

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۸، زمستان ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۲۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۱۳

صفحات: ۲۵۰ - ۲۳۵

## ارزیابی و اولویت بندی اثر آلودگی‌های محیط زیست در مراکز جمعیتی (مطالعه موردی: کلان شهر اصفهان)

محسن سقائی<sup>۱\*</sup>، شهین مشرف جوادی<sup>۲</sup>

### چکیده

بروز بحران‌های زیست‌محیطی همواره از دغدغه‌های جهانی بوده است. این نگرانی زمانی دوچندان می‌شود که این نوع بحران‌ها مراکز جمعیتی بزرگ نظیر کلانشهرها را تحت تاثیر قرار دهند. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی و اولویت‌بندی پیامد بحران آلودگی خاک، آب و هوا اعم از ریزگردها و آلاینده‌های شیمیایی و همچنین آلودگی‌های صوتی، نوری و بصری بر کلانشهر اصفهان است. لذا با استفاده از اطلاعات مربوط به سال‌های ۹۵-۹۶ و با کاربرد مدل‌های فرآیند سلسله مراتبی و ویلیام-فاین به بررسی اثر آلودگی‌های زیست‌محیطی بر کلان شهری اصفهان پرداخته شده است. نتایج پژوهش مشخص می‌کند که بحران‌های زیست‌محیطی، ریزگرد، آلودگی هوا، آلودگی بصری، آلودگی آب غیرشرب، آلودگی خاک، آلودگی صوتی و آلودگی نوری به ترتیب با وزن ۰/۲۵۸، ۰/۱۳۵، ۰/۱۰۵، ۰/۰۸۴، ۰/۰۷۳ و ۰/۰۶۳ بیشترین تاثیر را بر محیط زیست کلان شهر اصفهان دارند. نتایج استفاده از روش ساده فرآیند سلسله مراتبی نشان داد که آلودگی نوری، آلودگی بصری و آلودگی خاک به ترتیب دارای اولویت ۱ تا ۳ هستند که ضمن تفاوت با روش ترکیبی مورد استفاده در این تحقیق، از نظر کارشناسی نتیجه غیرقابل اعتمادی است.

واژگان کلیدی: بحران‌های محیطی زیستی، تحلیل سلسله مراتبی اصلاح شده، کلان شهر اصفهان، مدل ویلیام-فاین.

saghaei@isfpnu.ac.ir

mjavadi@vz.isfpnu.ac.ir

<sup>۱</sup>- استادیار، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران (نویسنده مسئول)

<sup>۲</sup>- دانشجوی کارشناسی ارشد، جغرافیا و آمایش شهری، دانشگاه پیام نور مرکز وزوان

## مقدمه

یکی از معضلات بزرگ جامعه امروزی، بحران‌های زیست‌محیطی در کلانشهرها است. توسعه شهری در مراکز جمعیتی موجب گردیده است تا آلودگی خاک، آب و هوا اعم از ریزگردها و آلاینده‌های شیمیایی و همچنین آلودگی‌های صوتی، نوری و بصری به طور مستقیم و غیر مستقیم منجر به ایجاد بحران شده و اثرات نامطلوب اجتماعی، اقتصادی و بهداشتی را بر جمعیت انسانی تحمیل می‌کند.

در سال‌های اخیر آلودگی هوا در کلان‌شهر اصفهان موجب گردیده تا مرگ و میر ناشی از این آلودگی افزایش یابد به طوری که با افزایش ۱ درصد در شاخص کیفیت هوا (AQI) در اصفهان، میزان مرگ و میر در بلند مدت با ۰/۱۲۳ درصد افزایش برآورد شده است (کیانی و همکاران، ۱۳۹۳). ریزگردها نیز از دیگر مصادیق آلودگی هوا هستند (خراسانی و همکاران، ۲۰۰۲) که موجب بروز اثرات منفی سلامت عمومی و توسعه بیماری‌های تنفسی و قلبی و عروقی شده است (گراوندی و همکاران، ۱۳۹۴). آلودگی آب غیر شرب در مناطق اصفهان و اطراف آن به سبب استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار در کشاورزی و تاثیر بر نیتراته شدن آب نیز نگران کننده شده است (خسروی دهکردی و همکاران، ۱۳۸۵)، منابع آلودگی خاک نظیر ورود مواد هیدروکربنی به خاک و اثر بر کشاورزی منطقه (Roohi et al 2015; Roohi et al 2016) در کنار سایر عوامل شهری نظیر ورود شیرابه زباله و ایجاد بوی نامطبوع در محیط‌های شهری از دیگر موضوعات نگران کننده هستند. آلودگی صوتی از دیگر پدیده‌های نو ظهور در کلان‌شهرهای ایران است که علاوه بر آسیب‌های قلبی و عروقی و افزایش درجه حرارت بدن (صباحی و همکاران، ۱۳۸۴)، می‌تواند موجب افزایش فشار خون، کم خوابی و خواب پریشی گردد. علاوه بر آلودگی‌های ذکر شده استفاده از گزینه‌های نوری و صوتی برای شهر آرایبی موجب بروز آلودگی‌های نوری و بصری در کلان‌شهرها شده است (صادق‌قلو و جوهری، ۱۳۹۶).

از آنجایی که کنترل و مقابله با هر یک از بحران‌های زیست‌محیطی فوق‌الذکر نیازمند منابع مالی و انسانی بسیاری است، مدیران شهری نیازمند روشی قابل اطمینان برای اولویت بندی بحرانی‌های زیست‌محیطی ناشی از توسعه آلاینده‌ها هستند تا بتوانند پروژه‌های بهسازی را با حداکثر بهره‌وری انتخاب و اجرا نمایند. روش تحلیل سلسله مراتبی چند شاخصه (AHP) یکی از روش‌هایی است که در سال‌های گذشته به منظور تعیین اولویت در حوزه‌های زیست‌محیطی توسعه داده شده و مورد استفاده قرار گرفته است.

در سال ۲۰۱۵ فیروزی و همکاران شاخص‌های ناپایداری زیست محیطی با تأکید بر آلودگی خاک، آلودگی آب و آلودگی صوتی با استفاده از روش سلسله مراتبی در کلان‌شهر اهواز را ارزیابی کردند. آنها فرآیند تبدیل معیارها به شاخص‌های کمی انجام و شاخص و زیرشاخص‌ها در چارچوب مدل وزنی AHP، وزن دهی و اولویت‌بندی گردیدند (فیروزی و همکاران ۲۰۱۵).

در تحقیقی دیگر چهار معیار اصلی مخاطره آمیز شامل تراکم جمعیت، سرانه فضای سبز، آلودگی هوا و آلودگی منابع آب به عنوان آلاینده‌های مهم شهر مشهد انتخاب و با کمک الگوریتم آنتروپی، درجه اهمیت معیارهای مورد مطالعه برآورد گردید (کاوایان آهنگر و همکاران ۲۰۱۳).

استفاده از شاخص SPI در پهنه‌بندی آلودگی آب غیرشرب و ترسالی‌های شمال شرق ایران با روش AHP در محیط GIS توسط محمدیازیان و همکاران مورد مطالعه قرار گرفت (محمدیاریان و همکاران ۲۰۱۳).

