

نقشه آسیب پذیری و تحلیل ریسک طوفان های گردوغبار: موردی شهر اهواز

علی درویشی بلورانی^{۱*}، سامان نادی زاده شوراب^۲، نجمه نیسانی سامانی^۳، عباس استاد تقی زاده^۴

۱- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران، (ali.darvishi@ut.ac.ir)

۲- دانشجوی دکترای گروه سنجش از دور و GIS دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران، (saman.nadizadeh@ut.ac.ir)

۳- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران، (nneysani@ut.ac.ir)

۴- استادیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی دانشگاه تهران، (a-ostadtaghizadeh@sina.tums.ac.ir)

چکیده

با توجه به گسترش وسیع مکانی و زمانی پدیده گرد و غبار طی دو دهه اخیر و نیز محدودیت منابع در دسترس برای کاهش اثرات این پدیده مخاطره آمیز، ضرورت بررسی آسیب پذیری مناطق مختلف شهری در برابر این پدیده بیش از پیش احساس می شود. هدف این پژوهش، بررسی آسیب پذیری مناطق مختلف شهر اهواز در برابر طوفان های گرد و غبار با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره با درجات ریسک مختلف می باشد. در این پژوهش، با بررسی منابع موجود و نظر متخصصان، آسیب پذیری نسبت به طوفان های گردوغبار به عنوان تابعی از سه مولفه اصلی شامل حساسیت، در معرض قرار گرفتن و ظرفیت سازگاری تعریف گردید. به منظور مدلسازی مکانی، هر مولفه بصورت مجموعه ای شاخص های قابل اندازه گیری تعریف گردید. در نهایت این شاخص بصورت لایه های GIS در فرایند مدلسازی برای تهیه نقشه آسیب پذیری بکار برده شدند. برای تعیین وزن هر یک از معیارها از روش وزن دهی فرایند سلسله مراتبی و برای استانداردسازی معیارها از روش های کمترین و بیشترین استفاده شد. سپس بر مبنای مدل میانگین وزنی مرتب شده، آسیب پذیری شهر اهواز ناشی از گرد و غبار در درجات ریسک مختلف مدلسازی شد. نتایج پژوهش نشان می دهد که با کاهش درجه خوشبینی مساحت منطقه با آسیب پذیری بالا کاهش می یابد به صورتی که مساحت مناطق آسیب پذیر در حالات خیلی خوشبینانه، خوشبینانه، بینابین، بدبینانه و خیلی بدبینانه به ترتیب ۵۸۵۳، ۵۰۰۲، ۴۴۳۳، ۲۱۲۹ و ۹۷۳ هکتار از کل مساحت مناطق شهری شهر اهواز می باشد. نتایج پژوهش حاضر می تواند برای مدیریت و برنامه ریزی مدیریت ریسک و نیز تخصیص منابع اعم از مالی و پزشکی و خدماتی در طرح های مرتبط با کاهش آسیب پذیری ناشی از گرد و غبار کارایی داشته باشد.

واژه های کلیدی:

آسیب پذیری ناشی از طوفان های گردوغبار، GIS، AHP، OWA

۱- مقدمه

همه ساله در ایران پدیده های مخاطره آمیز طبیعی فراوانی رخ می دهد که باعث خسارات و تلفات زیادی از جنبه های مختلف اقتصادی، اجتماعی، سلامتی و زیست محیطی می گردد. ذرات معلق^۱ (PM) اثرات مخربی بر سلامت انسان، محیط زیست و اقتصاد دارد. این آلاینده ممکن است از منابع انسانی یا طبیعی منتشر شود (Ashrafi et al, 2014). طوفان های گرد و غبار، حجم قابل توجهی از PM را تولید می کنند و معمولاً در مناطق خشک، نیمه خشک یا مناطق بیابانی رخ می دهند و در درجه اول ناشی از پوشش گیاهی کم و بادهای سطحی قوی است، که به عنوان رخداد های گرد و غبار (Dust event) تعریف شده است (Kurosaki and Mikami, 2003; Wang et al., 2005). گرد و غبار مقادیر زیادی از آئروسول ها را در مقایس بزرگ جابه جا می کند، در نتیجه جمعیت و اکوسیستم های را تحت تاثیر قرار می دهد (Goudarzi et al., 2014). طوفان های گرد و غبار به علت وسعت زیاد در یک یا چند کشور به طور همزمان تعداد زیادی از انسان ها و سایر جانداران را در معرض خطر قرار می دهد. اثرات سوء بهداشتی کوتاه و بلندمدت ناشی از قرار گرفتن در

¹ Particulate matter

معرض PM، از مرگ زودرس ناشی از بیماری‌های قلبی و ریوی تا بدتر شدن شرایط آسم را شامل می‌شود (Fang et al, 2006; Wang et al, 2013). این پدیده همچنین اثرات مخربی بر سایر جانداران دارد. به عنوان نمونه می‌توان به از دست دادن تنوع زیستی (Batjargal et al, 2006)، افزایش فیتوپلانکتون‌ها و افزایش انتشار دیتمیل سولفید^۲ توسط آنها که منجر به تغییرات اقلیمی می‌شود (Zhuang et al, 2001)، کاهش میزان تولید کشاورزی، از دست دادن بافت گیاه، کاهش فعالیت فتوسنتزی و کاهش بهره‌وری دام دارد (Stefanski & Sivakumar, 2009) و تغییرات احتمالی در فنولوژی گیاهان اشاره نمود.

