جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره بیست و دوم، تابستان ۱۳۹۶

صص ۱۲۲-۱۰۱

DOI: 10.22067/geo.v6i2.57865

جایابی محل‌های جغرافیایی مناسب مراکز داده ملی در ایران بر اساس معیارهای حوادث طبیعی

مجید حاجی‌بابا[1]- دانشجوی دکتری نرم افزار پژوهشکده برق و کامپیوتر سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی، تهران، ایران
محسن شریفی- استاد نرم افزار دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۱۰ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۲/۱۵

چکیده

سازمان‌های نیازمند به مراکز بزرگ داده بایک تصمیم بسیار مهم در زمینه یافتن مناسب‌ترین مکان جغرافیایی مواجه هستند. شناسایی، ارزیابی و تعیین مختصات جغرافیایی یک مکان مناسب، به معیارها و پارامترهای مختلف و بعضاً متأثر از یکدیگر وابسته است که تصمیم‌گیری مدیران را برای یافتن مناسب‌ترین مکان بسیار پیچیده و مشکل می‌سازد. برای اولین بار در ایران، این مقاله به بررسی تأثیر معیارهای حوادث طبیعی در جایابی و ارزیابی گزینه‌های در دسترس و مناسب برای میزبانی یک مرکز داده ملی در گستره جغرافیای کشور ایران می‌پردازد. معیارهای حوادث طبیعی در نظر گرفته شده شامل معیارهای خشکسالی، طوفان شن، طوفان گرد و غبار، سیل، زلزله و آتشفشان می‌باشند. نتایج این تحقیق با استفاده از رأی گیری اکثریت نشان می‌دهد استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان و بوشهر پرحادثه‌خیزترین و استان‌های کردستان، چهارمحال بختیاری و قزوین کم حادثه‌خیزترین استان‌های کشور از منظر حوادث طبیعی برای برپایی مرکز داده هستند. بر اساس نتایج این بررسی، یک نرم افزار رایانه‌ای تولید شده است که اوزان معیارهای حوادث طبیعی را که با کمک متخصصین و طی یک فرآیند سلسله مراتبی مشخص شده‌اند، بعنوان ورودی اخذ کرده و سپس با استفاده از مکانیزم رأی‌گیری اکثریت، نواحی جغرافیایی مناسب یک مرکز داده را به ترتیب الویت پیشنهاد می‌دهد. با استفاده از این نرم افزار و وزن‌دهی معیارها با کمک متخصصین، نشان داده می‌شود که استان‌های چهارمحال بختیاری، کردستان و مرکزی مناسب‌ترین و استان‌های بوشهر، کرمان و آذربایجان شرقی نامناسب‌ترین استان‌ها از منظر حوادث طبیعی برای برپایی مرکز داده هستند.

کلیدواژه‌ها: مرکز داده، جایابی، حوادث طبیعی، رتبه‌بندی استان‌ها.

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۷۶۸۷۵۳۲ Email: majid.hajibaba@gmail.com

۱. مقدمه

محل استقرار مرکز داده اغلب جزء اولین معیارهای مورد بحث در هنگام برپایی یک مرکز داده جدید است و برای اکثر سازمان‌ها بسیار مهم است؛ نه تنها به این دلیل که محل نگهداری تجهیزات سخت‌افزاری همچون سرورهای محاسباتی و همچنین سرویس‌های نرم‌افزاری و از همه مهم‌تر داده‌ها است، بلکه این مکان تا مدت زیادی تغییر نخواهد کرد و از آنجایی که انتخاب محل استقراربرای هر مرکز داده تنها یک بار صورت می‌پذیرد باید توجه ویژه‌ای به آن شود.

مکان یک مرکز داده باید با توجه به عوامل مختلفی انتخاب شود و هر سازمان هنگام برپایی مرکز داده، خود را با مجموعه‌ای از معیارها روبرو می‌بیند که باید مدنظر قرار دهد. در مورد آنچه مهم‌ترین عوامل تصمیم‌گیری در جایابی یک مرکز داده هستند، مطالعاتی صورت گرفته است (بل[1]، ۲۰۰۵؛ راث[2]، ۲۰۰۷؛ منا[3]، ۲۰۱٤؛ گروه طراحی مرکز داده کالیفرنیا[4]، ۲۰۱٦) که هرکدام مجموعه‌ای از معیارها را به عنوان عوامل مهم در انتخاب یک مرکز داده آورده‌اند. با جمع‌بندی این مطالعات به طور کلی می‌توان گفت معیارهای مهم در انتخاب یک مرکز داده عبارتند از: وضعیت آب و هوا، حوادث طبیعی مانند سیل و زمین‌لرزه، حوادث غیرطبیعی مانند جنگ و تروریسم، دسترسی به زیرساخت‌های ارتباطی، تأمین پایدار برق و الکتریسیته، راحتی حمل و نقل و دسترس بودن نیروی انسانی واجد شرایط برای کار در مرکز داده. البته عوامل مؤثر دیگری همچون فاصله مناسب از منابع لرزشی و تولیدکننده نویز مانند فرودگاه، اتوبان، راه‌آهن، بزرگراه، استادیوم، پالایشگاه، خط لوله و غیره و نزدیکی به ایستگاه‌های امداد و نجات و حمل و نقل وجود دارند که در درجه دوم از اهمیت قرار می‌گیرند.

هر یک از این معیارها نیز دارای معیارهای جزئی‌تر دیگری هستند. به عنوان مثال آب و هوا شامل دما و رطوبت، حوادث طبیعی شامل زمین‌لرزه، خشکسالی، سیل، طوفان و آتشفشان، امکانات شامل بستر ارتباطی، تأمین انرژی، منابع انسانی و توسعه‌یافتگی و حوادث غیرطبیعی شامل جنگ و تروریسم می‌باشد. هر کدام از این معیارهای جزئی نیز ممکن است دارای معیارهای جزئی‌تری باشند که این مسئله گستردگی کار را نشان می‌دهد.

بر اساس نوع مرکز داده، هر یک از این معیارها می‌توانند تأثیر متفاوتی در جایابی یک مرکز داده داشته باشند. به عنوان مثال برای مراکز داده سازمان‌های نظامی و انتظامی معیار جنگ و تروریسم حیاتی است و چشم‌پوشی از بررسی این معیار کار عاقلانه‌ای نیست؛ اما همین معیار برای سازمان‌های خصوصی با داده‌های

1 Bell
2 Rath
3 Mena
4 California Data Center Design Group

نه چندان مهم نقش چندانی نخواهد داشت. از طرفی معیار حوادث طبیعی به دلیل ماهیت آن، برای تمامی سازمان‌ها تأثیر گذار است و حوادث طبیعی در جوامع در حال توسعه، آسیب‌های بیشتری در قیاس با جوامع پیشرفته دارند (شمسی‌پور، ۱۳۸۹)؛ بنابراین در این مقاله سعی شد با شناخت معیارهای مرکز داده، معیارهای حوادث طبیعی اندازه‌گیری شده و تأثیر گذاری آنها بر مراکز داده ملی، با کمک متخصصین به دست آمده و در نهایت با وزن دهی به روش سلسله مراتبی، نرم افزاری تهیه شود که با دریافت وزن‌ها، شهرها را از منظر متناسب بودن برای برپایی مرکز داده رتبه‌بندی کند.

اهمیت انتخاب مکان مرکز داده با توجه به معیارهای مختلف و تأکید بر اهمیت حفاظت از داده‌ها و تجهیزات، باعث شده تا عامل نزدیکی به دفاتر مرکزی آن‌ها کم‌اهمیت‌تر شود و فرصتی برای دیگر شهرها به منظور میزبانی مراکز داده پیش آید. این مسئله باعث شده که عوامل مهمی که در جایابی یک مرکز داده ملی وجود دارند همواره مورد بررسی قرار گیرند. با توجه به آنکه تاکنون در ایران پژوهش مستقلی در خصوص تأثیرحوادث طبیعی و نقش آن‌ها در جایابی مرکز داده مورد بررسی قرار نگرفته است، تحقیق حاضر تلاش دارد نقش این عامل را در جایابی مرکز داده ملی مورد ارزیابی قرار دهد. در این پژوهش سعی شده با ارائه معیارهای اصلی در خصوص عامل حوادث طبیعی در برپایی و استقرار مرکز داده ملی برای کشور، بهترین محل استقرار مرکز داده را که در مراکز استان‌ها می‌باشد، بر اساس اولویت مشخص نماید. با داشتن این اولویت‌ها و در نظر گرفتن سایر عوامل می‌توان به جایابی نهایی برای مرکز داده ملی کشور رسید.