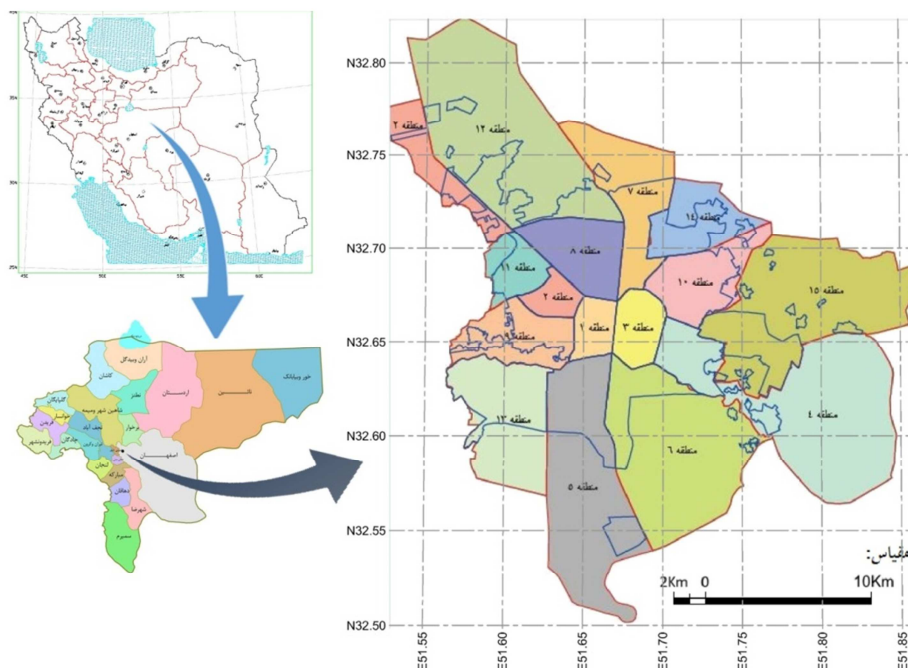
مروری بر معدود تحقیقات انجام شده نیز جامعیت و قابل اعتماد بودن روش مورد استفاده را نشان داد. در تحقیقی که بر روی آلاینده‌های زیست محیطی شهر مشهد انجام شد، آلودگی‌های آب و هوا، اسکان غیررسمی، تراکم جمعیتی و تغییر کاربری در کنار سایر عوامل توسط الگوریتم AHP و برنامه خطی تعامل تناوبی سیموس تحلیل گردید (آهنگر و سپهر، ۱۳۹۳). در تحقیق مذکور به آلاینده‌های نوظهوری نظیر آلودگی نوری و صوتی و بصری توجه نشده است. در تحقیق دیگری که در کلان‌شهر اهواز انجام شد نیز آلودگی آب، خاک و صدا با استفاده از ترکیب روش‌های AHP و GIS مورد تحلیل قرار گرفت (فیروزی و همکاران، ۱۳۹۶). اهواز در سال‌های اخیر تحت تاثیر ۲ نوع آلودگی شیمیایی هوا و آلودگی خاک ناشی از فعالیت‌های نفتی و ریزگرد قرار گرفته است که در تحقیق فوق‌الذکر تحلیل نشده‌اند. بخشی از تحقیق ژانگ و همکاران نیز به ارزیابی آلاینده‌های محیط‌زیستی استان هونان کشور چین پرداخته است. در این تحقیق نیز با استفاده از روش AHP به ترتیب آلاینده‌های کشاورزی، آب، هوا و خاک در رتبه‌های ۱ تا ۴ قرار گرفته‌اند. در این تحقیق نیز آلاینده‌های نوظهور صوتی و بصری نیز مورد بررسی قرار نگرفته است (Xiong, 2007).

تحقیقات دیگری نیز در خصوص ارزیابی پیامدهای آلودگی‌های محیط زیستی در مناطق محدود انجام شده که از آن جمله می‌توان به تجزیه و تحلیل اثرات زیست‌محیطی کشتارگاه نمونه تهران اشاره نمود. در پژوهش مذکور، با استفاده از نرم‌افزار Expert choice، آلودگی آب، آلودگی صوتی، آلودگی هوا، بوی بد، آلودگی خاک و آلودگی پسماندها به ترتیب با وزن ۰/۴۷۹، ۰/۲۲۹، ۰/۱۳۶، ۰/۰۸۰، ۰/۰۴۸ و ۰/۰۲۹ دارای اولویت ۱ تا ۶ شدند (جوزی و فیروزه‌ای، ۱۳۹۲). در تحقیق جوزی و همکارش اثرات انسانی ناشی از آلاینده‌ها مورد تحلیل قرار نگرفته است.

اگرچه در تحقیقات انجام شده استفاده از روش AHP به صورت کلاسیک و یا ترکیب با دیگر روش‌های نوین انجام شده اما ارزیابی اولویت ارزیابی بحران‌های زیست‌محیطی در کلان‌شهرهای کشور مورد مطالعه قرار نگرفته است. ضمن اینکه ترکیب روش‌های AHP و ویلیام-فاین با تاکید بر نقش محوری سلامت انسان نتایج قابل اعتمادی را برای برآورد پیامدهای آلاینده‌ها ارائه خواهد داد که بخش دیگر از نوآوری این تحقیق است. در این پژوهش، اولویت‌بندی بحران‌های محتمل در کلان‌شهر اصفهان به سبب تراکم جمعیت و میزان اثرگذاری مورد مطالعه قرار گرفت. علت این انتخاب جایگاه جمعیتی، فرهنگی و سیاسی کلان‌شهر اصفهان در کشور بوده است.

### منطقه مورد مطالعه:

کلان‌شهر اصفهان شهری باستانی در مرکز ایران و سومین شهر پرجمعیت ایران پس از تهران و مشهد است. وجود صنایع مهم نظیر پالایشگاه و پتروشیمی، نیروگاه‌ها و صنایع فولاد در مجاورت این کلان‌شهر از یک طرف و نزدیکی به مناطق بیابانی در منطقه شرق اصفهان موجب گردیده تا انواع مختلفی از آلاینده‌های زیست محیطی این کلان‌شهر را تهدید نماید. شکل ۱ نقشه منطقه کلان‌شهر اصفهان و موقعیت آن در استان را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی کلان شهر اصفهان

## داده‌ها و روش‌ها

در این تحقیق از روش‌های AHP و ویلیام-فاین به منظور ارزیابی بحران‌های زیست‌محیطی استفاده شده است. از آنجایی که روش AHP روش مناسب و قابل اعتمادی برای ارزیابی ریسک سلامتی آلاینده‌های زیست‌محیطی نمی‌باشد، از روش ویلیام فاین استفاده شده است و با نتایج حاصل از ارزیابی AHP کوپل شد. روش ویلیام-فاین یک روش پذیرفته شده بین‌المللی است که به سبب استفاده از ۳ فاکتور احتمال، میزان مواجهه و شدت پیامد آلاینده قابلیت خوبی برای ارزیابی ریسک آلاینده بر سلامتی افراد دارد. استفاده از نتایج این روش به عنوان ورودی روش تحلیل سلسله مراتبی موجب می‌گردد تا ضمن تاکید بر نقش محوری سلامت عمومی به عنوان فاکتور تاثیر گذار بر سایر عوامل، نتایج قابل اطمینانی در اولویت‌بندی نهایی حاصل گردد. بنابراین در ابتدا با استفاده از روش ویلیام-فاین آلاینده‌های زیست محیطی با ۳ معیار احتمال بروز بحران مربوطه، شدت آن و میزان مواجهه افراد با آن مطابق با جدول‌های ۳ تا ۵ مورد بررسی قرار گرفته و ریسک حاصل از بررسی نرمالیزه می‌گردد. اعداد نرمال شده منتج از روش ویلیام-فاین، به عنوان ورودی روش AHP استفاده شده و به همراه دیگر ارزیابی‌های انجام شده، بصورت یکپارچه نتیجه‌گیری می‌شود.