در سال‌های اخیر، طوفان‌های گرد و غبار از کشورهای عراق، سوریه، کویت و عربستان باعث افزایش مشکلات محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی در ایران شده است، که از جمله می‌توان به مناطق غربی و مرکزی ایران اشاره نمود (De Longueville et al., 2010). اهواز یکی از شهرهای مهم ایران است که بطور پیوسته طی دو دهه اخیر تحت تاثیر گرد و غبار از کشورهای عراق، کویت و عربستان سعودی و نیز خود ایران می‌باشد. طی دو دهه اخیر، به ویژه از سال ۲۰۰۴، شهر اهواز تحت تاثیر اثرات گرد و غبار قرار گرفته است که مشکلات سلامتی، زیست محیطی و اقتصادی فراوانی را باعث شده است (Shahsavani et al., 2012). به عنوان یکی از مهمترین رویدادهای گرد و غباری در شهر اهواز می‌توان به تابستان سال ۲۰۰۸ اشاره نمود، که باعث بسته شدن مراکز صنعتی و آموزشی، بستری شدن در بیمارستان (بیماران قلبی و عروقی و تنفسی)، لغو پرواز و دید کم گردید (Zarasvandi et al., 2011; Shahsavani et al., 2012; Heidari et al., 2013). (Farsani, 2013).

آسیب‌پذیری یک مفهوم تجمعی شامل تحلیل پاسخ‌های دوگانه اقتصادی-اجتماعی به تغییرات محیط زیستی است. برخی دانشمندان آسیب‌پذیری را اینگونه تعریف مینمایند: «حساسیت یک سیستم که با قرار گرفتن در معرض تغییرات زیست محیطی و اجتماعی، به دلیل فقدان ظرفیت برای سازگاری، آسیب می‌بیند». بنابراین افراد یا سیستم‌ها با درجات مختلفی از این پدیده آسیب می‌بینند. آسیب‌پذیری جهت تعیین قابلیت افراد یا یک سیستم برای پیش‌بینی، مقاومت، کنار آمدن و بازیابی توان افراد آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات تعریف و از دو بعد قابل بررسی است. بعد بیرونی شامل در معرض خطر قرار گرفتن و بعد درونی بر ناتوانی مقابله و کم بودن ظرفیت برای بازسازی مجدد تاکید میکند. با توجه به اینکه برای تعیین آسیب‌پذیری مناطق مختلف معیارهای زیادی می‌توانند تاثیر داشته باشند، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند در تهیه نقشه آسیب‌پذیری مناطق مختلف شهری ناشی از پدیده‌های طبیعی کاربرد موثر و فراوانی داشته باشد. همچنین GIS به عنوان یک ابزار قدرتمند قادر به ذخیره سازی و تجزیه و تحلیل معیارهای موثر می‌تواند برای مدلسازی آسیب‌پذیری مناطق مختلف ناشی از پدیده‌های مخاطره‌آمیز طبیعی مفید باشد (Roy et al., 2001; Rashed and Weeks, 2003; Rahman et al., 2015; Sowmya et al., 2015; Abebe et al., 2018). مطالعات مختلفی جهت بررسی آسیب‌پذیری مناطق مختلف ناشی از پدیده‌های طبیعی و غیر طبیعی با استفاده از مجموعه داده‌های GIS و مدل‌های مکانی انجام شده است. به عنوان مثال می‌توان به تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری ناشی از تغییرات اقلیمی (Okey et al., 2015; Dunford et al., 2015; Fraser et al., 2013)، منابع آب (Moradi et al., 2017; Ruitter et al., 2017; Hamouda et al., 2009; Jun et al., 2011; Xia et al., 2012)، زلزله (Kishore and Thampan, 2017)، ساحل (Islam et al., 2016; Maanan et al., 2018; Kantamaneni et al., 2018)، سیلاب (Sowmya et al., 2017; Keshavarz et al., 2017; McQuaid et al., 2018; Sujakhu et al., 2015; Lee et al., 2017; Gaňová et al., 2017)، معیشت (et al., 2015)، خشکسالی (Murthy et al., 2015; Brown et al., 2016; Pei et al., 2016)، زمین لغزش (Michael and Samanta, 2016)، (Abdulwahid and Pradhan, 2017) اشاره نمود.

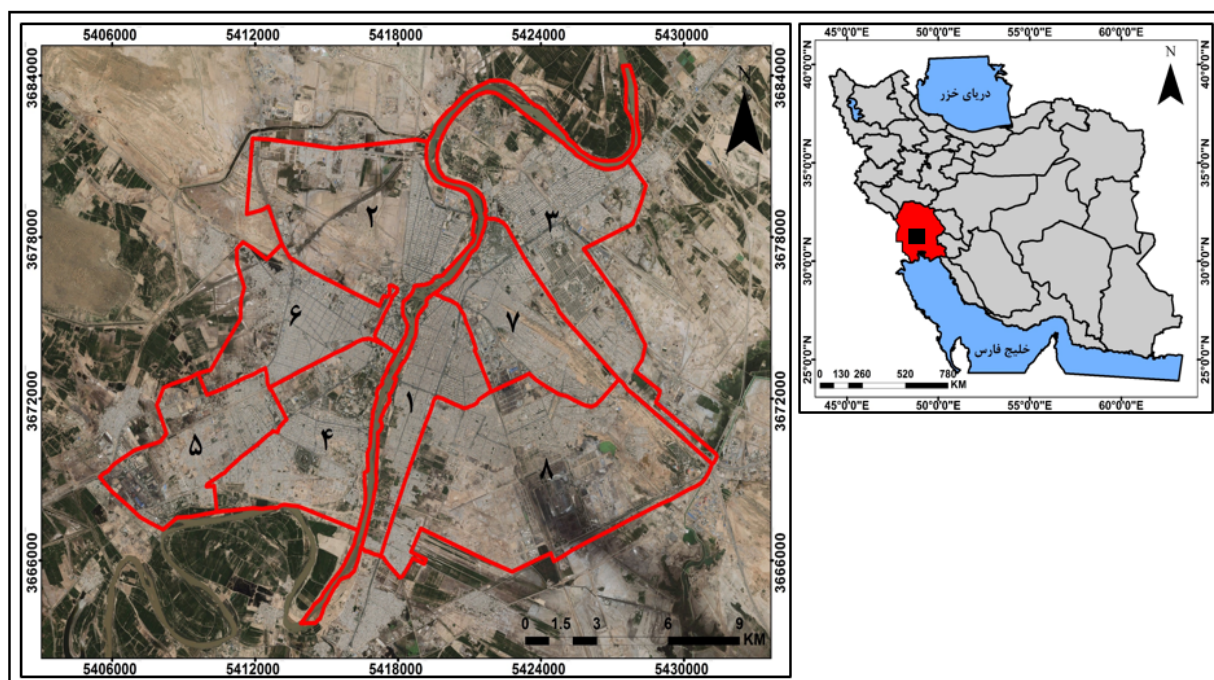
علی‌رغم اینکه تحقیقات زیادی در زمینه تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات محیطی انجام شده است، ولی آسیب‌پذیری ناشی از طوفان‌های گرد و غبار تاکنون مورد تحقیق قرار نگرفته است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر پرکردن خلاء پژوهشی درمورد تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری ناشی از گرد و غبار برای مناطق شهری است و اهواز به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است. وجه تمایز مطالعه حاضر با مطالعات گذشته، (۱) مدلسازی آسیب‌پذیری ناشی از گرد و غبار و (۲) لحاظ کردن مفهوم ریسک در تصمیم‌گیری برای تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری ناشی از گرد و غبار با به کارگیری مدل OWA می‌باشد.

