‌ترین و بیشترین مقدار آن به ترتیب برابر  $0.193 \mu T$  و  $50.950 \mu T$  متعلق به اتاق اسکادا و ترانس مین ۲ است. میانگین میدان مغناطیسی از مقدار استاندارد پایین‌تر بوده است

- نیروگاه در تالاب شادگان و پناه‌گاه حیات‌وحش این منطقه قرار دارد. تالاب دارای کارکردهای طبیعی و ارزش‌های بوم‌شناختی



براساس سرشماری سال‌های ۸۵ و ۸۷ تعداد پرندگان تالاب به‌ترتیب ۳۲۲۰۵ و ۳۲۹۶ عدد گزارش شده‌است (با توجه به آمارهای به‌دست آمده تالاب از نظر تنوع پرندگان بسیار غنی می‌باشد. در سال ۸۵، ۷۱ گونه پرنده و در سال ۸۷، ۵۸ گونه پرنده سرشماری شده‌اند). تعداد و تنوع پرندگان در تالاب شادگان طی سال‌های مختلف تفاوت بسیاری داشته و در حال کاهش است. در میان انبوه این پرندگان گونه‌های در معرض خطر انقراض نیز مشاهده می‌شوند که شامل:

**اردک مرمری** (*marmaronetta angustirostris*) در سال ۱۳۸۵، ۱۸۲ عدد از آنها در تالاب مشاهده شده‌اند اما در بررسی‌های سال ۸۰-۱۳۷۹ فقط ۴ عدد از آن‌ها مشاهده شد.

**اردک سرسفید** (*Oxyura leucocephala*) در سال‌های ۸۰ و ۸۵ تا ۸۷، گزارشی مبنی بر مشاهده آن‌ها داده نشده است.

**پلیکان پاخاکستری** (*Pelecanus crispus*) در ۱۹۹۹، ۱ جفت در شرایط جوجه‌آوری گزارش شده ولی در سال‌های اخیر مشاهده نشده‌است.

**عروس غاز** (*branta ruficollis*) به تعداد کم در فصل زمستان در تالاب شادگان دیده می‌شود. در سال ۱۹۹۷، ۱۶ عدد گزارش شده‌است.

**گیلان‌شاه خال‌دار** (*numenius teuirostris*) در سال ۱۳۷۹، ۳۲ عدد از آن‌ها شمارش شده ولی در سال‌های اخیر در تالاب مشاهده نشده‌است.

### بحث و نتیجه‌گیری

به‌کارگیری روش‌های مختلف برای تعیین تابع مطلوبیت تصمیم‌گیرندگان، یا تلفیق مدل ریاضی با یک سیستم خبره در انتخاب مطلوب‌ترین جواب از بین جواب‌های ناچیره موثر خواهد بود (Rausher, 1993). هرچه اطلاعات پایه مورد استفاده در مدل‌های ریاضی دقیق‌تر باشند، راه‌کارهای قابل استنتاج از مدل ریاضی به واقعیت نزدیک‌تر خواهد شد. البته، این در مواردی صادق است که از مدل‌های ریاضی قطعی استفاده شود. چون در مواردی که داده‌های اولیه دقیق نباشند، می‌توان از مدل‌های ریاضی نادقیق استفاده نمود که در این حالت، دامنه تغییر توابع گسترده‌تر بوده و ریسک تصمیم‌گیری افزایش می‌یابد. در این پژوهش، پس از غربال‌سازی شاخص‌ها و حذف شاخص‌های کم‌اهمیت در نهایت ۴۵ شاخص جهت رتبه‌بندی پیامدهای انسانی و

• اکسیدنیترژن (NO): نتایج آزمایشات میانگینی برابر ۱۸۹،۱ را نشان می‌دهد. بیشترین و کم‌ترین مقدار آن به‌ترتیب ۲۳۱ و ۱۶۴ متعلق به دودکش اگزوز واحد ۴ با سوخت گازی و دودکش واحد ۳ با سوخت گازوییل است.