در فرایند تحلیل سلسله مراتبی بحران‌های زیست محیطی با فاکتورهایی نظیر اثر بر اقتصاد، تبعات اجتماعی، محیط-زیستی و سلامت عمومی مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. بررسی اثرات اجتماعی، اقتصادگردشگری، محیط-

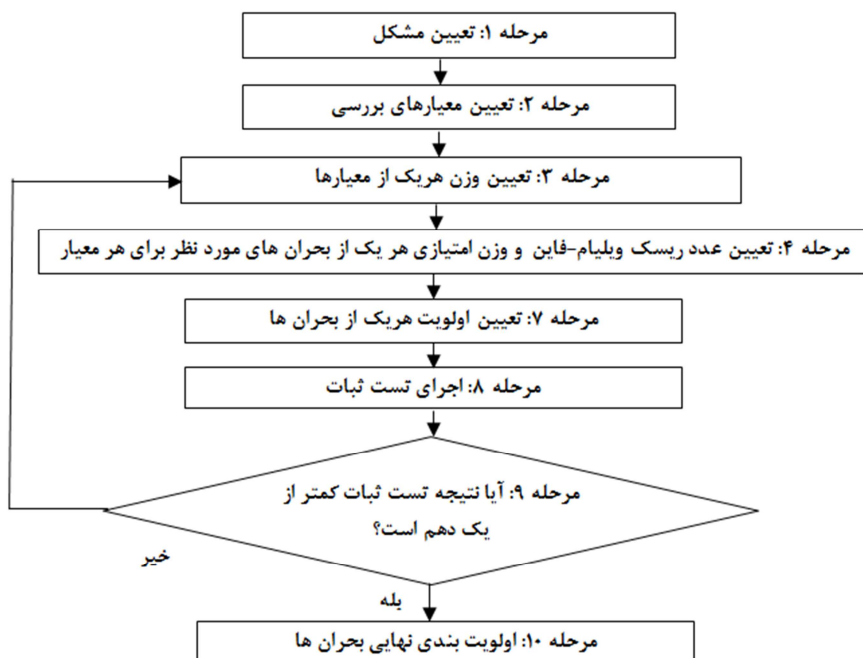
زیستی اثر بر محیط کار و سلامت عمومی به عنوان معیارهای ارزیابی و بحران‌های آلودگی خاک، آلودگی هوا، آلودگی آب غیر شرب، آلودگی بصری و ریزگرد به عنوان ۷ بحران مهم برای کلان شهر اصفهان مورد مطالعه قرار گرفته است.

جدول ۱: جدول مقایسه ای برای اولویت دهی یک آلاینده نسبت به آلاینده دیگر از منظر مورد مطالعه (saatty,1998)

اولویت	معنی	مفهوم
۱	اولویت یکسان	دو بحران مورد مقایسه دارای اولویت یکسانی از منظر مورد مطالعه هستند
۳	اولویت کمی بالاتر	بحران مورد تحلیل در مقایسه با بحران دیگر و از منظر مورد مطالعه دارای اولویت کمی بالاتر است
۵	اولویت بالاتر	بحران مورد تحلیل در مقایسه با بحران دیگر و از منظر مورد مطالعه مطلوبتر است
۷	اولویت خیلی بالاتر	بحران مورد تحلیل در مقایسه با بحران دیگر و از منظر مورد مطالعه دارای اولویت خیلی بالاتری است
۹	اولویت مطلق	بحران مورد تحلیل در مقایسه با بحران دیگر و از منظر مورد مطالعه مطلقاً بهتر است
۲، ۴، ۶ و ۸	اعداد قضاوتی بین دو عدد اولویت	قضاوت بین دو عدد اولویت است

مطابق با روش AHP ابتدا هریک از معیارها با استفاده از جدول ۱ مقایسه دو تایی شده و جداول حاصل شده نرمالیزه می‌گردد. با استفاده از جداول اعداد نرمال هر یک از معیارها وزن‌دهی می‌گردند. در ادامه هریک از بحران‌های مورد ارزیابی از منظر هر معیار اولویت‌بندی می‌گردند. با استفاده از جدول ۱ و ضرایب تعیین شده توسط ۲۳ کارشناس و همچنین فلوجارت محاسبه نشان داده شده در شکل ۲ اولویت‌بندی هر یک بحران‌ها انجام شد. فرآیند اجرای روش AHP در شکل (۲) نشان داده شده است. انجام این فرآیند توسط تیم ۲۳ نفره کارشناسان خبره انجام پذیرفته و نتایج به تایید ایشان رسید.

استفاده از این روش ترکیبی برای افزایش قابلیت اطمینان نتایج، به همراه ارزیابی و اولویت‌بندی بحران‌های منتج از آلاینده‌های محیط‌زیست در کلان‌شهر اصفهان تاکنون گزارش نشده و نوآوری این تحقیق محسوب می‌گردد.



شکل ۲: فلوچارت روش AHP اصلاح شده برای تعیین اولویت بحران های زیست محیطی

جدول ۲: جدول مرجع عدد دهی شدت آسیب به سلام (Nouri et al, 2010)

رتبه	طبقه بندی
۱۰۰	آسیب منجر به اقدام درمانی جدی، اختلال در فعالیت های روزمره و آسیب جدی به جنین مادران باردار
۵۰	آسیب منجر به اقدام درمانی جدی، اختلال در فعالیت های روزمره
۲۵	آسیب منجر به اقدامات درمانی جدی
۱۵	آسیب منجر به اقدامات درمانی جزئی
۵	آسیب منجر به آزار لحظه ای
۱	صدمات، آسیب و خسارات خفیف

جدول ۳: جدول مرجع عدددهی احتمال آسیب به سلامت (Nouri et al, 2010)

رتبه	طبقه بندی
۱۰	احتمال وقوع آن بیش از ۹۰ درصد روزهای سال است
۶	احتمال وقوع آن بین ۷۰ تا ۹۰ درصد روزهای سال است
۳	احتمال وقوع آن بین ۵۰ تا ۷۰ درصد روزهای سال است
۰/۵	احتمال وقوع آن زیر ۵۰ درصد روزهای سال است با فقط ساعاتی از روز رخ می دهد
۰/۱	به طور متوسط هر ۵ سال رخ می دهد با آلودگی عمدتاً در شب ها رخ می دهد

جدول ۴: جدول مرجع عدددهی مدت مواجهه (Nouri et al, 2010)

رتبه	طبقه بندی
------	-----------

۱۰	بیش از ۱۶ ساعت در روز مواجهه وجود دارد
۶	بین ۸ تا ۱۶ ساعت در روز مواجهه وجود دارد
۳	کمتر از ۸ ساعت در روز و بطور پیوسته رخ می دهد
۲	بطور ناپیوسته و گهگاه در روز رخ می دهد
۱	بطور موردی در ماه رخ می دهد

تاکنون مطالعات متنوعی بر روی ملاحظات زیست-محیطی و تصمیم-گیری برای تعیین اولویت‌ها با استفاده از روش AHP انجام شده است (Kiker et al. 2005; Khan and Sadiq 2005; Moeinaddini et al. 2010; Huang et al. 2011; Pohekar and Ramachandran 2004; al. 2005). بیشتر این تحقیقات بر روی مکان-یابی تاسیسات یا ساختمان‌هایی بوده است که دارای تبعات زیست-محیطی بوده‌اند. البته در برخی دیگر از تحقیقات منتشر شده از روش AHP به منظور ارزیابی ریسک در پروژه‌ها استفاده شده است (Aminbakhsh et al. 2013; Manabi et al. 2013; Wang et al. 2012; Topuz et al. 2011; Li and Zou; 2011; Zayed et al. 2008; Mustafa and Al-Bahar 1991).

استفاده از روش‌هایی نظیر AHP به منظور بررسی اثرات زیست-محیطی به منظور رفع معایب، ایجاد بهبود و حصول نتایج مورد انتظار با دیگر روش‌های معتبر ترکیب شده‌اند. از جمله این موارد می‌توان به استفاده از روش‌های AHP و GIS (Sener et al. 2011; Şener et al. 2007; Ying et al. 2013; Sener and Davraz 2013; Turkey et al. 2013) و LCA و AHP فازی (Kang and Li 2010)، روش‌های TOPSIS و AHP (Al Maliki et al. 2012)، DEA، AHP و AHP (Kavurmaci and Üstün 2016) و دلفی و AHP (Li et al. 2005) اشاره نمود.