² dimethyl sulfide (DMS)

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲- منطقه مورد مطالعه

اهواز مرکز شهرستان اهواز و استان خوزستان، وسیع‌ترین شهر استان محسوب می‌شود. این شهر در موقعیت ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته و با ۲۲۰ کیلومتر مربع مساحت هفتمین کلان‌شهر ایران و جمعیت آن ۱,۱ میلیون نفر می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه اهواز طی دوره ۳۰ ساله ۲۰۸ میلی‌متر، حداکثر درجه حرارت ۴۷ درجه در مرداد و حداقل ۱- درجه در دی ماه گزارش شده و براساس طبقه‌بندی دمارتن که متکی به دو متغیر میانگین بارندگی و دما است شهرستان اهواز در گروه اقلیم خشک قرار گرفته است (<http://khuzestanmet.ir>). این شهر به دلیل وجود کارخانجات صنعتی و پالایشگاه نفت از آلودگی بالایی برخوردار بوده و همچنین مشکلات زیست محیطی مانند زیرساخت‌های قدیمی، نقص در سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب، افزایش شوری در شبکه توزیع آب و آلودگی هوا را دارا می‌باشد. اخیراً طوفان‌های گرد و غبار در جنوب غربی ایران یک منبع آلودگی هوا را به این شهر اضافه نموده است، که مشکلات زیست محیطی این شهر را چند برابر کرده است. تعداد طوفان‌های گرد و غبار در سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۶، ۲۰۰۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ به ترتیب ۲۹، ۳۳، ۵۵، ۴۵ و ۱۷ بوده است. در برخی موارد تداوم آن به ۴۸ تا ۷۲ ساعت رسیده است (Soleimani et al., 2013). شکل (۱) موقعیت محدوده مورد مطالعاتی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه در کشور و استان خوزستان، به تفکیک مناطق ۸ گانه شهر اهواز

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری شهر اهواز ناشی از SDS، داده‌های جمعیتی شامل جمعیت مرد و زن، جمعیت ۰ تا ۴ سال، جمعیت ۶۵ ساله و بیشتر، دانش‌آموزان دوره ابتدایی و راهنمایی و باسوادان مناطق شهرداری و اداره ثبت شهر اهواز تهیه شده است. همچنین موقعیت جغرافیایی مراکز درمانی، مراکز خرید، کانون‌های گرد و غبار، خیابان‌ها، پارک‌ها و سرانه فضای سبز، کاربری اراضی، سن و تعداد طبقات ساختمان‌ها از نقشه‌های شهری اهواز تهیه شده است. برای تهیه نقشه سرانه فضای سبز و دمای سطح زمین از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ برای سال ۱۳۹۶ استفاده شده است. میزان PM_{2.5} به عنوان شاخصی از میزان غلظت ذرات با استفاده از اطلاعات ایستگاههای غلظت سنجی تهیه شده است.

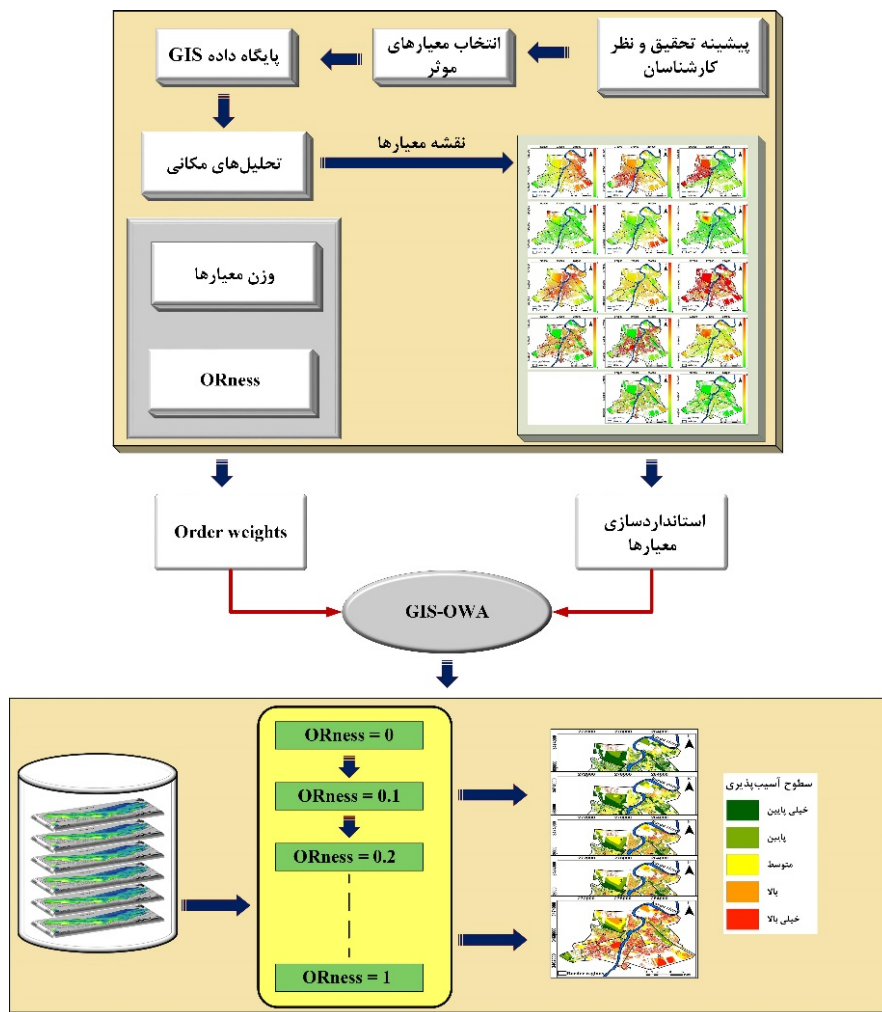
۲-۳- روش تحقیق

همانطور که در شکل (۲) نشان داده شده است، مدل سازی آسیب پذیری ناشی از طوفان های گرد و غبار در ۳ گام اصلی انجام شده است.