۲. منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در گستره جغرافیایی کشور ایران و به تفکیک استان‌ها و برای مرکز هر استان صورت گرفته است.

۳. مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش حوادث طبیعی غیرمترقبه را به طور کلی به پنج دسته زمین‌لرزه، خشکسالی، طوفان، سیل و آتشفشان تقسیم کرده و در بخش‌های بعدی هر یک را جداگانه با توجه به شرایط اقلیمی ایران بررسی می‌نماییم. شایان ذکر است که معیارهای بیشتری از جمله تگرگ، امواج گرمایی، یخبندان و غیره (مفیدی، ۱۳۹۲) وجود دارند که رسیدگی به آنها در یک مقاله نمی‌گنجد و بنابراین در این مقاله از مهم‌ترین معیارهای حوادث طبیعی استفاده شده است.

برای ارزیابی زمین‌لرزهاز نقشه قابلیت روانگرایی و خطر لرزه‌ای که توسط پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله ایران تهیه شده استفاده شده است. برای ارزیابی خشکسالی ازنقشه پهنه‌بندی خشکسالی برایبک سال اخیر که توسط مرکز ملی خشکسالی و مدیریت بحران سازمان هواشناسی کشور تهیه

شده است (مرکز ملی خشکسالی و مدیریت بحران، ۱۳۹٤) و میانگین ارتفاع بارش سالانه استان‌های کشور در سال ۱۳۹۳ و در دهه اخیر که توسط اداره کل آمار و فن‌آوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی سازمان هواشناسی کشور تهیه و در سالنامه آماری کشور چاپ شده است (سالنامه آماری کشور، ۱۳۹۳)، استفاده شده است. برای ارزیابی طوفان که در این پژوهش طوفان شن و گردوغبار در نظرگرفته شده است از نقشه پهنه‌بندیتعداد روزهای همراه با گرد و غبارو نقشه پهنه‌بندی تعداد روزهای همراه با طوفان شن در سال ۲۰۱۲ میلادی استفاده شده است که در گزارش خلاصه رخدادهای حدی اقلیمی ایران در سال ۲۰۱۲توسط وزارت راه و شهرسازی تهیه شده است (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۲). برای ارزیابی سیل نیز از نقشه پهنه‌بندی وقوع سیل در ایران در سال ۲۰۱۲ (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۲) وآمار سیلاب‌های ایران برای دوره ۲۵ ساله ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۵استفاده شده است (خورسندی و همکاران، ۱۳۸۵)، که آمار ۲۵ ساله سیلاب‌ها در قالب گزارش طرح ملی آمادگی و کنترل سوانح طبیعی در دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران به صورت یک پروژه انجام گرفته و گزارش مرحله اول آن به عنوان «مدیریت سیلاب» در سال ۱۳۷۸منتشر شده است. برای ارزیابی آتشفشان نیز از آمار تعداد، نوع و خصیصه آتشفشان‌های ایران با استفاده از منابع گوناگون (مرتضوی[1] و همکاران، ۲۰۰۹؛ ماستین[2] و همکاران، ۲۰۰۹) و نقشه پهنه‌بندی پراکندگی سنگ‌های آذرین در ایران (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور) استفاده شده است.

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و با استفاده از روش‌های تحلیل محتوا و تحلیل آماری تهیه شده است. دراین پژوهش معیارتأثیرگذار بر انتخاب مکان مرکز داده از نظرگاه حوادث طبیعی به منظور یافتن مطلوب‌ترین استان برایبرپایی یک مرکز داده بررسی خواهد شد. سپس هر یک از استان‌ها به ترتیب تناسب برای میزبانی مرکز داده، با توجه به یک معیار خاص رتبه‌بندی می‌شوند. به هر یک از معیارهایک ضریب تأثیر یا وزن با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[3] (ساتی[4]، ۱۹۸۰) و بر اساس نظرسنجی بین متخصصان، اضافه خواهد شد و گویای اهمیت آن معیار از نظرگاه فناوری اطلاعات مرکز داده می‌باشد. در نهایت با به‌دست آوردن میانگین وزنی و به کارگیری رأی‌گیری اکثریت، بهترین استان‌ها برای میزبانی مرکز داده ملی به ترتیب معرفی خواهند شد.

٤. بحث و نتایج

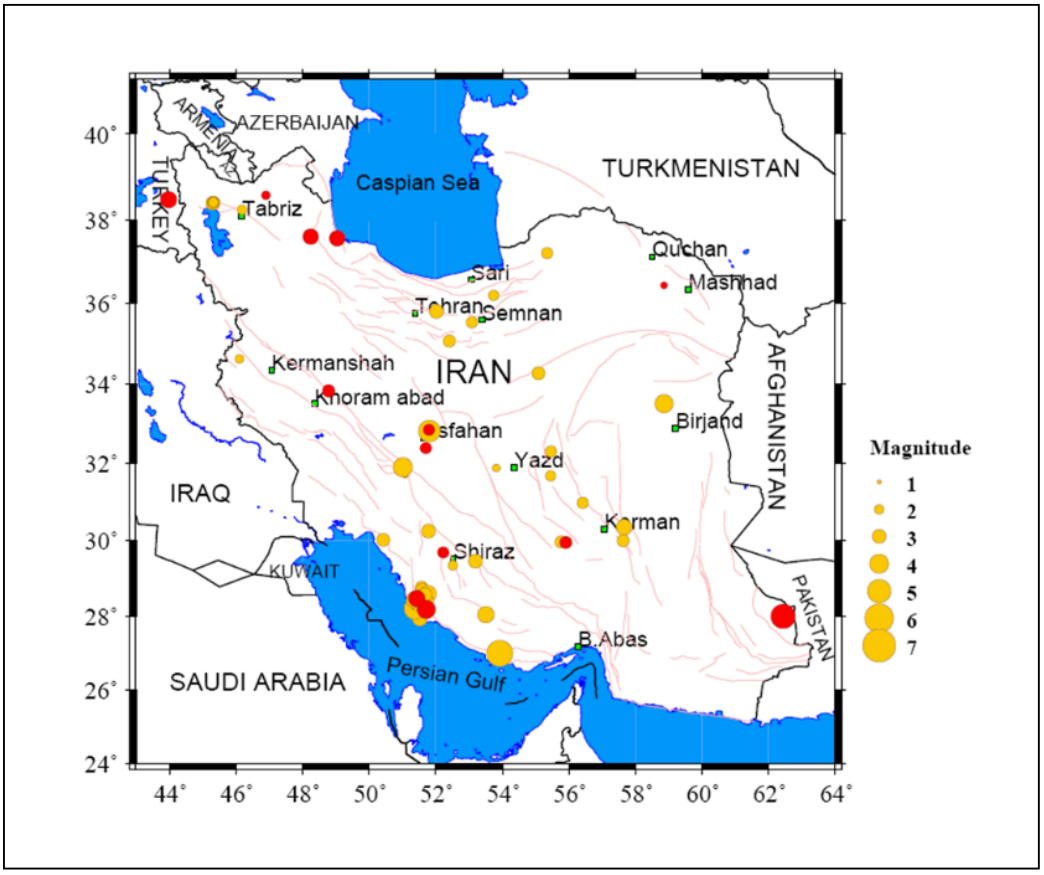
عملکرد یک مرکز داده می‌تواند به راحتی توسط حوادث طبیعی به خطر بیفتد. حوادث طبیعی ازجمله زمین‌لرزه، آتشفشان، طوفان، سیل و خشکسالی همیشه برای یک مرکز داده تهدید به حساب می‌آید. معمولاً

1 Mortazavi
2 Mastin
3 Analytical Hierarchy Process
4 Saaty

فرض می‌شود که احتمال وقوع این حوادث بسیار کم است و در صورت وقوع شدت زیادی نخواهند داشت؛ اما به طور کلی مکان یک مرکز داده باید جایی باشد که به طور بالقوه دور از این خطرات باشد.