با وجود تنوع روش‌های ترکیبی تصمیم‌گیری و اولویت‌بندی، استفاده از روش‌های ترکیبی AHP با روش‌های ارزیابی ریسک کمتر مورد توجه قرار گرفته است. آنچه در ارزیابی‌های زیست-محیطی و خصوصاً آلاینده‌های زیست محیطی مهم است، اثر آن بر انسان به عنوان مهمترین عامل زیستی می‌باشد. از این رو با استفاده از روش‌های ارزیابی ریسک ضمن بررسی این اثر مهم، نتایج حاصل از روش AHP را اصلاح نموده و بدین ترتیب یک اولویت‌بندی قابل اعتماد حاصل می‌گردد. این اولویت‌بندی قابل اعتماد می‌تواند به عنوان یک ابزار برای تخصیص بهینه منابع استفاده نمود.

مروری بر مطالعات گذشته نشان می‌دهد که تاکنون تحقیق و پژوهشی در مورد اولویت‌بندی بحران‌های منتج از آلاینده‌های زیست-محیطی با استفاده از روش ترکیبی ویلیام-فاین با روش AHP و استفاده از آن برای ارزیابی یک کلان-شهر انجام نشده و از جمله نوآوری این تحقیق محسوب می‌گردد.

### یافته‌های تحقیق

همانگونه که در بخش روش انجام تحلیل اشاره شد، در این تحقیق بحران‌های آلودگی آب غیرشرب ( $A_1$ )، آلودگی بصری ( $A_2$ )، آلودگی هوا ( $A_3$ )، آلودگی نوری ( $A_4$ )، آلودگی خاک ( $A_5$ )، آلودگی صوتی ( $A_6$ ) و ریزگرد ( $A_7$ ) به عنوان

۷ بحران در نظر گرفته شده و از منظر تاثیر بر سلامت عمومی ( $C_1$ )، اقتصاد گردشگری ( $C_2$ )، تاثیرات اجتماعی ( $C_3$ )، تاثیرات محیط‌زیستی ( $C_4$ ) و تاثیر بر محیط کار ( $C_5$ ) مورد بررسی قرار گرفتند. در جدول (۵) ارزیابی معیارهای مورد نظر را نشان می‌دهد. مطابق با روش AHP وزن هر معیار نسبت به یکدیگر مشخص شده است. این وزندهی توسط ۲۳ نفر متشکل از ۸ کارشناس محیط‌زیست، ۶ کارشناس جغرافیای شهری، ۵ مهندس صنایع و ۴ کارشناس مدیریت مورد ارزیابی قرار گرفته و از نظر ایشان معدل‌گیری شده است. مطابق با جدول ۲ به ترتیب تاثیر بر سلامت عمومی، تاثیر بر محیط کار، اقتصاد گردشگری، تاثیرات اجتماعی و تاثیرات زیست‌محیطی به ترتیب دارای اولویت هستند.

جدول ۵: جدول اولویت بندی معیارهای سلامت عمومی، محیط زیست، اجتماع و اقتصاد گردشگری و تاثیر بر محیط کسب و کار

وزن معیار*	جدول اعداد نرمال شده					$C_5$	$C_4$	$C_3$	$C_2$	$C_1$	
۰/۳۴	۰/۱۶	۰/۲۹	۰/۳۴	۰/۵۲	۰/۳۸	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۳۴	$C_1$
۰/۲۲	۰/۴۹	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۳	۳/۳	۳/۳	۰/۰۱	۰/۲۲	$C_2$
۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۳	۰/۰۸	$C_3$
۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۵	۰/۳	۰/۰۴	$C_4$
۰/۳۲	۰/۱۶	۰/۴۰	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۳۸	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۳	۰/۳۲	$C_5$
۱۰۰						۶/۱	۱۷/۳	۱۴/۸	۹/۶	۲/۶	$\Sigma$

در ادامه ۷ بحران آلودگی آب غیرشرب، آلودگی هوا، آلودگی خاک، ریزگرد، آلودگی صوتی، آلودگی نوری و آلودگی بصری از منظر تاثیر بر اقتصاد گردشگری مورد بررسی قرار گرفتند، مطابق با این ارزیابی بحران‌ها به صورت مقایسه دوتایی ارزیابی شده و نتایج در جدول ۶ درج گردید.

جدول ۶: جدول عدد دهی ۷ بحران مورد مطالعه از منظر تاثیر بر اقتصاد گردشگری

$A_7$	$A_6$	$A_5$	$A_4$	$A_3$	$A_2$	$A_1$	
۰/۵۰	۰/۵۰	۲	۳	۰/۵۰	۰/۲۵	۱	$A_1$
۰/۲۵	۱	۵	۴	۰/۳۳	۱	۴	$A_2$
۰/۳۳	۲	۵	۲	۱	۳	۲	$A_3$
۰/۳۳	۰/۵۰	۲	۱	۰/۵۰	۰/۲۵	۰/۳۳	$A_4$
۰/۱۷	۰/۲۰	۱	۰/۵۰	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۵۰	$A_5$
۰/۳۳	۱	۵	۲	۰/۵۰	۲	۲	$A_6$
۱۰۰	۳۰۰	۶۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۲۰۰	$A_7$
۲/۹۲	۸/۲۰	۲۶	۱۵/۵۰	۶/۰۸	۹/۷۰	۱۱/۸۳	Sum

مطابق با جدول ۷، ۷ بحران مختلف از منظر اقتصاد گردشگری مورد ارزیابی قرار گرفته و نرمالیزه شده‌اند. بر اساس روش AHP و ستون آخر سمت چپ این جدول، از منظر اقتصاد گردشگری به ترتیب بحران ریزگرد ( $A_7$ )، آلودگی هوا ( $A_3$ )، آلودگی بصری ( $A_2$ )، آلودگی صوتی ( $A_6$ )، آلودگی آب غیرشرب ( $A_1$ )، آلودگی نوری ( $A_4$ ) و آلودگی خاک ( $A_5$ ) دارای اولویت ۱ تا ۷ شدند.



جدول ۷: جدول نرمالیزه شده ۷ بحران مختلف از منظر تاثیر بر اقتصاد گردشگری

وزن بحران	A <sub>7</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	
۰/۰۹۹۳	۰/۱۷۱۴	۰/۰۶۱۰	۰/۰۷۶۹	۰/۱۹۳۵	۰/۰۸۲۲	۰/۰۲۵۸	۰/۰۸۴۵	A <sub>1</sub>
۰/۱۶۴۹	۰/۰۸۵۷	۰/۱۲۲۰	۰/۱۹۲۳	۰/۲۵۸۱	۰/۰۵۴۸	۰/۱۰۳۱	۰/۳۳۸۰	A <sub>2</sub>
۰/۱۸۸۹	۰/۱۱۴۳	۰/۳۴۳۹	۰/۱۹۲۳	۰/۱۲۹۰	۰/۱۶۴۴	۰/۳۰۹۳	۰/۱۶۹۰	A <sub>3</sub>
۰/۰۶۴۷	۰/۱۱۴۳	۰/۰۶۱۰	۰/۰۷۶۹	۰/۰۶۴۵	۰/۰۸۲۲	۰/۰۲۵۸	۰/۰۲۸۲	A <sub>4</sub>
۰/۰۳۶۶	۰/۰۵۷۱	۰/۰۲۴۴	۰/۰۳۸۵	۰/۰۳۲۳	۰/۰۴۱۱	۰/۰۲۰۶	۰/۰۴۲۳	A <sub>5</sub>
۰/۱۳۰۳	۰/۱۱۴۳	۰/۱۲۲۰	۰/۱۹۲۳	۰/۱۲۹۰	۰/۰۸۲۲	۰/۱۰۳۱	۰/۱۶۹۰	A <sub>6</sub>
۰/۳۱۵۴	۰/۳۴۲۹	۰/۳۶۵۹	۰/۲۳۰۸	۰/۱۹۳۵	۰/۴۹۳۲	۰/۴۱۲۴	۰/۱۶۹۰	A <sub>7</sub>

به طریق مشابه بحران‌های مورد مطالعه از منظر تاثیرات اجتماعی ارزیابی و اولویت‌بندی شدند. جدول اعداد نرمال شده و نتایج این اولویت‌بندی در جدول ۸ ارائه شده است.