گام اول، انجام آنالیز مکانی برای تهیه شاخص مربوط به مولفه های اصلی آسیب پذیری، شامل: "در معرض قرار گرفتن"، "حساسیت" و "ظرفیت سازگاری". این داده ها جهت تعیین میزان آسیب پذیری ناشی از طوفان های گرد و غبار در قالب لایه های اطلاعاتی و بصورت نقشه های GIS تهیه شده است. بنابراین لایه های GIS برای مدل سازی مکانی شاخص های مربوط به مولفه های آسیب پذیری به کار رفته اند. روش استاندارد سازی بیشترین و کمترین جهت هم مقیاس نمودن و قابل تحلیل کردن لایه های GIS به کار برده شدند.

گام دوم، با استفاده از نظرات کارشناسان و با بکارگیری روش وزن دهی AHP وزن هر یک از لایه ها، شاخص، و مولفه ها محاسبه گردید.

گام سوم، با تلفیق نقشه های سه مولفه اصلی: معرض قرار گرفتن، حساسیت و ظرفیت سازگاری نقشه های آسیب پذیری ناشی از طوفان های گرد و غبار برای شهر اهواز در درجات ریسک مختلف تهیه شده است.



شکل ۲- مراحل اصلی انجام پژوهش

۲-۳-۱- روش AHP^۴ و OWA^۳

در این پژوهش، دو روش برای ارزیابی چندمعیاره در GIS بکار گرفته شده است: فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و میانگین گیری وزنی مرتب شده (OWA). این دو روش در یک سطح اجرا نمی شوند. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یک ابزار کلی برای ایجاد مدل سلسله مراتبی مسایل تصمیم گیری مکانی، پردازش کلی فرآیند و ارزیابی هر کدام از فرایندها است. فرآیند ارزیابی در تحلیل سلسله مراتبی از یک ترکیب خطی وزن دار ساده برای محاسبه مقادیر هر کدام از سلول های رستری استفاده می کند. عملگر OWA نیز چارچوب لازم انجام پردازش هایی مانند AHP فراهم می آورد. ماهیت و ساختار این دو الگوریتم به گونه ای است که از ترکیب آن ها می توان برای ایجاد یک ابزار تصمیم گیری مکانی قدرتمند بهره برد. برای رسیدن به این چارچوب فرض بر این است که در مرحله اول AHP ساختار سلسله مراتبی و وزندهی نسبی اهداف با استفاده از مقایسه های زوجی را فراهم می شود. از این مرحله به بعد مسئله با کمیت سنج های هدایت شده OWA پردازش می شود. مقادیر کلی مربوط به هر سلول نام در دو مرحله قابل محاسبه خواهد بود؛ ابتدا مقادیر هر سلول با در نظر گرفتن هر کدام از اهداف با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می شود (Malczewski, 1996):

$$s = \sum_{k=1}^l v_{k(q)} \cdot Z_{ik(q)} \quad (1)$$

for all $i = 1, 2, \dots, m$ and $q = 1, 2, \dots, p$

$$v_{k(q)} = \left(\sum_{k=1}^l u_{k(q)} \right)^{\alpha(q)} - \left(\sum_{k=1}^{l-1} u_{k(q)} \right)^{\alpha(q)}$$

که در آن، $Z_{ik(q)}$ با مرتب سازی دوباره مقادیر معیارهای مربوط به هدف q ام، $x_{ik(q)}$ به دست می آید و $u_{ik(q)}$ نیز برابر است با وزن ترتیبی معیار k ام برای هدف q ام. $\alpha(q)$ نیز مشخصه کمیت سنج مفهومی مربوط به هدف q ام است. با داشتن مقادیر هر کدام از سلول ها برای هر کدام از اهداف (S_{iq})، مقدار کلی سلول i ام را می توان از رابطه (۲) محاسبه کرد (Malczewski, 2015):

$$AHP - OWA_{(i)} = \sum_{q=1}^p v_q Z_{iq}, \quad \text{for all } i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$v = \left(\sum_{q=1}^p u_q \right)^{\alpha_q} - \left(\sum_{q=1}^{p-1} u_q \right)^{\alpha_q}$$