زمین‌لرزه

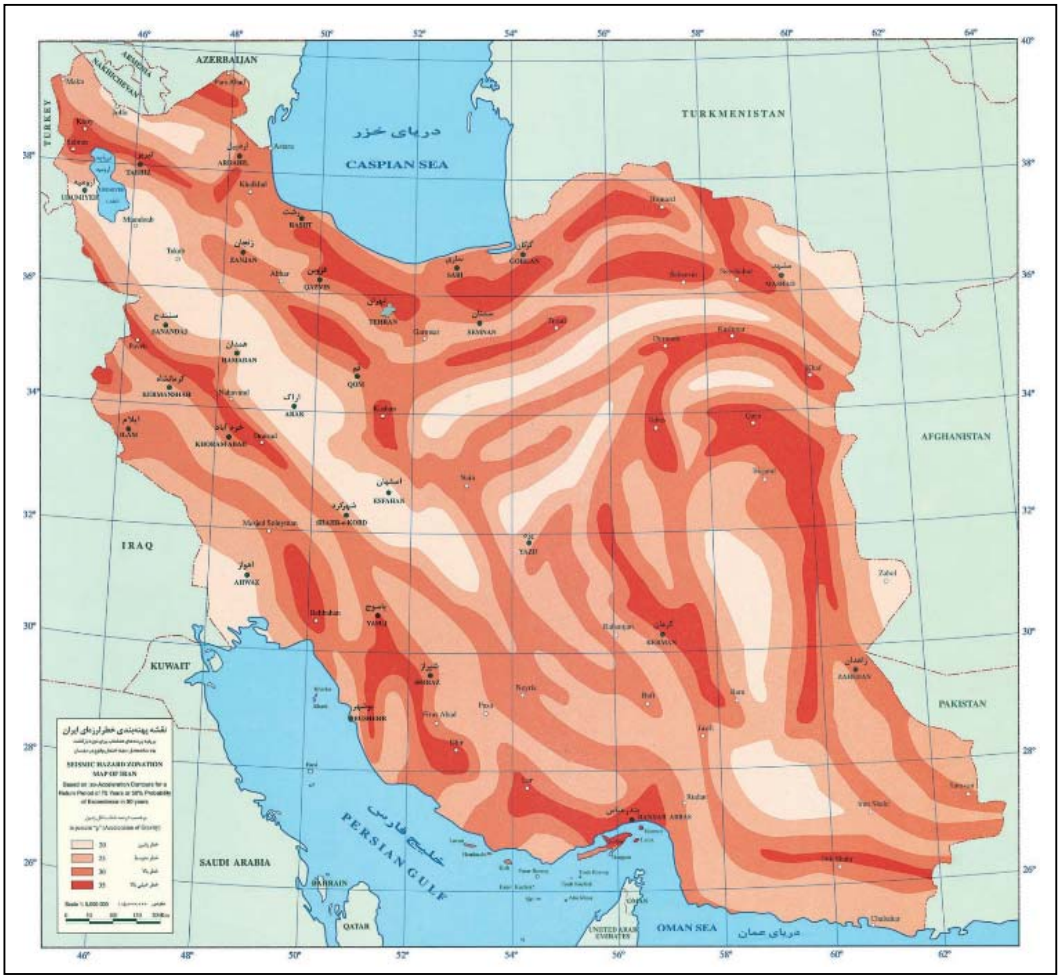
ایران کشوری لرزه‌خیز است و در ایران زلزله به عنوان اولین فاجعه طبیعی برای انسان محسوب می‌شود. ایران بر رویی کی از دو کمربند بزرگ لرزه‌خیزی جهان موسوم به «آلپا» قرار دارد و در ردیف ۱۰ کشور اول زلزله‌خیز جهان قرار دارد. به‌عنوان مثال با احتمال ۹۰٪ زلزله‌ای به بزرگی ٦ ریشتر و با احتمال ۷۰٪ به بزرگی ۷ ریشتر در پنجاه سال آینده در تهران به وقوع خواهد پیوست (عکاشه، ۱۳۸۹). هر روزه زمین‌لرزه‌هایی در ایران اتفاق می‌افتد، اما نیاز است شدت و پتانسیل آن‌ها برای خرابی سنجیده شود. نقشه شکل ۱ توزیع گسل‌هاو٦۰ زمین‌لرزه اخیر کشور تا ۷ مرداد ۹۵ را نمایش می‌دهد (مرکز لرزه‌نگاری کشور،۱۳۹۵).



شکل ۱ توزیع گسل‌ها و٦۰ زمین‌لرزه اخیر کشور تا ۷ مرداد ۹۵(مرکز لرزه‌نگاری کشور،۱۳۹۵)

نقشه خطر لرزه‌ای ایران (توکلی، ۱۳۷۸) که نشان‌دهنده خطر زلزله در مناطق مختلف ایران با ۵۰٪ احتمال وقوع در ۵۰ سال آینده می‌باشد در

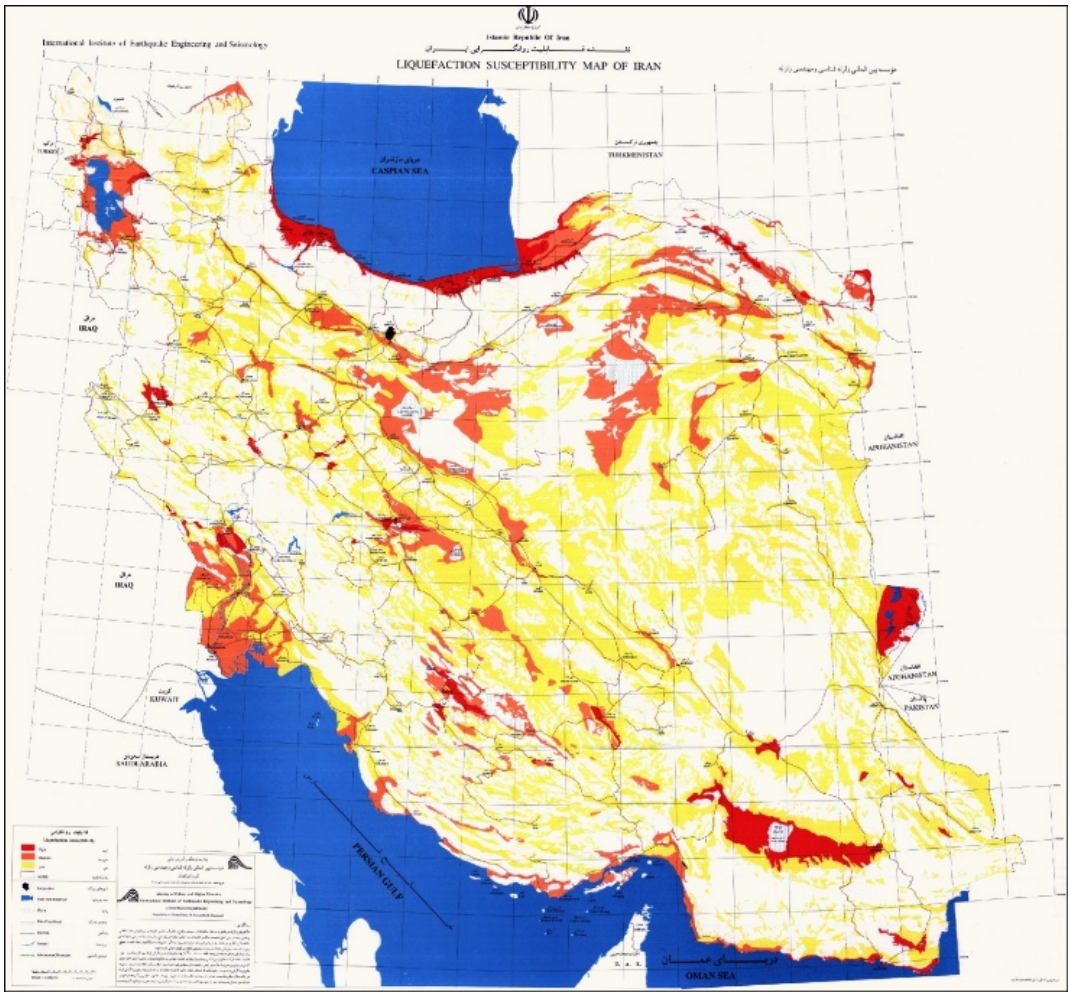
شکل ۲ آمده است. رنگ تیره‌ترنشان‌دهنده خطر زلزله بالاتری می‌باشد.