مطابق با جدول ۸، ۷ بحران مختلف از منظر تاثیرات اجتماعی مورد ارزیابی قرار گرفته و نرمالیزه شده‌اند. مطابق با ستون آخر سمت چپ این جدول، از منظر تبعات اجتماعی به ترتیب آلودگی هوا (A<sub>3</sub>)، ریزگرد (A<sub>7</sub>)، آلودگی صوتی (A<sub>6</sub>)، آلودگی نوری (A<sub>4</sub>)، آلودگی بصری (A<sub>2</sub>)، آلودگی آب غیرشرب (A<sub>1</sub>) و آلودگی خاک (A<sub>5</sub>) دارای اولویت ۱ تا ۷ شدند.

بحران‌های مورد مطالعه از منظر محیط‌زیست گیاهی و جانوری مورد ارزیابی قرار گرفت. جدول داده‌های نرمال شده و نتایج این اولویت‌بندی در جدول ۹ ارائه شده است. نتایج مندرج در جدول ۹ نشان‌دهنده آنست که از منظر محیط-زیست گیاهی و جانوری به ترتیب آلودگی آب غیرشرب (A<sub>1</sub>)، ریزگرد (A<sub>7</sub>)، آلودگی هوا (A<sub>3</sub>)، آلودگی صوتی (A<sub>6</sub>)، آلودگی نوری (A<sub>4</sub>)، آلودگی بصری (A<sub>2</sub>) و آلودگی خاک (A<sub>5</sub>) دارای اولویت ۱ تا ۷ شدند.

جدول ۹: جدول اعداد نرمال شده بحران‌های مورد مطالعه از منظر محیط زیست جانوری

وزن بحران آلودگی	A <sub>7</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	
۰/۳۱۴۹	۰/۳۶۳۶	۰/۴۲۵۵	۰/۲۵۰۰	۰/۲۵۰۰	۰/۳۴۲۹	۰/۲۴۲۴	۰/۳۲۹۷	A <sub>1</sub>
۰/۰۶۸۲	۰/۰۶۰۶	۰/۰۲۱۳	۰/۱۲۵۰	۰/۰۴۱۷	۰/۰۸۵۷	۰/۰۶۰۶	۰/۰۸۲۴	A <sub>2</sub>
۰/۱۶۶۲	۰/۱۸۱۸	۰/۱۷۰۲	۰/۱۸۷۵	۰/۱۶۶۷	۰/۱۷۱۴	۰/۱۲۱۲	۰/۱۶۴۸	A <sub>3</sub>
۰/۰۸۹۸	۰/۰۶۰۶	۰/۰۴۲۶	۰/۱۲۵۰	۰/۰۸۳۳	۰/۰۸۵۷	۰/۱۲۱۲	۰/۱۰۹۹	A <sub>4</sub>
۰/۰۶۰۰	۰/۰۶۰۶	۰/۰۸۵۱	۰/۰۶۲۵	۰/۰۴۱۷	۰/۰۵۷۱	۰/۰۳۰۳	۰/۰۸۲۴	A <sub>5</sub>
۰/۱۱۴۲	۰/۰۹۰۹	۰/۰۸۵۱	۰/۰۶۲۵	۰/۱۶۶۷	۰/۰۸۵۷	۰/۲۴۲۴	۰/۰۶۵۹	A <sub>6</sub>
۰/۱۸۶۸	۰/۱۸۱۸	۰/۱۷۰۲	۰/۱۸۷۵	۰/۲۵۰۰	۰/۱۷۱۴	۰/۱۸۱۸	۰/۱۶۴۸	A <sub>7</sub>

بحران‌های مورد مطالعه از منظر تاثیر بر محیط کار مورد ارزیابی قرار گرفت. جدول اعداد نرمال شده و نتایج این اولویت‌بندی در جدول ۱۱ ارائه شده است. نتایج مندرج در جدول نشان‌دهنده آنست که از منظر تاثیر بر محیط کار به ترتیب ریزگرد (A<sub>7</sub>)، آلودگی خاک (A<sub>5</sub>)، آلودگی بصری (A<sub>2</sub>)، آلودگی آب غیرشرب (A<sub>1</sub>)، آلودگی نوری (A<sub>4</sub>)، آلودگی هوا (A<sub>3</sub>) و آلودگی صوتی (A<sub>6</sub>) و دارای اولویت ۱ تا ۷ شدند.

جدول ۱۰: جدول اعداد نرمال شده بحران های مورد مطالعه از منظر تاثیر بر محیط کار

وزن بحران	A <sub>7</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	
۰/۱۷۹۲	۰/۱۶۳۹	۰/۳۰۲۵	۰/۱۵۶۳	۰/۳۱۵۰	۰/۰۹۵۲	۰/۰۶۸۲	۰/۱۵۳۱	A <sub>1</sub>
۰/۱۸۱۱	۰/۱۹۶۷	۰/۳۰۲۵	۰/۱۰۴۲	۰/۰۷۸۷	۰/۱۴۲۹	۰/۱۳۶۴	۰/۳۰۶۱	A <sub>2</sub>
۰/۰۴۴۴	۰/۰۱۶۴	۰/۰۳۳۶	۰/۰۵۲۱	۰/۰۳۹۴	۰/۰۴۷۶	۰/۰۴۵۵	۰/۰۷۶۵	A <sub>3</sub>
۰/۰۹۶۲	۰/۰۹۸۴	۰/۱۰۰۸	۰/۱۵۶۳	۰/۰۷۸۷	۰/۱۴۲۹	۰/۰۴۵۵	۰/۰۵۱۰	A <sub>4</sub>
۰/۱۷۹۶	۰/۳۲۷۹	۰/۲۰۱۷	۰/۱۵۶۳	۰/۱۵۷۵	۰/۰۹۰۵	۰/۲۷۲۷	۰/۰۷۶۵	A <sub>5</sub>
۰/۰۴۱۹	۰/۰۳۲۸	۰/۰۳۳۶	۰/۰۶۲۵	۰/۰۱۵۷	۰/۰۹۵۲	۰/۰۲۲۷	۰/۰۳۰۶	A <sub>6</sub>
۰/۲۵۹۶	۰/۱۶۳۹	۰/۰۲۵۲	۰/۳۱۲۵	۰/۳۱۵۰	۰/۲۸۵۷	۰/۴۰۹۱	۰/۳۰۶۱	A <sub>7</sub>

بحران های مورد مطالعه از منظر تاثیر بر سلامت عمومی با استفاده از جداول راهنمای ۳ تا ۵ مورد تحلیل قرار گرفت. با تشکیل تیم ارزیابی ریسک ۷ آلاینده مورد مطالعه از منظر سلامت عمومی با استفاده از روش ویلیام-فاین ارزیابی ریسک گردید که نتایج آن در جدول ۱۲ ارائه شده است. از حاصل ضرب اعداد احتمال، شدت و میزان مواجهه، ارزش ریسک محاسبه می گردد. نتایج مندرج در جدول نشان دهنده آنست که از منظر تاثیر بر سلامت عمومی به ترتیب آلودگی آب غیرشرب (A<sub>1</sub>)، ریزگرد (A<sub>7</sub>)، آلودگی صوتی (A<sub>6</sub>)، آلودگی هوا (A<sub>3</sub>)، آلودگی بصری (A<sub>2</sub>)، آلودگی نوری (A<sub>4</sub>) و آلودگی خاک (A<sub>5</sub>) دارای اولویت ۱ تا ۷ شدند.