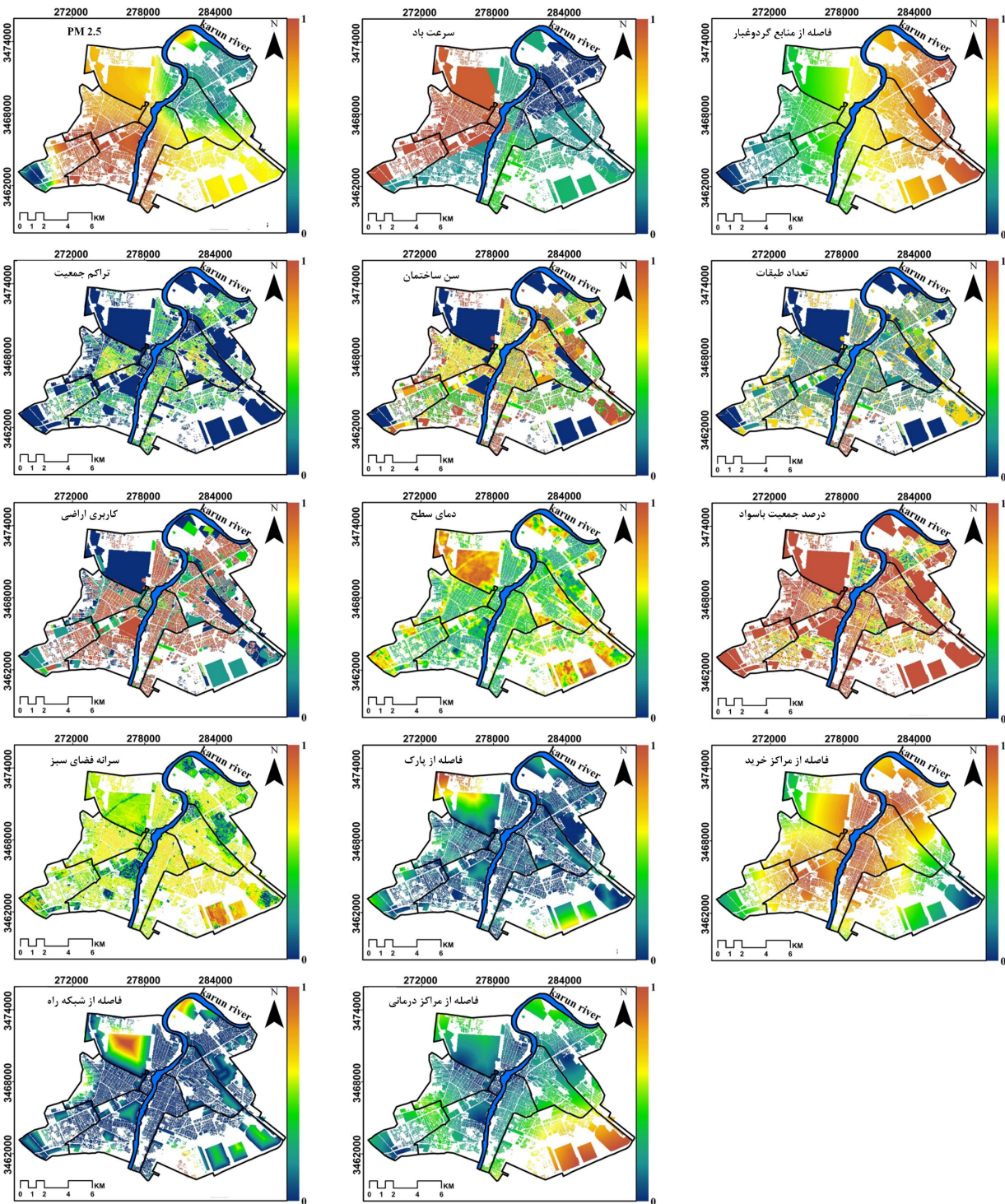
که در آن، Z_{iq} با مرتب سازی دوباره مقادیر گزینه ها در سطح اهداف S_{iq} به دست می آید و u_q نیز وزن مرتب شده هدف q ام است. α_q نیز مشخصه متصل به کمیت سنج مفهومی مربوط به هدف کلی مسئله تصمیم گیری مکانی است.

۳- نتایج و بحث

با استفاده از نظر کارشناسان متخصص در حوزه گردوغبار، بهداشت و سلامت، محیط زیست، سنجش از دور و GIS و مدیران شهری، تاثیرگذارترین (بهترین) و کم اثرترین (بدترین) معیار و وزن معیارها تعیین شدند. منظور از تاثیرگذارترین معیار، معیاری است که در تصمیم گیری اهمیت بیشتری نسبت به بقیه معیارها دارد و کم اثرترین معیار، معیاری است که اهمیت کمتری نسبت به دیگر معیارها دارد. برای به دست آوردن وزن معیارها از روش میانگین هندسی استفاده شده است. در نهایت با استفاده از وزن های استخراج شده از روش میانگین هندسی برای تولید نقشه نهایی استفاده شده است. باتوجه به نظر کارشناسان برای مولفه های حساسیت، در معرض قرار گرفتن و ظرفیت سازگاری بهترین معیارها (بالاترین وزن و اهمیت) به ترتیب تراکم جمعیت، PM 2.5، فاصله از مراکز درمانی و بدترین معیارها (کمترین وزن و اهمیت) به ترتیب دما سطح، سرعت باد و فاصله از خیابان های اصلی انتخاب شدند. شکل (۳) نقشه معیارهای مورد استفاده در این مطالعه جهت تهیه نقشه آسیب پذیری را نشان می دهد. مقادیر معیارها بین ۰ تا ۱ می باشند. بصورتیکه هر چقدر مقدار به سمت ۱ نزدیکتر باشد درجه آسیب پذیری افزایش می یابد.

³ . Ordered Weighted Averaging (OWA)