شکل ۲: نقشه خطر لرزه‌ای ایران (توکلی، ۱۳۷۸)

مکان استقرار یک مرکز داده باید از نقطه نظر زلزله بررسی شده و در محل مناسبی قرار گیرد. نه تنها احتمال وقوع زمین‌لرزه باید مد نظر قرار گیرد، بلکه جنس خاک زمین نیز مطرح است. در خاک‌های ماسه‌ای با افزایش غشاء آب حفره‌ای، مقاومت خاک کاهش می‌یابد که به این پدیده روانگرایی می‌گویند وبیشتر در ماسه شل و اشباع رخ می‌دهد. در این حالت خاک به صورت یک مایع رفتار می‌کند. بسیاری از خرابی‌های

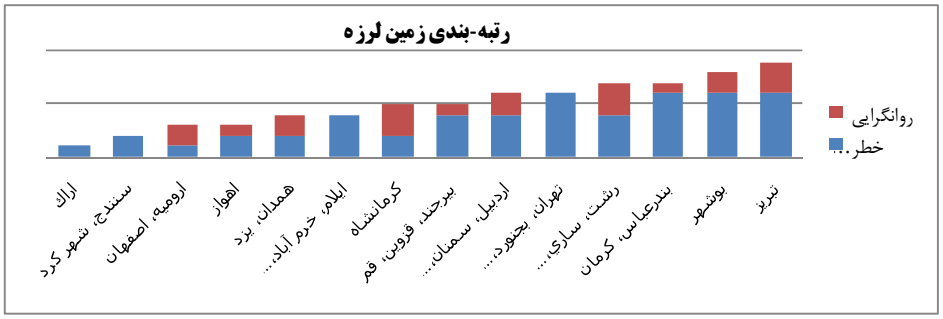
ناشی از زلزله در سازه‌ها به دلیل روانگرایی خاک است (اسفندیاری، ۱۳۹۳). در شکل ۳ نقشه قابلیت روانگرایی ایران آمده است.



شکل ۳ نقشه قابلیت روانگرایی کل ایران (پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی ایران، ۱۳۹٤)

در نقشه شکل ۳ رنگ تیره قابلیت روانگرایی زیاد، کمی تیره قابلیت روانگرایی متوسط، رنگ روشن قابلیت روانگرایی کم و سفید بدون قابلیت روانگرایی را نشان می‌دهد. اگر خاک مکان استقرار مرکز داده مناسب نباشد، در صورت وقوع زمین‌لرزه حتی اگر ساختمان مرکز داده مقاوم باشد، خاک زیرین آن همانند یک مایع عمل کرده و موجب حرکت ساختمان و درنهایت خرابی‌هایی برای توزیع برق، آب، سوخت و غیره می‌شود و باعث از کار افتادن مرکز داده خواهد شد. با استفاده از آمار فوق رتبه‌بندی

شکل ٤را برای استان‌های کشور خواهیم داشت که نشان‌دهنده آسیب‌پذیری (مراکز داده احتمالی) آن استان در برابر خطرات لرزه‌ای است.



شکل ٤ رتبه‌بندی شهرها بر اساس خطر زمین‌لرزه

رتبه‌بندی فوق طبق رابطه (۱) به‌دست آمده است:

$$score = a + b \quad (1)$$

که در آن a ضریب خطر لرزه‌ای و b ضریب قابلیت روانگرایی مراکز استان، طبق جدول ۱است.

برای رتبه‌بندی شهرها از امتیازدهی جدول ۱ استفاده شده است که بر اساس شدت خطر لرزه‌ای و قابلیت روانگرایی امتیازدهی شده است.

جدول ۱ امتیاز شاخص‌های مربوط به زمین لرزه

خصیصه	شدت	ضریب خطر زلزله	خصیصه	شدت	ضریب خطر زلزله
خطر لرزه‌ای	خیلی زیاد	٦	قابلیت روانگرایی	زیاد	۳
	زیاد	٤		متوسط	۲
	متوسط	۲		کم	۱
	کم	۱		بدون روانگرایی	۰

خشکسالی

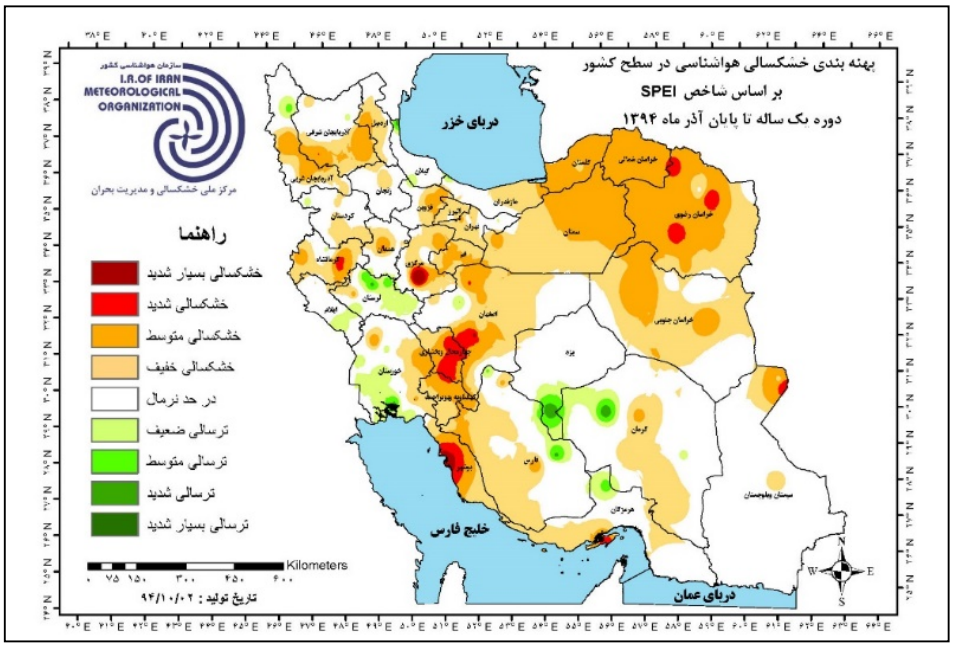
از آنجایی که بسیاری از مراکز داده از جمله مراکز داده سبز، به‌سوی سرمایش مبتنی بر آب حرکت می‌کنند، تأمین فراوان آب برای مراکز داده حیاتی است. کمبود آب و جیره‌بندی آب در برخی شهرها می‌تواند تأثیرات چشمگیری بر مراکز داده‌ای داشته باشد که نیاز به آب کافی برای سرمایش دارند.