جدول ۱۱: جدول اعداد نرمال شده بحران های مورد مطالعه از منظر تاثیر بر سلامت عمومی

ریسک نرمال شده و وزن	ارزش ریسک	میزان مواجهه	شدت	احتمال	
۰/۰۳۰	۳۰	۱	۳	۱۰	A <sub>1</sub>
۰/۰۹۹	۱۰۰	۲	۵	۱۰	A <sub>2</sub>
۰/۴۹۳	۵۰۰	۱۰	۱۰۰	۰/۵	A <sub>3</sub>
۰/۰۱۵	۱۵	۶	۵	۰/۱	A <sub>4</sub>
۰/۰۲۵	۲۵	۲	۲۵	۰/۵	A <sub>5</sub>
۰/۰۴۴	۴۵	۶	۱۵	۰/۵	A <sub>6</sub>
۰/۲۹۶	۳۰۰	۶	۱۰۰	۰/۵	A <sub>7</sub>

از حاصل ضرب وزن هر یک از معیارها در وزن اولویت هر یک از بحران ها برای هر معیار، وزن نهایی برای بحران های مورد مطالعه، اولویت هر یک از بحران ها تعیین می گردد. نتایج این اولویت بندی در جدول ۱۲ ارائه گردیده است. مطابق با این جدول به ترتیب بحران های زیست محیطی ریزگرد (A<sub>7</sub>)، آلودگی هوا (A<sub>3</sub>)، آلودگی بصری (A<sub>2</sub>)، آلودگی آب غیرشرب (A<sub>1</sub>)، آلودگی خاک (A<sub>5</sub>)، آلودگی صوتی (A<sub>6</sub>) و آلودگی نوری (A<sub>4</sub>) دارای اولویت ۱ تا ۷ شدند.

جدول ۱۲: اولویت هر یک از بحران ها برای هر معیار، وزن نهایی برای بحران های مورد مطالعه و اولویت هر یک از بحران ها

A <sub>7</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	
۰/۱۰۰	۰/۰۱۵	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰/۱۶۷	۰/۰۳۴	۰/۰۱۰	C <sub>1</sub>
۰/۰۶۹	۰/۰۲۹	۰/۰۰۸	۰/۰۱۴	۰/۰۴۲	۰/۰۳۶	۰/۰۲۲	C <sub>2</sub>
۰/۰۲۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۲۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	C <sub>3</sub>
۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳	C <sub>4</sub>
۰/۰۸۳	۰/۰۱۳	۰/۰۶۳	۰/۰۳۱	۰/۰۱۴	۰/۰۵۸	۰/۰۵۷	C <sub>5</sub>
۰/۲۸۲	۰/۰۷۳	۰/۰۸۴	۰/۰۶۳	۰/۲۵۸	۰/۱۳۵	۰/۱۰۵	Sum

در انتها تست ثبات نتایج انجام گردید. برای انجام این مرحله ابتدا  $\lambda_{max}$  با استفاده از معادله ۱ محاسبه گردید که برای محاسبه اندیس ثبات<sup>۱</sup> (C.I.) کاربرد دارد. در رابطه زیر،  $M$  ماتریس مقایسه،  $n$  تعداد بحران مورد بررسی و  $e$  کمیت بردار یکتای اصلی هستند (Saaty 1998).

$$\lambda_{max} = 1/n \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^n M_{ij} \times e_j) / e_i \quad (1)$$

اندیس ثبات با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌گردد (Saaty 1998):

$$C.I. = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (2)$$

در مرحله بعد با استفاده از اندیس ثبات، کسر ثبات<sup>۲</sup> (C.R.) با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می‌گردد (Saaty 1998).

$$C.R. = C.I. / RI \quad (3)$$

در رابطه فوق مقدار RI با استفاده از جدول ۹ محاسبه می‌گردد. (Saaty 1998).

در صورتی که مقدار C.R. منتج از رابطه ۳ کمتر از یک دهم باشد تست ثبات با موفقیت انجام گرفته است. محاسبات تست ثبات نشان داد که مقدار C.I. برابر با ۰/۰۰۹ شده که با استفاده از جدول ۹ و برای  $n$  مساوی ۷، این مقدار باید تقسیم بر ۱/۳۲ گردد که معادل ۰/۰۰۷ خواهد شد. نتیجه این محاسبه نشان می‌دهد که تست ثبات با موفقیت انجام شده و نتایج از نظر آماری قابل اعتماد است.

بررسی نتایج به دست آمده و مقایسه آن با نتایج استفاده از روش AHP ساده تفاوت در ترتیب اولویت‌بندی را نشان داد. مد نظر قرار ندادن ریسک‌های بهداشتی و ایمنی به منظور ارزیابی اثر آلاینده‌های زیست‌محیطی بر سلامت عمومی موجب می‌گردد تا نتایج بدست آمده از قابلیت اطمینان کمتری برخوردار باشد. ارزیابی معیارهای ۵ گانه بررسی بحران‌ها نشان داد که تاثیر بر سلامت عمومی، تاثیر بر محیط کار، اقتصاد گردشگری، تاثیرات اجتماعی و تاثیرات زیست‌محیطی به ترتیب دارای اولویت هستند. همچنین مطابق با یافته‌های این تحقیق و بر اساس روش ویلیام-فاین، آلودگی آب غیرشرب، ریزگردها و آلودگی صوتی به عنوان ۳ آلاینده پر ریسک رای سلامت عمومی محسوب شده و عدد ریسک آن‌ها به همراه عدد ریسک سایر آلاینده‌ها به عنوان ورودی روش AHP استفاده گردید.

پس از ارزیابی و وزن‌دهی معیارها و ارزیابی ریسک آلاینده‌ها، ارزیابی بحران‌ها بر اساس معیارهای ۵ گانه بررسی شد. نتایج نهایی روش ترکیبی AHP و ویلیام-فاین نشان داد که ریزگردها، آلودگی هوا و آلودگی بصری ۳ اولویت اول کلان‌شهر اصفهان هستند. نتایج پژوهش مشخص می‌کند که بحران‌های زیست‌محیطی، ریزگرد، آلودگی هوا، آلودگی بصری، آلودگی آب غیرشرب، آلودگی خاک، آلودگی صوتی و آلودگی نوری به ترتیب با وزن ۰/۲۸۲، ۰/۲۵۸، ۰/۱۳۵، ۰/۱۰۵، ۰/۰۸۴، ۰/۰۷۳ و ۰/۰۶۳ بیشترین تاثیر را بر محیط زیست کلان شهر اصفهان دارند. نتایج استفاده از روش ساده فرایند سلسله مراتبی نشان داد که آلودگی نوری، آلودگی بصری و آلودگی خاک به ترتیب دارای اولویت ۱ تا ۳

1- Consistency index

2- Consistency ratio

هستند که ضمن تفاوت با روش ترکیبی مورد استفاده در این تحقیق، از نظر کارشناسی نتیجه قابل اعتمادی نیست. تحلیل نتایج روش ترکیبی AHP- ویلیام فاین با روش AHP نشان می‌دهد که ریسک بالای آلاینده‌های شیمیایی هوا و ریزگرد به ترتیب با اعداد نرمال شده ۰/۴۹۳ و ۰/۲۹۶ موجب ارتقای اولویت آلاینده‌های مذکور در رتبه‌بندی گردیده است. این در حالی است که در روش AHP ساده، بدون که از مقایسه دوتایی خطی استفاده می‌کند، این ۲ نوع آلودگی که هر ساله جان بسیاری از انسان‌ها را می‌گیرد در اولویت پایین تری قرار گرفته است. روش ویلیام-فاین با استفاده از ضرب نمودن اثرات و احتمالات اثر بر انسان مطابق با جداول مقایسه‌ای غیرخطی، موجب می‌گردد تا اثر ریسکی ۲ آلاینده شیمیایی هوا و ریزگرد، اثر واقعی خود را به عنوان ورودی روش AHP داشته باشد. به بیان دیگر، وجه تمایز ورودی‌های روش AHP ساده و AHP- ویلیام فاین در بررسی مقایسه‌ای غیرخطی روش ویلیام-فاین از آن است که بر وزن اهمیت آلاینده‌ها تاثیر می‌گذارد.