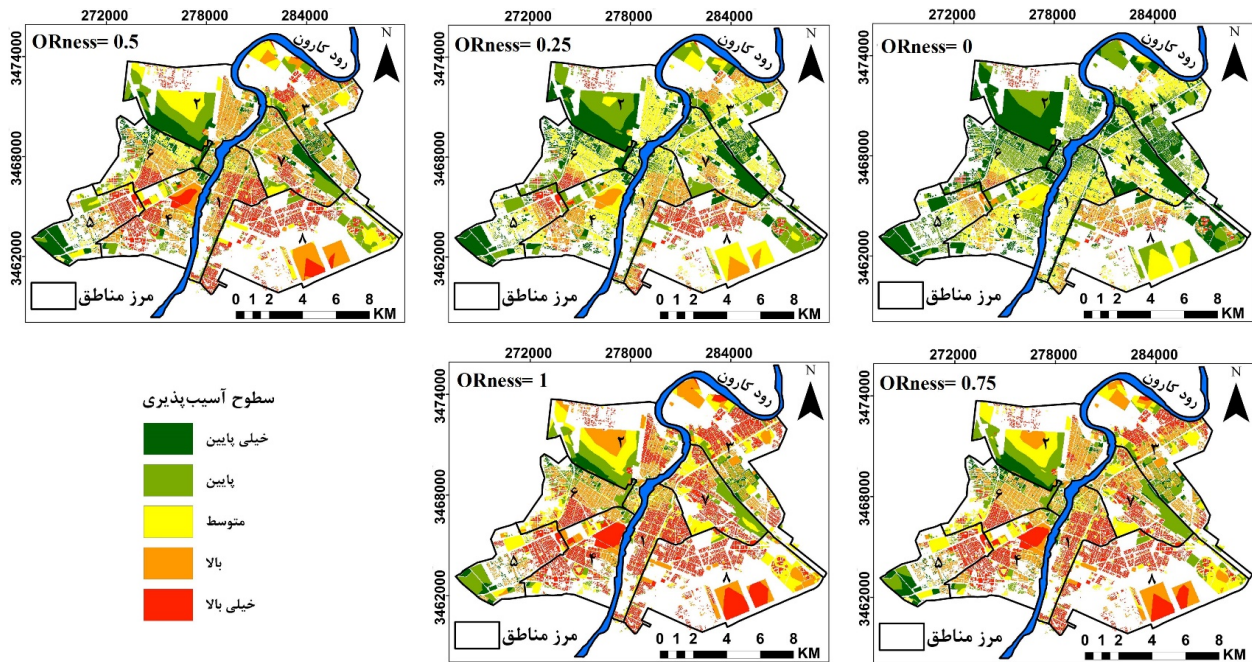
⁴ . Analytical Hierarchy Process (AHP)



شکل ۳- نقشه نرمال شده شاخص های مورد استفاده در فرایند تهیه نقشه آسیب پذیری ناشی از طوفان های گردوغبار

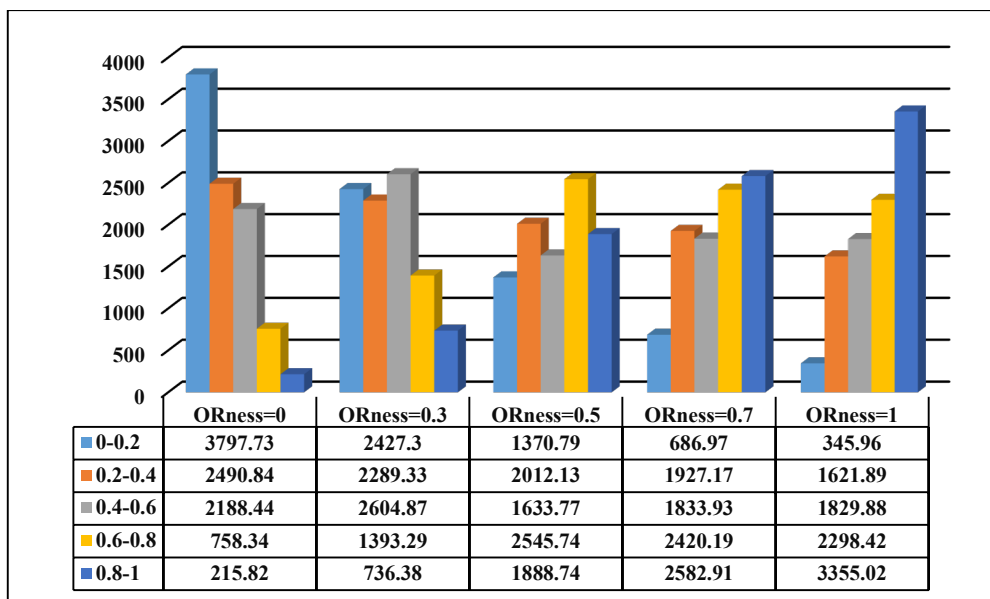
با توجه به مقادیر استاندارد شده شاخص ها و وزن های آنها و با استفاده از روش تحلیل تصمیم گیری OWA نقشه آسیب پذیری ناشی از طوفان های گرد و غبار در سطوح متفاوت ریسک تهیه گردید. درجه ریسک نقشه های آسیب پذیری در محدوده ۰ تا ۱ می باشد: صفر نشان دهنده مناطق با آسیب پذیری خیلی پایین و یک نشان دهنده مناطق با آسیب پذیری خیلی بالا است. نقشه های مربوط به مولفه ها بر اساس درجه آسیب پذیری به ۵ طبقه خیلی پایین (۰،۲-۰)، پایین (۰،۲-۰،۴)، متوسط (۰،۴-۰،۶)، بالا (۰،۶-۰،۸)، و خیلی بالا (۰،۸-۱) طبقه بندی شده اند. در شکل (۴) نقشه های آسیب پذیری ناشی از طوفان های گرد و غبار در شهر اهواز نشان داده

شده است.



شکل ۴- نقشه‌های آسیب پذیری ناشی از طوفان های گردوغبار شهر اهواز در سطوح مختلف ریسک (ORness)

نقشه‌های آسیب پذیری در شکل (۴) نشان می‌دهد که مناطق مرکزی و جنوبی شهر اهواز نسبت به مناطق شمالی در برابر گرد و غبار آسیب پذیرتر هستند. با افزایش درجه ORness مساحت مناطق با آسیب پذیری بالا (طبقات آسیب پذیری بالا و خیلی بالا) افزایش و مساحت مناطق با آسیب پذیری پایین (طبقات آسیب پذیر پایین و خیلی پایین) کاهش می‌یابد. مساحت طبقات مختلف آسیب پذیری در درجات ORness مختلف تعیین و به صورت شکل (۵) نشان داده شده است. مجموعه مساحت طبقات با آسیب پذیری بالا (طبقات آسیب پذیر بالا و خیلی بالا) در شرایط ذهنی خیلی خوشبینانه، خوشبینانه، بینابین، بدبینانه و خیلی بدبینانه به ترتیب ۵۸۵۳، ۵۰۰۲، ۴۴۳۳، ۲۱۲۹ و ۹۷۳ هکتار واقع در طبقات با آسیب پذیری پایین (طبقات آسیب پذیر پایین و خیلی پایین) به ترتیب ۱۹۶۶، ۲۶۱۳، ۳۳۸۲، ۴۷۱۶ و ۶۲۸۷ می‌باشد.