• اکسیدهای ازت (NOX): میانگین اکسیدها برابر ۱۸۹،۵۷۱، بیشترین و کم‌ترین مقدار آن به‌ترتیب برابر ۲۳۱ و ۱۶۴ متعلق به دودکش اگزوز واحد ۴ با سوخت گازی و دودکش واحد ۳ با سوخت گازوییل است. میانگین میزان اکسیدهای ازت از خروجی واحدهای ۳، ۲، ۱ و نیروگاه از استاندارد کم‌تر است.

• دی اکسید گوگرد SO<sub>2</sub> در نتایج آزمایشات میانگین SO<sub>2</sub> برابر ۴۸،۹۸۳ می‌باشد. کم‌ترین مقدار آن برابر ۴،۳۰ و بیشترین مقدار آن برابر ۱۱۷،۳۰ و متعلق به واحد ۳ در دو حالت گاز سوز و گازوییلی است. میانگین میزان اکسیدهای ازت از خروجی واحدهای ۱، ۲، ۳ و ۴ نیروگاه از استاندارد کم‌تر است.

• Cx Hy: نتایج آزمایشات میانگینی برابر ۲۸۸،۴۲۲ را نشان می‌دهد. بیشترین و کم‌ترین مقدار آن به‌ترتیب برابر ۵۴۹،۴۰ و ۱۸،۰ است متعلق به دودکش واحد ۱ با سوخت گازوییل و دودکش واحد ۲ با سوخت گاز در حالت تولید است.

• T-Gas: میانگین کل دمای هوای خروجی از دودکش ۴ واحد نیروگاه در آزمایش‌ها برابر ۵۲۳ درجه می‌باشد، کم‌ترین و بیشترین مقدار آن به‌ترتیب برابر ۴۲۷ و ۵۶۳ متعلق به واحدهای ۳ و ۴ با سوخت گازوییل می‌باشد.

• O<sub>2</sub>: میانگین اکسیژن در آزمایشات برابر ۱۳،۵۸۵، کم‌ترین و بیشترین مقدار آن به‌ترتیب برابر ۱۰،۸۰ و ۱۵،۱۰ است که بیشترین مقدار متعلق به واحد ۱ با سوخت گازوییل و کم‌ترین مقدار متعلق به واحد ۱ با سوخت گاز است.

• H<sub>2</sub>S و NO<sub>2</sub>: میانگین کل H<sub>2</sub>S و NO<sub>2</sub> در آزمایش‌ها برابر ۰ می‌باشد. میزان H<sub>2</sub>S و NO<sub>2</sub> در تمام موارد و محدوده‌ها صفر بوده است.

سبب تغییر کیفیت هوا (آلودگی هوا) خواهد شد که آثاری را در قسمت‌های مختلف فیزیکوشیمیایی، بیولوژیک و فرهنگی ایجاد خواهد کرد. و مهم‌ترین تاثیر آن در محیط بیولوژیک به دلیل قرار گرفتن در تالاب شادگان (پناهگاه حیات وحش) و به‌خصوص اثر روی پرندگان زمستان‌گذار و مهاجر به‌ویژه گونه‌های فلامینگو، اردک مرمری، پلیکان پاخاکستری و کاکایی‌ها که در سال‌های اخیر کم‌تر مشاهده شده‌اند و آمار زیر مبین این مطلب می‌باشد.

### کنترل پیامدهای محیط‌زیستی

• **کنترل پس‌آب** (کاهش آلودگی آب): برای دفع در نقطه تخلیه رقیق‌سازی پس‌آب صورت گیرد/ برنامه بازیافت آب/ کاربرد سیستم‌های خنک‌کننده مناسب/ احداث تصفیه‌خانه پس‌آب صنعتی برای حذف چربی و روغن/ پس‌آب به‌وسیله فرایندهای فیزیکوشیمیایی در تصفیه‌خانه تصفیه شود/ کاهش بار آلودگی با ایجاد تغییر در فرایند/ جمع‌آوری آب‌های سطحی کلی نیروگاه

• **کنترل آلاینده‌های هوا:** اندازه‌گیری و ارزیابی عوامل/ بهبود و اصلاح فرایند کار/ اصلاح تجهیزات/ کاهش مواد آلاینده در مبدا تولید/ مصرف گاز طبیعی به عنوان سوخت اصلی/ استفاده از چراغ‌های هشداردهنده بر روی دودکش‌ها و دکل‌های برق/ کنترل میزان هوای اضافی در سیستم احتراق/ به‌کارگیری سیستم تزریق آب در سیستم احتراق در مورد استفاده از گازوییل به‌عنوان سوخت/ استفاده از  $lowNOx$  multivert / دودکش بلندتر