با توجه به موارد فوق الذکر، ترکیب روش AHP با یک روش ارزیابی ریسک مطمئن می‌تواند موجب حصول نتایج مناسب‌تری گردد.

از آنجایی که تاکنون مطالعه‌ای مشابه در کلانشهر اصفهان بر روی بحران‌های زیست محیطی انجام نشده و همچنین روش ترکیبی AHP و ویلیام-فاین تاکنون مورد استفاده قرار نگرفته است، امکان مقایسه نتایج این پژوهش با سایر تحقیق‌ها میسر نشد. از این رو نتایج روش ترکیبی مورد استفاده با روش AHP ساده منتج از تحقیق ۲۳ کارشناس همکار همین پژوهش مقایسه گردید.

مقایسه نتایج این پژوهش با سایر پژوهش‌ها در شهرها و مناطق مختلف نشان می‌دهد که در هیچیک از پژوهش‌های ذکر شده، اثرات انسانی آلاینده‌ها به عنوان مهمترین دلیل تحلیل آلودگی‌ها مد نظر قرار نگرفته و از روش اختصاصی برای ارزیابی آن و ترکیب با روش AHP استفاده نشده است.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق، اولویت‌بندی بحران‌های منتج از آلاینده‌های زیست محیطی متنوع اعم از آلودگی‌های هوا، صوتی، بصری، نوری، خاک و آب غیرشرب در کلانشهر اصفهان از منظر اثر بر سلامت عمومی، محیط کار، محیط زیست گیاهی و جانوری، اثرات اجتماعی و اقتصاد گردشگری با روش ترکیبی AHP و ویلیام-فاین مورد بررسی قرار گرفتند. توجه به نقش محوری سلامت عمومی در ارزیابی پیامدهای زیست محیطی با یک روش ترکیبی، نوآوری‌های این تحقیق است. آلاینده‌های مورد بررسی از جمله آلودگی‌های زیست محیطی هستند که طی پژوهش‌های متعدد در کلانشهرها به عنوان یک آلودگی مهم مورد توجه قرار گرفته‌اند، اما کمتر تحقیقی به اولویت‌بندی این آلودگی‌ها پرداخته است. این اولویت‌بندی به سبب ارزیابی چند شاخصه و تعیین وزن اهمیت هر یک از پارامترهای مورد بررسی دارای اهمیت فراوان در تصمیم‌سازی شهری است.

پس از مقایسه دوتایی هر یک از آلاینده‌های محیط زیستی بر اساس معیارهای ۵ گانه با استفاده از روش AHP و وارد نمودن ریسک سلامتی هر یک از آلاینده‌ها با استفاده از روش ویلیام- فاین به ترتیب بحران‌های ریزگرد، آلودگی هوا، آلودگی بصری، آلودگی آب غیرشرب، آلودگی خاک، آلودگی صوتی و آلودگی نوری دارای اولویت ۱ تا ۷ شدند. این اولویت‌بندی بدین مفهوم است که آلاینده‌های با اولویت بالاتر از منظر اثر بر سلامت عمومی، محیط کار، محیط-زیست گیاهی و جانوری، اثرات اجتماعی و اقتصاد گردشگری تبعات بیشتری داشته و باید بیشتر مورد توجه قرار گیرند. در حالی که با استفاده از روش AHP ساده اولویت‌های دیگری به عنوان ۳ اولویت اول بحران‌های زیست-محیطی تعیین گردید. اولویت‌بندی ارائه شده در این تحقیق در سایر کلان‌شهرهای کشور می‌تواند متفاوت باشد اما روش ترکیبی پیشنهاد شده در این تحقیق برای ارزیابی بحران‌های سایر کلان‌شهرها نیز قابل استفاده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از یک روش مطمئن با توجه به نقش محوری سلامت عمومی می‌تواند بحران‌های زیست محیطی را بهتر ارزیابی کند.

## منابع

- جوزی سیدعلی، فیروزه‌ای مریم، (۱۳۹۲)، تجزیه و تحلیل اثرات زیست محیطی کشتارگاه تهران به روش تلفیقی چک لیست سنجشی هم‌طرزی و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۶، شماره ۱، صص ۲۳-۳۶
- خسروی دهکردی اردشیر، افیونی مجید، موسوی سیدفرهاد، (۱۳۸۵) بررسی تغییرات غلظت نیترات آب های زیر زمینی حاشیه زاینده رود در استان اصفهان، مجله محیط شناسی، دوره ۳۲، شماره ۳۹، صص ۳۳-۴۰
- صادقلو طاهره، جوهری لیلا، (۱۳۹۶) سنجش عملکرد مؤلفه‌های آسایش بصری در ارتقای کیفیت محیط شهر با استفاده از تکنیک وایکور (مطالعه موردی: کلان‌شهر مشهد)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۴۹، شماره ۱، صص ۱۶۷-۱۸۳
- صباحی عبدالرضا، حسینی شریف آباد محمد، صالحی رسول، (۱۳۸۴)، بررسی اثرات آلودگی صوتی بر تعداد ضربان قلب و درجه حرارت بدن، مجله دانشکده پزشکی اصفهان، دوره ۲۳، شماره ۷۸، صص ۱۷-۲۱
- کاوین آهنگر راحیل، سپهر عادل (۲۰۱۳) رتبه بندی مناطق شهری کلانشهر مشهد بر پایه شاخص های محیط زیستی و الگوریتم Entropy-AHP، سومین کنفرانس بین المللی مدیریت و برنامه ریزی محیط زیست، تهران پنجم آذرماه ۱۳۹۲
- کیانی غلامحسین، یاری فاطمه، امیری هادی، (۱۳۹۳) برآورد هزینه‌های مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا در اصفهان، مجله محیط شناسی، دوره ۴۰، شماره ۱، صص ۲۴۷-۲۵۴
- گراوندی سحر، زلفی الهه، گودرزی غلامرضا، محمدی محمدجواد، بابایی علی اکبر، یاری احمدرضا، نورزاده حداد مهدی، (۱۳۹۴) مواجهه با ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون و تاثیر آن در بروز بیماری های تنفسی و قلبی- عروقی در هوای شهر اصفهان، تحقیقات نظام سلامت، دوره ۱۱، شماره ۴، صص ۷۲۵-۷۳۰
- محمدی ده چشمه مصطفی، فیروزی محمد علی، سعیدی جعفر (۲۰۱۵) ارزیابی شاخص‌های ناپایداری زیست محیطی با تأکید بر آلودگی آب، آلودگی خاک و آلودگی صدا با استفاده از روش سلسله مراتبی (AHP) در کلانشهر اهواز. انسان و محیط زیست. مجله محیط شناسی، دوره ۴۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، صص ۴۴۷-۴۶۴
- محمدیاریان محترم، مفیدی عباس، مکرم لیلا (۲۰۱۳) استفاده از شاخص SPI در پهنه بندی خشکسالی ها و ترسالی های شمال شرق ایران با روش AHP در محیط GIS، کنفرانس ملی چالش های سازگاری با تغییر اقلیم و راهکارهای کاهش آثار سوء آن، مشهد، دوم مهرماه ۱۳۹۲