شکل ۵- مساحت طبقات مختلف آسیب پذیری در درجات ORness مختلف

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با توجه به نظر کارشناسان در بین شاخص‌های مربوط به مولفه‌های در معرض قرار گرفتن، حساسیت و ظرفیت انطباق‌پذیری، به ترتیب، معیارهای PM 2.5، تراکم جمعیت و فاصله از مراکز درمانی دارای بیشترین اهمیت می‌باشند؛ همچنین وضعیت آسیب‌پذیری شهر اهواز در برابر گرد و غبار متفاوت و ناهمگن می‌باشد، به گونه‌ای که مناطق جنوبی و مرکزی شهر اهواز نسبت به مناطق شمالی در برابر گرد و غبار آسیب‌پذیرتر هستند؛ شرایط آسیب‌پذیری مناطق مختلف شهری اهواز در درجات ORness مختلف متفاوت می‌باشد، با افزایش درجه خوش‌بینی مساحت طبقات با آسیب‌پذیری بالا و خیلی بالا افزایش و با کاهش درجه خوش‌بینی مساحت طبقات با آسیب‌پذیری پایین و خیلی پایین افزایش می‌یابد. به طوری که مجموعه مساحت طبقات با آسیب‌پذیری بالا (طبقات آسیب‌پذیر بالا و خیلی بالا) در شرایط ذهنی خیلی خوش‌بینانه، خوش‌بینانه، بینابین، بدبینانه و خیلی بدبینانه به ترتیب ۵۸۵۳، ۵۰۰۲، ۴۴۳۳، ۲۱۲۹ و ۹۷۳ هکتار واقع در طبقات با آسیب‌پذیری پایین (طبقات آسیب‌پذیر پایین و خیلی پایین) به ترتیب ۱۹۶۶، ۲۶۱۳، ۳۳۸۲، ۴۷۱۶ و ۶۲۸۷ هکتار می‌باشد.

با توجه به نتایج تجربی حاصل از انجام این طرح پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آینده مربوط به آسیب‌پذیری ناشی از طوفان‌های گردوغبار از داده‌ها با قدرت تفکیک مکانی مناسب‌تر و همچنین مجموعه‌ی جامع‌تری از معیارهای محیطی، اجتماعی، اقتصادی و زیرساخت در نظر گرفته شود. همچنین پیشنهاد می‌گردد که این مدل‌سازی در مناطق دیگر و در مقیاس‌های استانی و کشوری مورد استفاده و راستی‌آزمایی قرار گیرد.

تقدیر و سپاس

در اینجا برخود لازم می‌دانیم که تقدیر و سپاس خود را از پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران (<https://ier.tums.ac.ir>) بخاطر حمایت از انجام این طرح را ابراز داریم.

منابع

- Abdulwahid, W. M., & Pradhan, B. (2017). Landslide vulnerability and risk assessment for multi-hazard scenarios using airborne laser scanning data (LiDAR). *Landslides*, 14(3), 1057-1076.
- Abebe, Y., Kabir, G., & Tesfamariam, S. (2018). Assessing urban areas vulnerability to pluvial flooding using GIS applications and Bayesian Belief Network model. *Journal of Cleaner Production*, 174, 1629-1641.
- Ashrafi, K., Shafiepour-Motlagh, M., Aslemand, A., & Ghader, S. (2014). Dust storm simulation over Iran using HYSPLIT. *Journal of environmental health science and engineering*, 12(1), 9.
- Batjargal, Z., Dulam, J., & Chung, Y. S. (2006). Dust storms are an indication of an unhealthy environment in East Asia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 114(1-3), 447-460.
- De Longueville, F., Hountondji, Y. C., Henry, S., & Ozer, P. (2010). What do we know about effects of desert dust on air quality and human health in West Africa compared to other regions?. *Science of the Total Environment*, 409(1), 1-8.
- Dunford, R., Harrison, P. A., Jäger, J., Rounsevell, M. D. A., & Tinch, R. (2015). Exploring climate change vulnerability across sectors and scenarios using indicators of impacts and coping capacity. *Climatic change*, 128(3-4), 339-354.
- Fang, G. C., Wu, Y. S., Chang, S. Y., Huang, S. H., & Rau, J. Y. (2006). Size distributions of ambient air particles and enrichment factor analyses of metallic elements at Taichung Harbor near the Taiwan Strait. *Atmospheric Research*, 81(4), 320-333.
- Fraser, E. D., Simelton, E., Termansen, M., Gosling, S. N., & South, A. (2013). "Vulnerability hotspots": Integrating socio-economic and hydrological models to identify where cereal production may decline in the future due to climate change induced drought. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170, 195-205.
- Gaňová, L., Zelenáková, M., Purcz, P., Diaconu, D. C., Orfánus, T., & Kuzevičová, Ž. (2017). Identification of urban flood vulnerability in eastern Slovakia by mapping the potential natural sources of flooding-implications for territorial planning. *Urbanism Architecture Constructions*, 8(4), 365-376.