• **کنترل آلودگی صوتی:** ارزیابی و سنجش صوت/ عایق‌بندی خطوط لوله حامل گاز/ کاهش مزاحمت‌های ناشی از سروصدا/ روغن‌کاری و تعمیر مرتب ماشین آلات، دستگاه‌ها و دیگر تجهیزات/ احداث کمربند سبز در داخل و یا اطراف سایت/ به‌کارگیری اتصالات انعطاف‌پذیر در محل اتصالات

• **کنترل و کاهش مواد زاید:** کاهش پسماند تولیدی/ کاهش بار آلودگی ناشی از پسماند/ برگزاری دوره‌های آموزشی در خصوص صرفه‌جویی در مصرف منابع و بازیافت آن‌ها.

### یادداشت‌ها

1. Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution
2. Analytical Hierarchy Process
3. Multiple Attribute Decision Making
4. Simple Additive- Weighting

محیط‌زیستی نیروگاه گازی آبادان انتخاب و روش AHP (فرایند تحلیل سلسله مراتبی) از روش‌های MADM (تصمیم‌گیری چندشاخصه) برای رتبه‌بندی آن‌ها استفاده شده است.

بر اساس نتایج تحقیق، از روش AHP بیشتر می‌توان برای اولویت‌بندی گزینه‌ها استفاده کرد و کاربرد آن نیز صرفاً برای مدل‌های اولویت‌بندی است. زیرا، مقایسه‌ها در داخل مجموعه صورت می‌گیرد و هر گزینه‌ای که نمره (وزن) بیشتری داشته باشد اولویت بالاتری هم خواهد داشت.

بنابراین، همان‌طور که ملاحظه می‌شود، از آن‌جا که صنایع پیامدهایی انسانی و محیط‌زیستی چون آلودگی هوا را به همراه دارند Chatzimouratidis نیز در پژوهش خود خروجی‌های غیر رادیواکتیو ناشی از احتراق سوخت (راه‌اندازی واحد با سوخت) در نیروگاه‌ها را عامل آسیب به سلامت انسان و اکوسیستم‌ها می‌داند. قلی‌پور نیز صنایع موجود در منطقه (تالاب شادگان) را یکی از مهم‌ترین منابع بالقوه مولد آسیب محیط‌زیستی می‌داند.

مثلاً توسعه پایدار تعریفی صحیح از نحوه استفاده از منابع طبیعی، نیروی انسانی و اقتصاد در رسیدن به بهره‌وری و توسعه مناسب می‌باشد. اجرای اقدام‌های کاهش پیامدهای منفی محیط‌زیستی و انسانی ابعاد مناسب در استفاده پایدار از امکانات و منابع را به همراه دارد. به منظور فراهم شدن امکان شناخت راه‌های حذف یا جلوگیری از آلودگی و تخریب محیط‌زیست طبیعی و انسانی در روند کار نیروگاه و به کار بستن آن‌ها توسط مجریان، بهره‌برداران، پیمان‌کاران، مهم‌ترین راه‌بردهای اجرایی و اقدام‌های کاهش‌دهنده پیامدهای منفی و نیز اقدام‌های بازدارنده در مرحله بهره‌برداری از فرایند مطرح می‌شود.

### ارایه برنامه مدیریت کنترل پیامدهای انسانی و محیط‌زیستی نیروگاه

**کنترل پیامدهای انسانی** (حفاظت نیروی انسانی): کاهش حوادث کاری/ به‌سازی محیط کار/ حصول اطمینان از درک خط مشی توسط پرسنل/ آمادگی و واکنش در شرایط اضطراری/ بررسی وسایل حفاظت فردی و نحوه استفاده از آن‌ها

### فهرست منابع

اصغرپور، م. ۱۳۸۷. تصمیم‌گیری چندمعیاره، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، صص ۲۲-۲۳.