- Al Maliki, A., Owen, G. and Bruce, D. (2012). Combining AHP and TOPSIS approaches to support site selection for a lead pollution study, IACSIT Press. pp170-184
- Aminbakhsh, S., M. Gunduz, and R. Sonmez. (2013). Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects. *Journal of safety research*, volume 46, number 1, pp. 99-105.
- Huang, I. B., J. Keisler, and I. Linkov. (2011). Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: ten years of applications and trends. *Science of the total environment*, volume 409, number 19, pp. 3578-3594.
- Kang, Y., and J. Li. (2010). Green rationality evaluation of degradable packaging based on LCA and fuzzy AHP. Paper read at Industrial Engineering and Engineering Management (IE&EM), (2010) IEEE 17Th International Conference on.
- Kavurmaci, M., and A. K. Üstün. (2016). Assessment of groundwater quality using DEA and AHP: a case study in the Sereflikochisar region in Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, volume 188, number 4, pp. 1-13.
- Khan, F. I., and R. Sadiq. (2005). Risk-based prioritization of air pollution monitoring using fuzzy synthetic evaluation technique. *Environmental monitoring and assessment*, volume 105, number 1, pp. 261-283.
- Kiker, G. A., T. S. Bridges, A. Varghese, T. P. Seager, and I. Linkov. (2005). Application of multicriteria decision analysis in environmental decision making. *Integrated environmental assessment and management*, volume 1, number 2, pp. 95-108.
- Khorasani, M., Cheraghi, K., Nadafi M., and Karami, N. (2002) Survey and comparison of Tehran and Isfahan air quality in 2000 and representation of Improvement Methods. *Journal of natural resources*, volume 55, pp. 559-568.
- Li, J., and P. X. Zou. (2011). Fuzzy AHP-based risk assessment methodology for PPP projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, volume 137, number 12, pp. 1205-1209.
- Li, R.-z., J.-q. Wang, and J.-z. Qian. (2005). Delphi-AHP method for allocation of waste loads in a region. *Journal of Harbin Institute of Technology*, volume 1, pp. 1-11.
- Manabi, R., J. Salahshou, and A. A. Dezfouli. (2013). Risk Assessment Using AHP in a Petrochemical Engineering Case Study. *International Journal of Risk and Contingency Management*, volume 2, number 2, pp. 42-57.
- Moeinaddini, M., N. Khorasani, A. Danehkar, and A. A. Darvishsefat. (2010). Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj). *Waste Management*, volume 30, number 5, pp. 912-920.
- Mustafa, M. A., and J. F. Al-Bahar. (1991). Project risk assessment using the analytic hierarchy process. *IEEE transactions on engineering management*, volume 38, number 1, pp. 46-52.
- Nouri, J., Omidvari, M. and Tehrani, S. M. (2010). Risk Assessment and Crisis Management in Gas Stations, *International Journal of Environmental Research*, 4(1):143-152
- Pohekar, S., and M. Ramachandran. (2004). Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—a review. *Renewable and sustainable energy reviews*, volume 8, number 4, pp. 365-381.
- Roohi, P., E. Fatehifar, and R. Alizadeh (2016). Rapid degradation of contaminated soil with 2-methylpropane-2-thiol by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/KMnO<sub>4</sub>/NaClO system: process modeling and optimization, *Asia-pacific journal of chemical engineering*, volume 17, number 5, pp. 743-756.
- Roohi, P., E. Fatehifar, and R. Alizadeh (2015). Mathematical modeling and optimization of sonication remediation of soil polluted with 2-methylpropane-2-thiol, *Advances in environmental technology*, volume 1, pp. 137-146.
- Saaty, T. L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Sener, E., and A. Davraz. (2013). Assessment of groundwater vulnerability based on a modified DRASTIC model, GIS and an analytic hierarchy process (AHP) method: the case of Egirdir Lake basin (Isparta, Turkey). *Hydrogeology Journal*, volume 21, number 3, pp. 701-714.
- Şener, Ş., E. Sener, and R. Karagüzel. (2011). Solid waste disposal site selection with GIS and AHP methodology: a case study in Senirkent–Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, volume 173, number 1, pp. 533-554.
- Tirkey, P., A. Gorai, and J. Iqbal. (2013). AHP-GIS-based DRASTIC model for groundwater vulnerability to pollution assessment: a case study of Hazaribag district, Jharkhand, India. *International Journal of Environmental Protection*, volume 3, number 9, pp. 1-20.

- Topuz, E., I. Talinli, and E. Aydin. (2011). Integration of environmental and human health risk assessment for industries using hazardous materials: a quantitative multi-criteria approach for environmental decision makers. *Environment International*, volume 37, number 2, pp. 393-403.
- Wang, X., H. K. Chan, R. W. Yee, and I. Diaz-Rainey. (2012). A two-stage fuzzy-AHP model for risk assessment of implementing green initiatives in the fashion supply chain. *International Journal of Production Economics*, volume 135, number 2, pp. 595-606.
- Wang, X., X. Zhong, S. Liu, J. Liu, Z. Wang, and M. Li. (2008). Regional assessment of environmental vulnerability in the Tibetan Plateau: Development and application of a new method. *Journal of Arid environments*, volume 72, number 10, pp. 1929-1939.
- Xiong, Y., Zeng, G., Chen, G., Tang, L., Wang, K., Huang, D. (2007). Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality—A case study of Hunan Province, China, *Ecological Modelling*, volume 209, pp. 97–109
- Ying, X., G.-M. Zeng, G.-Q. Chen, L. Tang, K.-L. Wang, and D.-Y. Huang. (2007). Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality—a case study of Hunan Province, China. *Ecological Modelling*, volume 209, number 2, pp. 97-109.
- Zayed, T., M. Amer, and J. Pan. (2008). Assessing risk and uncertainty inherent in Chinese highway projects using AHP. *International Journal of Project Management*, volume 26, number 4, pp. 408-419.

## Assessment and ranking of environmental pollution effects on the population centers(case study: Isfahan metropolis)

Mohsen Saghaei\*<sup>1</sup>, Sahin Moshrefjavadei<sup>2</sup>

Received: 17-12-2017

Accepted: 03-06-2018

### Abstract

The emergence of environmental crises has always been a global concern. This concern becomes more acute when such crises affect large metropolitan areas. The purpose of this research is to evaluate and prioritize the consequences of the crisis of soil pollution, water pollution, air pollution including chemical and particulate matter pollution, as well as noise, optical and visual pollution of Isfahan city. Therefore, using environmental data (e.g. particulate matters, air pollution, visual contamination, non-drinking water contamination, soil contamination, and noise pollution and light pollution) related to the years 2016-2017 and employing the hierarchical process models as well as the William-Fine method, the impacts of environmental crises on the metropolitan area of Isfahan have been reviewed. The results of the research indicate that environmental crises of air pollution, visual contamination, non-polluting water pollution, soil contamination, noise pollution, and optical pollution with the alternative weights of 0.228, 0.258, 0.135, and 0.105, 0.084, 0.073 and 0.063 have the greatest impact on the metropolitan environment of Isfahan, respectively. Comparison of these results with the results of the simple hierarchical process method showed different ranking in the environmental crises. Simple hierarchical process method showed that optical pollution, visual contamination, and soil contamination have a priority of 1 to 3 which was unreliable due to the expertise.

**Keywords:** Environmental pollution assessment, Analytic hierarchy, Risk assessment, AHP Model, William Fine Model.

<sup>1</sup>\*- Assistant Professor of Geography and Urban Planning Payam Noor University of Isfahan, Iran

<sup>2</sup>- M.A Student of Geography and Urban Spatial Payam Noor University of Vazvan, Iran

Email: saghaei@isfpu.ac.ir