شاخص‌های مختلفی برای اندازه‌گیری خشکسالی استفاده می‌شود که شاخص‌های شدت خشکسالی پالمر[1] (PSDI)، شاخص شناسایی خشکسالی[2] (RDI) و شاخص بارش استاندارد[3] (SPI) از آن جمله هستند. معمولاً برای اندازه‌گیری خشکسالی از شاخص شدت خشکسالی پالمر استفاده می‌شود که در مقیاس

1 PDSI: Palmer Drought Severity Index
2 RDI: Reconnaissance Drought Index
3 SPI: Standardized Precipitation Index

زمانی ماهانه به کار می‌رود و بر اساس دما، بارش، رطوبت خاک، تبخیر و تعرق و محاسبه فرمول‌های فراوان و نسبتاً پیچیده استوار می‌باشد و تغییرات گرمایش جهانی را به خوبی نشان می‌دهد (دوبرسکی[1] و همکـاران، ۲۰۰۸)؛ اما در سال‌های اخیر از شاخص جدیدتری با نام شاخص بارش استاندارد (مـک کـی[2] و همکـاران، ۱۹۹۳) برای پیش‌بینی خشکسالی استفاده می‌شود که نشان داده شده است عملکرد بهتری نسبت بـه شـاخص پالمر دارد (هایز[3]، ۱۹۹۹) ولی نمی‌تواند تغییرات مورد انتظار را همانند شاخص پالمر به خوبی منعکس سازد (دوبرسکی و همکاران، ۲۰۰۸). شاخص پالمر ضمن داشتن مزایای مهم، به علت ایـن کـه نمـی‌توانـد اثـرات کوتاه مدت و بلندمدت خشکسالی را ازطریق پایش در مقیاس‌های زمانی مختلف به دسـتآورد، دارای ضـعف است (زارع ابیانـه و همکـاران، ۱۳۹٤). شـاخص بـارش-تبخیـر و تعـرق اسـتاندارد شـده[4] (ویسنتسـرانو[5] و همکاران، ۲۰۱۰) (SPEI) از جمله شاخص‌های جدید در شناسایی خشکسالی است که توانائی تشخیص اثر تغییر مقادیر تبخیر و تعرق و دما را درارتباط با گرمایش جهانی داراست.

نقشه پهنه‌بندی خشکسالی با استفاده از شاخص بارش-تبخیر و تعرق استاندارد شده برای یک سال اخیـر (تا پایان آذر ۹٤) به صورت شکل ۵ است.



شکل ۵ نقشه پهنه‌بندی خشکسالی (مرکز ملی خشکسالی و مدیریت بحران، ۱۳۹٤)

1 Dubrovsky
2 McKee
3 Hayes
4 SPEI: Standardized Precipitation Evapotranspiration Index
5 Vicente-Serrano

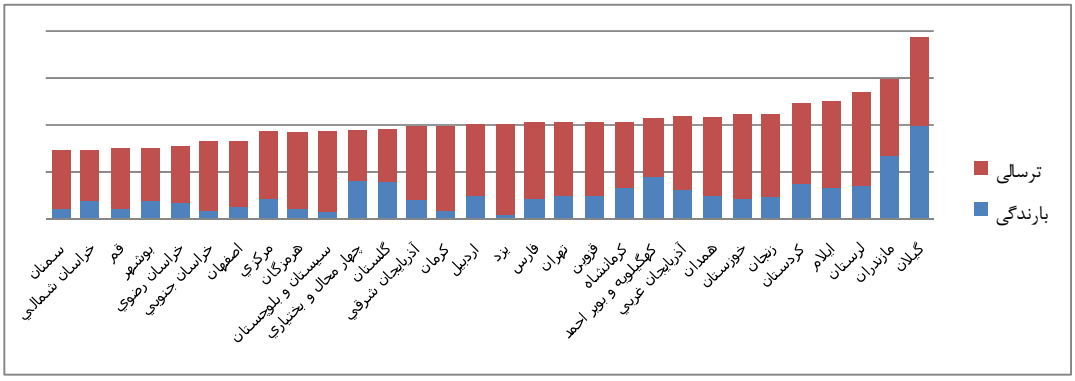
در مقابل خشکسالی که به بارش کم‌تر از حد متوسط سالانه در یک مکان گفته می‌شود، ترسالی به معنـای بارندگی بیش از حد متوسط سالانه در یک مکان است. شاخص‌های خشکسالی هواشناسی می‌توانند به‌منزلـه انعکاسی کلی از شرایط ذخیره آبی مناطق مختلف کشور در نظر گرفته شوند. از طرفی میانگین ارتفاع بـارش سالانه استان‌های کشور در سال ۱۳۹۳ و دهه اخیر به‌صورت جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۲ آمار مربوط به بارش استان‌های کشور در سال ۹۳

(سالنامه آماری کشور، ۱۳۹۳)

استان	۱۳۹۳	بلندمدت	استان	۱۳۹۳	بلندمدت
آذربایجان شرقی	۳۳۷/۷	۲۷۸/٤	**فارس**	۲۲۳/٦	۲۸۰/۸
آذربایجان غربی	۳٦۱/۲	۳۹۸	**قزوین**	۲۵۰/۷	۳۲۰/۹
اردبیل	۳٤۱	۳۱۹/۱	**قم**	۸۰/۵	۱٤٦/٤
اصفهان	۱۷۵/٤	۱۷۰/۲	**کردستان**	۳۹۲/۱	٤۷۹/٦
البرز	۲۰۲/۲	۲۹۵/٦	**کرمان**	۱٤۵/۲	۱۲۹/۷
ایلام	۳۵۷/۵	٤۳۵/٤	**کرمانشاه**	۳۳۱/۸	٤۲۹/۱
بوشهر	۱۲٤/۳	۲۵٦/۹	**کهگیلویه و بویراحمد**	٤۱۷/۲	۵۸۲/۲
تهران	۲۳۰/۷	۳۲۱/۵	**گلستان**	٤۰۸/۵	۵۲۲/٤
چهارمحال و بختیاری	٤٤۸/۸	۵۳۳	**گیلان**	۱۱۰٤/۱	۱۲۸۷
خراسان جنوبی	۱۰۹/۵	۱۲۷/۳	**لرستان**	٤۱۲/۲	٤۵٦/۳
خراسان رضوی	۲۳٦/۱	۲۱٦/٦	**مازندران**	۷۰۰/٤	۸٦۳/٤
خراسان شمالی	۲٤۵/۹	۲٤۵/٦	**مرکزی**	۲۳۲/۵	۲۷۹/٦
خوزستان	۱۸۷/۱	۲۷٤/۳	**هرمزگان**	۸۷/۸	۱٤۹/۷
زنجان	۲۵۲/۷	۳۱۲/۹	**همدان**	۲۷۲/٤	۳۳٦
سمنان	۱۳٤	۱۳۸/۹	**یزد**	۸۷/۸	۷۰/۲
سیستان و بلوچستان	۷۸/۵	۹٤/٤			

با تحلیل نقشه پهنه‌بندی خشکسالی و میانگین ارتفاع بارش سالانه استان‌های کشـور در سـال ۱۳۹۳ و در دهه اخیر، رتبه‌بندی شکل ٦ را برای خشکسالی استان‌ها خواهیم داشت.



شکل ٦ رتبه‌بندی استان‌ها بر اساس شاخص خشکسالی

برای این رتبه‌بندی از رابطه (۲) استفاده شده است:

$$score(i) = \frac{A_i}{\max\{A_i\}} \mid \frac{B_i}{\max\{B_i\}} \qquad (۲)$$

که در آن i اندیس استان، A_i شاخص بارندگی استان و B_i شاخص ترسالی استان است که به ترتیب توسط رابطه (۳) و (٤) حساب می‌شوند. در رابطه (۲) تقسیم شاخص‌ها به مقدار بیشینه‌شان به منظور نگاشت به بازه ۰ و ۱ می‌باشد تا عمل جمع دو شاخص منطقی باشد.

$$A = a \times 0.9 + b \times 0.1 \qquad (۳)$$

$$B = c \times 9 + d \times 8 + e \times 7 + f \times 6 + g \times 5 + h \times 4 + k \times 3 + m \times 2 + n \times 1 \qquad (٤)$$

a میانگین بارندگی بلندمدت استان و b میزان بارندگی در سال ۱۳۹۳ برای استان می‌باشد. همچنین c درصد مساحت با ترسالی حاد، d درصد مساحت با ترسالی شدید، e درصد مساحت با ترسالی متوسط، f درصد مساحت با ترسالی ضعیف، g درصد مساحت نرمال، h درصد مساحت با خشکسالی ضعیف، k درصد مساحت با خشکسالی متوسط، m درصد مساحت با خشکسالی شدید و n درصد مساحت با خشکسالی حاد می‌باشد. ضرایب موجود در رابطه (٤) با استفاده از مقدار اصلاح شده SPI (هایز، ۲۰۰۰) برای هر شاخص به صورت رابطه (۵) به دست آمده است.

$$factor = \begin{cases} (\lfloor spi \rfloor + 2.5) \times 2 & if\ spi > 0.5 \\ (Mean(spi) + 2.5) \times 2 & if\ -0.5 \leq spi \leq 0.5 \\ (\lceil spi \rceil + 2.5) \times 2 & if\ spi < -0.5 \end{cases} \qquad (۵)$$

باید توجه داشت که این رتبه‌بندی به صورت معکوس است، یعنی استان گیلان مناسب‌ترین و استان سمنان نامناسب‌ترین گزینه‌ها برای برپایی مرکز داده از منظر خشکسالی هستند.