- Goudarzi, G., Shirmardi, M., Khodarahmi, F., Hashemi-Shahraki, A., Alavi, N., Ankali, K. A., ... & Marzouni, M. B. (2014). Particulate matter and bacteria characteristics of the Middle East Dust (MED) storms over Ahvaz, Iran. *Aerobiologia*, 30(4), 345-356.
- Hamouda, M. A., El-Din, M. M. N., & Moursy, F. I. (2009). Vulnerability assessment of water resources systems in the Eastern Nile Basin. *Water resources management*, 23(13), 2697-2725.
- Heidari-Farsani, M. (2013). The evaluation of heavy metals concentration related to PM10 in ambient air of Ahvaz city, Iran. *Journal of Advances in Environmental Health Research*, 1(2).
- Islam, M. A., Mitra, D., Dewan, A., & Akhter, S. H. (2016). Coastal multi-hazard vulnerability assessment along the Ganges deltaic coast of Bangladesh-A geospatial approach. *Ocean & Coastal Management*, 127, 1-15.
- Jun, K. S., Chung, E. S., Sung, J. Y., & Lee, K. S. (2011). Development of spatial water resources vulnerability index considering climate change impacts. *Science of the total environment*, 409(24), 5228-5242.
- Kantamaneni, K., Phillips, M., Thomas, T., & Jenkins, R. (2018). Assessing coastal vulnerability: Development of a combined physical and economic index. *Ocean & Coastal Management*, 158, 164-175.
- Keshavarz, M., Maleksaeidi, H., & Karami, E. (2017). Livelihood vulnerability to drought: A case of rural Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 21, 223-230.
- Kishore, N., & Thampan, C. P. V. (2017). A review on earthquake vulnerability assessment. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4(3), 1885-1889.
- Kurosaki, Y., & Mikami, M. (2003). Recent frequent dust events and their relation to surface wind in East Asia. *Geophysical Research Letters*, 30(14).
- Lee, G., Choi, J., & Jun, K. S. (2017). MCDM approach for identifying urban flood vulnerability under social environment and climate change. *Journal of Coastal Research*, 79(sp1), 209-213.
- Maanan, M., Maanan, M., Rueff, H., Adouk, N., Zourarah, B., & Rhinane, H. (2018). Assess the human and environmental vulnerability for coastal hazard by using a multi-criteria decision analysis. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 24(6), 1642-1658.
- Malczewski, J. (1996). A GIS-based approach to multiple criteria group decision-making. *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(8), 955-971.
- Malczewski, J., & Rinner, C. (2015). *Multicriteria decision analysis in geographic information science*. New York: Springer.
- McQuaid, K., Vanderbeck, R. M., Valentine, G., Liu, C., Chen, L., Zhang, M., & Diprose, K. (2018). Urban climate change, livelihood vulnerability and narratives of generational responsibility in Jinja, Uganda. *Africa*, 88(1), 11-37.
- Michael, E. A., & Samanta, S. (2016). Landslide vulnerability mapping (LVM) using weighted linear combination (WLC) model through remote sensing and GIS techniques. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(2), 88.
- Moradi, M., Delavar, M. R., & Moshiri, B. (2017). A GIS-based multi-criteria analysis model for earthquake vulnerability assessment using Choquet integral and game theory. *Natural Hazards*, 87(3), 1377-1398.
- Okey, T. A., Agbayani, S., & Alidina, H. M. (2015). Mapping ecological vulnerability to recent climate change in Canada's Pacific marine ecosystems. *Ocean & Coastal Management*, 106, 35-48.
- Rahman, N., Ansary, M. A., & Islam, I. (2015). GIS based mapping of vulnerability to earthquake and fire hazard in Dhaka city, Bangladesh. *International journal of disaster risk reduction*, 13, 291-300.
- Rashed, T., & Weeks, J. (2003). Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas. *International Journal of Geographical Information Science*, 17(6), 547-576.
- Roy, L., Leconte, R., Brissette, F. P., & Marche, C. (2001). The impact of climate change on seasonal floods of a southern Quebec River Basin. *Hydrological processes*, 15(16), 3167-3179.
- Ruiter, M. C. D., Ward, P. J., Daniell, J. E., & Aerts, J. C. (2017). A comparison of flood and earthquake vulnerability assessment indicators. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17(7), 1231-1251.
- Shahsavani, A., Naddafi, K., Haghighifard, N. J., Mesdaghinia, A., Yunesian, M., Nabizadeh, R., ... & Jafari, A. J. (2012). Characterization of ionic composition of TSP and PM 10 during the Middle Eastern Dust (MED) storms in Ahvaz, Iran. *Environmental monitoring and assessment*, 184(11), 6683-6692.
- Soleimani, Z., Goudarzi, G., Naddafi, K., Sadeghinejad, B., Latifi, S. M., Parhizgari, N., ... & Rad, H. D. (2013). Determination of culturable indoor airborne fungi during normal and dust event days in Ahvaz, Iran. *Aerobiologia*, 29(2), 279-290.
- Sowmya, K., John, C. M., & Shrivasthava, N. K. (2015). Urban flood vulnerability zoning of Cochin City, southwest coast of India, using remote sensing and GIS. *Natural Hazards*, 75(2), 1271-1286.
- Sowmya, K., John, C. M., & Shrivasthava, N. K. (2015). Urban flood vulnerability zoning of Cochin City, southwest coast of India, using remote sensing and GIS. *Natural Hazards*, 75(2), 1271-1286.



چهارمین کنفرانس ملی حفاظت خاک و آبخیزداری با محوریت گرد و غبار

تهران- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

۲۸ بهمن ماه ۱۳۹۹



- Stefanski, R., & Sivakumar, M. V. K. (2009). Impacts of sand and dust storms on agriculture and potential agricultural applications of a SDSWS. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 7, No. 1, p. 012016). IOP Publishing.
- Sujakhu, N. M., Ranjitkar, S., Niraula, R. R., Salim, M. A., Nizami, A., Schmidt-Vogt, D., & Xu, J. (2018). Determinants of livelihood vulnerability in farming communities in two sites in the Asian Highlands. *Water International*, 43(2), 165-182.
- Wang, C., Liu, Q., Ying, N., Wang, X., & Ma, J. (2013). Air quality evaluation on an urban scale based on MODIS satellite images. *Atmospheric research*, 132, 22-34.
- Wang, S., Wang, J., Zhou, Z., & Shang, K. (2005). Regional characteristics of three kinds of dust storm events in China. *Atmospheric Environment*, 39(3), 509-520.
- Xia, J., Qiu, B., & Li, Y. (2012). Water resources vulnerability and adaptive management in the Huang, Huai and Hai river basins of China. *Water international*, 37(5), 523-536.
- Zarasvandi, A., Carranza, E. J. M., Moore, F., & Rastmanesh, F. (2011). Spatio-temporal occurrences and mineralogical-geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran). *Journal of geochemical exploration*, 111(3), 138-151.
- Zhuang, G., Guo, J., Yuan, H., & Zhao, C. (2001). The compositions, sources, and size distribution of the dust storm from China in spring of 2000 and its impact on the global environment. *Chinese Science Bulletin*, 46(11), 895-900.