سعیدی، م. و کرباسی، ع. ۱۳۸۴. مدیریت محیط‌زیستی نیروگاه‌ها (چاپ اول)، نشر وزارت نیرو، سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)، صص ۱-۳۱۹.

شریعت، م. و منوری، م. ۱۳۷۵. ارزیابی اثرات محیط‌زیستی، تهران: سازمان حفاظت محیط‌زیست، صص ۳۳-۳۴.

صادقی، م؛ گل‌آور، ل؛ و عابدی، ز. ۱۳۸۶. بررسی پیامدهای اقتصادی- محیط‌زیستی افزایش بازده نیروگاه‌های برق فسیلی، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، شماره ۴، صص ۳۰-۱۶.

قدسی پور، ح. ۱۳۸۵. فرایند تحلیل سلسله مراتبی. چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، صص ۱۷-۱۸.

هوشمند، ر. ۱۳۸۷. تولید برق در نیروگاه‌ها (چاپ ششم)، انتشارات دانشگاه شهید چمران، صص ۱-۵۹۳.

Behm, M. 2005. Linking construction fatalities to the design for construction safety concept, *Safety Science*, 43 (8). 589-611.

Bertolini, M. M. & Braglia, M. 2006. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract, 17January, PP44.

Bowen, W. M. 1990. Subjective judgments and data environment analysis in site selection, *Computer, Environment and Urban Systems*, Vol. 14. pp 133-144.

Canter, L. W. 1996. *Environmental Impact Assessment*, Newyork: M. C. Grow-Hill. PP21.

Chatzimouratidis Athanasios, I. & Pilavachi Petros, A. 2007. Objective and subjective evaluation of power plants and their non-radioactive emissions using the analytic hierarchy process, *Energy Policy*. 35. PP 4027-4083.

Cimren, E.; Catay, B. & Budak, E. 2007. Development of a machine tool selection system using AHP, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 35. PP 363-376.

Dagdeviren, M.; Yavuz, S. & Kılınç, N. 2009. Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*. 36. PP8143-8 151.

Fang, D. P.; Xic, X. Y. & Li, H. 2004. Factors analysis-based studies on construction workplace safety management in China. *International Journal of Project management* 22(1), pp 43-49.

Heller, S. 2006. Managing Industrial Risk-Having a Test and Proven System to Prevent and Assess Risk, *Journal Of Hazard Material*. vol 130(2006). PP 58-63.

Kulas, J. & Stachowski, A. 2009. Middle category endorsement in odd-numbered Likert response scales: Associated item characteristics, cognitive demands, and preferred meanings. *Journal of Research in Personality*. 43(2009). PP 489-493.

Ludwig, L. & Starr, S. 2005. Library as place: results of a Delphi study. *Journal of the Medical Library Association*. 93(3). PP 315-326.

Matias, J. C. D. O. & Coelho, D. A. 2002. The integration of the standards systems of quality management, environmental management occupational health and safety management. *International Journal of Production Research* 40(15). pp 3857-3866.

Mau, J.; Scott, N.; DeGloria, S. & Lembo, A. 2005. Siting analysis of farm-based centralized anaerobic digester systems for distributed generation using GIS, Biomass and Bioenergy. 28. PP 591-600.

Rahimi, M. 1995. Merging strategic safety, health and environment in total quality management, *International Journal of Industrial Ergonomics*. 16. pp 83-94.

Rausher, H. M. 1993. Ecosystem management decision support for federal forestestesisn the United States: A review, *Forest Ecology & management*. 114. PP 173-197.

Sahu, S. K.; Bhangare, R.C.; Ajmal, P. Y.; Pandit, G. G. & Puranik, V. D. 2009. Probabilistic Inhalation Risk Assessment due to Radioactivity Released from Coal-Fired Thermal Power Plant, Proceedings of International Conference on Energy And Environment, Vol, 12. PP 19-21.

Sripeni, I. 2003. Risk Management Strategy of Power Generation of PT -Indonesia Power, ISAHP, PP 7-9.

Tsaur, S. & Wang, C. 2007. The Evaluation of Sustainable Tourism Development by Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Set Theory: An Empirical Study on the Green Island in Taiwan, Asia Pacific Journal of Tourism Research, 12(2). PP 127 -145.