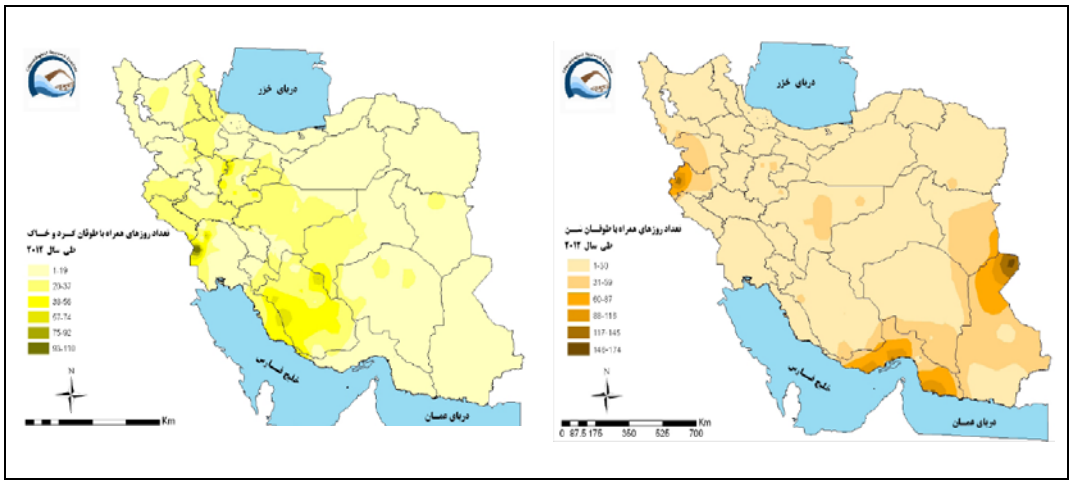
طوفان

این بخش با توجه به موضوع پژوهش تنها شامل طوفان شن و طوفان گردوخاکمی‌باشدکه هر دو می‌توانند در طول زمان آسیب‌های جدی به مراکز داده وارد آورند.

طوفان شن پدیده‌ای است که در مناطق خشک و مناطق نیمه‌خشک که از پوشش گیاهی مناسب برخوردار نبوده رخ می‌دهد. در این پدیده بادی نیرومند ذرات ماسه را از سطح خشک زمین به هوا بلند می‌کند و این ذرات بسته به اندازه آن‌ها تا مسافت‌های زیادی در هوا حرکت می‌کنند و در آخر به زمین فرومی‌افتند. بیشترین تعداد روزهای وقوع طوفان شن در کشور مربوط به استان سیستان و بلوچستان و از شهرستان زابل گزارش شده است. شکل ۷ نقشه پهنه‌بندی تعداد روزهای همراه با طوفان شن در سال ۲۰۱۲ را نشان می‌دهد.

گرد و غبار از جمله پدیده‌های طبیعی است که بیشتر در ماه‌های گرم سال به وقوع می‌پیوندد و مناطق وسیعی را در برمی‌گیرد. شناسایی و پهنه‌بندی درجه خطرپذیری گرد و غبار و فراوانی وقوع آن در مناطق مختلف کشور با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای مودیس (غلظت آئروسل و شاخص‌های ضخامت نوری آئروسل) انجام می‌گردد.

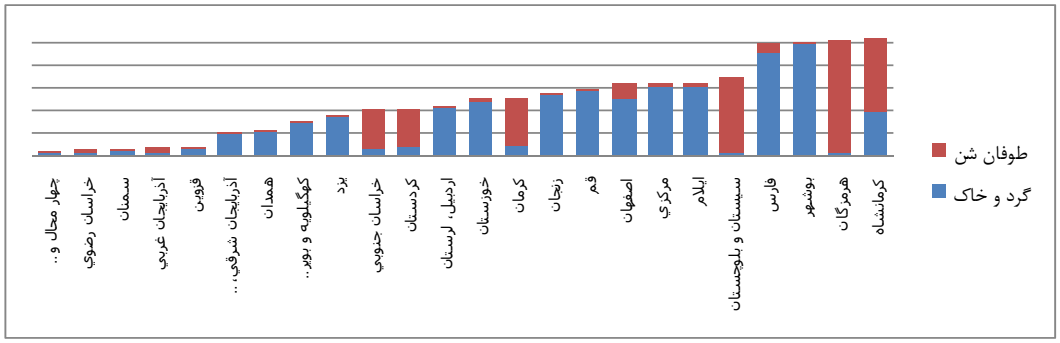
برخلاف طوفان شن که عمدتاً در مناطق شرقی کشور است، بیشترین وقوع گرد و غبار مربوط به استان‌های غربی می‌باشد که در سال‌های اخیر رشد فزاینده‌ای داشته است. شکل ۸ نقشه پهنه‌بندی تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در سال ۲۰۱۲ را نشان می‌دهد.



شکل ۷ نقشه پهنه‌بندی طوفان شن
(سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۲)

شکل ۸ نقشه پهنه‌بندی طوفان گرد و غبار
(سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۲)

با استفاده از نقشه پهنه‌بندی تعداد روزهای همراه با گرد و غبارو نقشه پهنه‌بندی تعداد روزهای همراه با طوفان شن در سال ۲۰۱۲ رتبه‌بندی شهرها به صورت شکل ۹ خواهد بود.



شکل ۹ نمودار رتبه‌بندی استان‌ها بر اساس وقوع طوفان

برای این رتبه‌بندی از رابطه (٦) استفاده شده است:

$$score = \frac{A_i}{\max\{A_i\}} + \frac{B_i}{\max\{B_i\}} \qquad (٦)$$

که در آن i اندیس استان، A_i شاخص طوفان شن و B_i شاخص طوفان گرد و خاک استان (طی سال ۲۰۱۲) است که به ترتیب توسط رابطه‌های (۷) و (۸) حساب می‌شوند.

$$A = a \times 1 + b \times 31 + c \times 60 + d \times 88 + e \times 117 + f \times 146 \qquad (۷)$$

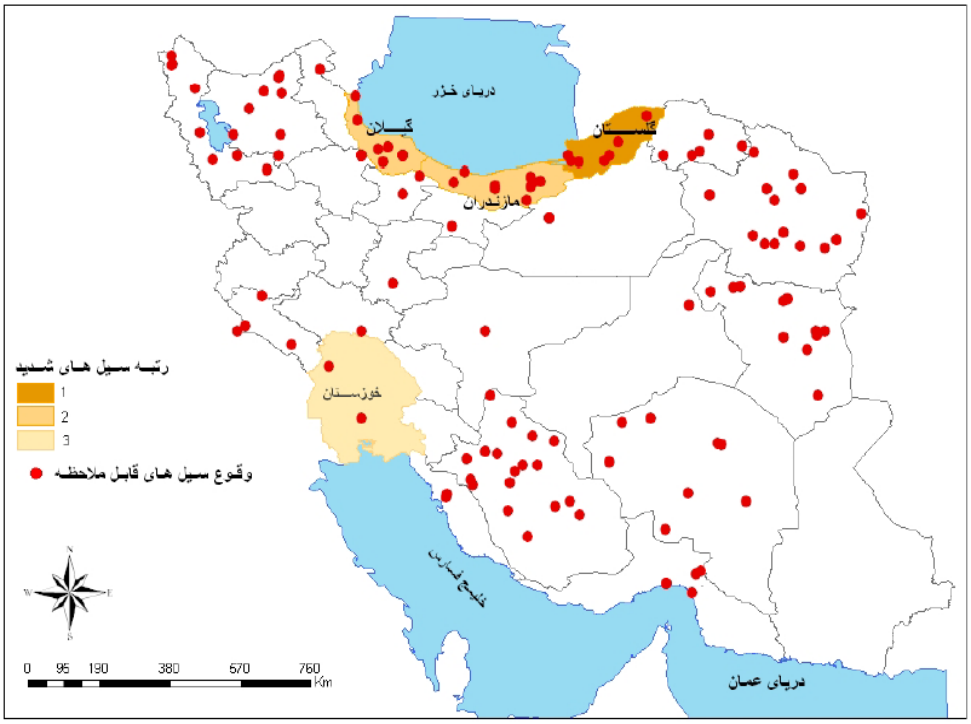
$$B = g \times 1 + h \times 20 + i \times 38 + j \times 57 + k \times 75 + m \times 93 \qquad (۸)$$

که در آن a، b، c، d، e و f درصد مساحت استان به ترتیب شامل ۱ تا ۳۰، ۳۱ تا ۵۹، ٦۰ تا ۸۷، ۸۸ تا ۱۱٦، ۱۱۷ تا ۱٤٥ و ۱٤٦ تا ۱۷۰روز همراه با طوفان شن و g، h، i، j، k و m درصد مساحت استان به ترتیب شامل ۱ تا ۱۹، ۲۰ تا ۳۷، ۳۸ تا ٥٦، ٥۷ تا ۷٤، ۷٥ تا ۹۲ و ۹۳ تا ۱۱۰ روز همراه با طوفان گرد و خاک می‌باشد. ضرایب استفاده شده برابر با حداقل تعداد روزهای طوفانی برای یک رده می‌باشد.

سیل

سیل نیز به همراه زلزله و خشکسالی از مخرب‌ترین بلای طبیعی در ایران است. سیل‌خیزی در نقاط مختلف کشور و در حوضه‌های آبریز مختلف، با توجه به شرایط اقلیمی و عوامل دیگر مانند پوشش گیاهی از نقطه‌ای به نقطه دیگر متفاوت می‌باشد. این نوع خطر در مورد مرکز داده تنها زمانی می‌تواند مدنظر قرار گیرد که مرکز داده در اطراف یک رودخانه قرار داشته باشد. در

شکل ۱۰نقشه پهنه‌بندی وقوع سیل در ایران در سال ۲۰۱۲ میلادی آمده است.



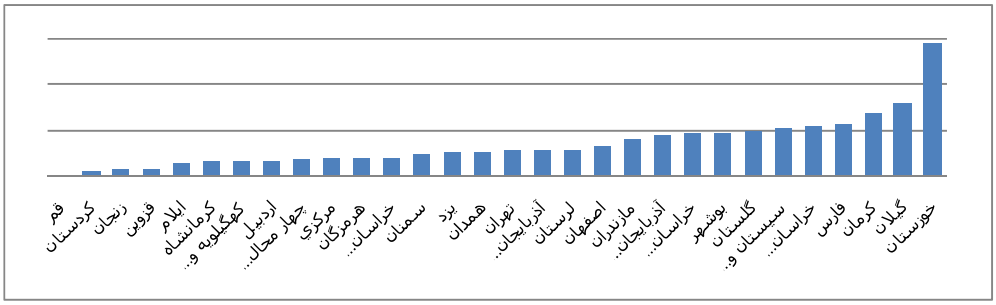
شکل ۱۰ نقشه پهنه‌بندی وقوع سیل در سال ۲۰۱۲ (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۲)

در جدول ۳ تعداد سیل‌های استان‌های کشور برای یک دوره ۲۵ ساله آمده است (خورسندی و همکاران، ۱۳۸۵).

جدول ۳ تعداد سیلاب استان‌ها (۱۳۵۰ تا ۱۳۷۵)

استان	تعداد	استان	تعداد	استان	تعداد
اردبیل	۱۷	زنجان	۷	**گلستان**	۲٦
اصفهان	۳۳	سمنان	۲٤	**گیلان**	۵۲
ایلام	۱۳	سیستان و بلوچستان	۵۵	**لرستان**	۳۰
آذربایجان شرقی	۲۸	فارس	۵۹	**مازندران**	۲٦
آذربایجان غربی	٤٦	**قزوین**	۸	**مرکزی**	۲۰
بوشهر	٤۸	**قم**	۲	**هرمزگان**	۲۱
تهران	۲۸	**کردستان**	٦	**همدان**	۲۷
چهارمحال و بختیاری	۱۸	**کرمان**	۷۲	**یزد**	۲٦
خراسان	۱۲۵	**کرمانشاه**	۱٦		
خوزستان	۱۱۷	**کهگیلویه و بویراحمد**	۱۷		

با استفاده از نقشه پهنه‌بندی وقوع سیل در ایران در سال ۲۰۱۲ میلادی و ارزیابی سیلاب‌های ایـران بـرای دوره ۲۵ ساله ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۵، رتبه‌بندی نهایی شکل ۱۱ را برای سیل‌خیز بودن استان‌ها خواهیم داشت:



شکل ۱۱ نمودار مربوط به رتبه‌بندی استان‌ها بر اساس سیل‌خیز بودن

رتبه‌بندی فوق به‌صورت رابطه (۹) حساب شده است.

$$score = \frac{a \times 25 + b}{26} \times c \qquad (۹)$$

که در آن a تعداد سیلاب‌های دوره‌ی ۲۵ ساله، b تعداد سیلاب‌های سال ۲۰۱۲ و c شدت سیلاب اسـت که توسط رابطه (۱۰) محاسبه شده است:

$$c = \begin{cases} \text{[illegible]} = 1.5 \\ \text{[illegible]} = 1.3 \\ \text{معمولی} = 1 \end{cases} \qquad (۱۰)$$

تعداد سیل‌های به وقوع پیوسته برای خراسان شمالی، جنوبی و رضوی بر حسب تعداد سیل‌های به وقوع پیوسته در سال ۲۰۱۲ برای دوره ۲۵ ساله با مقادیری به ترتیب، ۱۷٪، ٤٥٪ و ۳۸٪ تقریب زده شده است.

آتشفشان

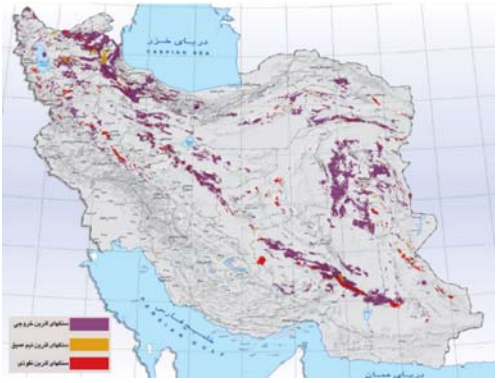
آتشفشان زمانی خطرناک است که فعال یا نیمه فعال و نزدیک به شهر باشد. یک آتشفشان زمانی آتشفشان فعال نامیده می‌شود که به‌تناوب فوران کند و یاعلائم فوران را نشان دهـد. آتشفشـان نیمـه فعـال، آتشفشـانی است که در گذشته فعال بوده ولی در زمان حاضر به اصطلاح خـواب مـی‌باشـد. آتشفشـان‌هـای نیمـه فعـال می‌توانند دوباره فوران کنند. این آتشفشان‌ها اغلب زلزله‌های کوچکی دارند.

هرچند هیچ سازمانی مرکز داده خود را در کنار آتشفشان برپا نمی‌سـازد ولـی مـی‌تـوان دوری از آتشفشـان و تأثیرات محیطی آن را به‌عنوان یک عامل در نظر گرفت. تأثیراتی که یک آتشفشان بر هوای محیط اطراف خود می-گذارد، به‌خصوص خاکستری که کیلومترها در محیط پخش می‌کند، می‌تواند بـه تجهیـزات مرکـز داده و سیسـتم تهویه مطبوع آن آسیب وارد کند. آتشفشان‌های دماوند در مازندران، سبلان در اردبیل، تفتان و بزمـان در سیسـتان-وبلوچستان، سهند در آذربایجان‌شرقی، قلعه حسن‌علی در کرمان، به همراه آتشفشان بدون نام دیگری در سیستان-وبلوچستان و آتشفشان آرارات در مرز ایران با کشور آذربایجـان و ارمنسـتان (در مجـاورت آذربایجـان‌غربـی) از

آتشفشان‌های مهم ایران هستند که موقعیت جغرافیایی آن‌ها درشکل ۱۲آمده است.شکل ۱۳نیز پراکندگی سنگ‌های آذرین در ایران را نشان می‌دهد که می‌تواند نشان‌دهنده محدوده فعالیت‌های کوه‌های آتشفشان در گذشته باشد.

شکل ۱۲ نقشه آتشفشان‌های ایران

(ولکانو دیسکاوری، ۲۰۱٦)



شکل ۱۳ نقشه پهنه‌بندی سنگ‌های آذرین

(سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

رنگ بنفش پراکندگی سنگ‌های آذرین بیرونیبا به عبارتی پراکندگی سنگ‌های آتشفشانی را نشان می‌دهد. آتشفشان‌های بزمان، تفتان و دماوند جزء آتشفشان‌های فعال محسوب می‌شوند. برای هر آتشفشان باید محدوده زیر پوشش آن نیز مدنظر قرار گیرد؛ مانند تهران که در مجاورت کوه دماوند می‌باشند هرچند که این کوه در استان مازندران واقع می‌باشد. به طور معمول تا شعاع ۳۰ کیلومتری آتشفشان محدوده خطر به شمار می‌رود.

آمار آتشفشان‌های ایران با استفاده از منابع گوناگون به صورت جدول ٤ است.

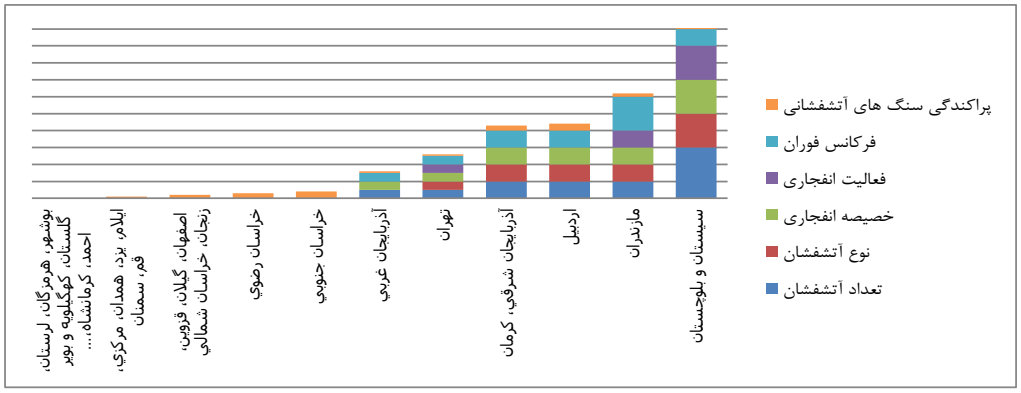
جدول ٤ آمار مربوط به آتشفشان‌های ایران

نام	استان	نوع	وضعیت	آخرین فوران	VEI
دماوند	مازندران	استراتوولکان	فعال	۷۳۰۰، ۲۵، ٦۵ و ۱۰۰ هزار سال پیش	٤
تفتان	سیستان و بلوچستان	استراتوولکان	فعال	دوره هلوسن	نامعلوم
بزمان	سیستان و بلوچستان	استراتوولکان	فعال	دوره پلیستوسن	نامعلوم
بی‌نام	سیستان و بلوچستان	ولکانیک فیلد[1]	خاموش	دوره هلوسن	نامعلوم
سهند	آذربایجان شرقی	استراتوولکان	خاموش	دوره هلوسن	نامعلوم
سبلان	اردبیل	استراتوولکان	خاموش	دوره هلوسن	نامعلوم
قلعه حسن علی	کرمان	مارس	خاموش	دوره هلوسن	نامعلوم
آرارات	آذربایجان غربی	ولکانیک فیلد	خاموش	دوره پلیستوسن	نامعلوم

1Volcanic field

سیستم ملی هشداردهنده زود هنگام آتشفشان[1] (ایورت[2] و همکاران، ۲۰۰۶) موسوم به NVEWSبه‌منظور ارزیابی خطر آتشفشان در ایالات‌متحده با تجزیه و تحلیل و ارزیابی عوامل متعددی که در وقوع آتشفشان مطرح است ساخته شده است. سیستم NVEWS لیستی از معیارهای خطر ارائه می‌دهد که هر معیار در صورت وجود در یک شهر یک نمره محسوب می‌شود. این معیارها شامل معیارهای متفاوتی، از جمله معیارهای انسانی و تجاری می‌باشد که نمی‌توان از همه آن‌ها برای هدف این مقاله استفاده کرد. هر کدام از معیارها نیز به دو صورت نمره محافظه‌کارانه[3] و نمره حداکثر[4] نمره‌دهی می‌شوند (کینویگ[5] و همکاران ۲۰۱۰).

در این بخش سعی شده است معیارهای اصلی با تمرکز بر ساخت مرکز داده تا حد ممکن سنجیده شده یا از معیارهای مشابه استفاده شود و خطر آتشفشان برای استان‌های کشور با الهام از روش NVEWS ارزیابی شود. ضمناً برای ارزیابی از نمره حداکثر استفاده می‌شود. نتیجه این رتبه‌بندی در شکل ۱۴ آمده است:



شکل ۱۴ نمودار رتبه‌بندیبرحسب خطر آتشفشان

در نمودار فوق رتبه‌بندی با استفاده از رابطه (۱۱) به دست آمده است:

$$score = n + type + VEI + EA + ER + S \qquad (11)$$

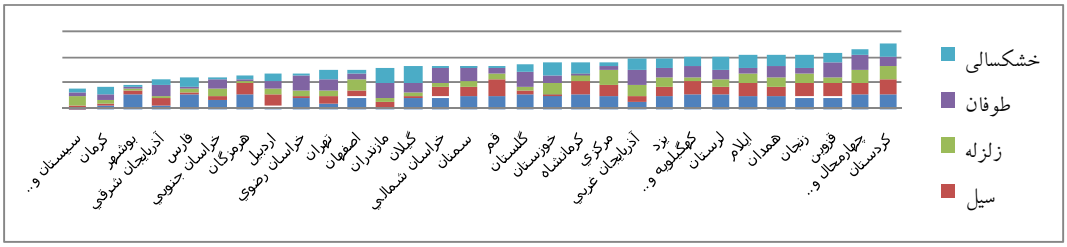
که در آن *score* درجه خطر آتشفشان در استان، n تعداد آتشفشان‌های استان،*type*نوع آتشفشان مانند استراتوولکان[6] یا مارس[7] (آتشفشان قوی=۱، آتشفشان ضعیف=۰)، *VEI*شاخص عمومی خصیصه انفجاری فوران (بین ۳ تا ۴ نمره ۱، بین ۵ تا ۶ نمره ۲، عدم وجود اطلاعات نمره *type*)، *EA* فعالیت انفجاری (فعالیت در ۵۰۰

1 National Volcano Early Warning System
2 Ewert
3 Conservative Score (CS)
4 Extreme Score (ES)
5 Kinvig
6 Stratovolcano
7 Maars

سال گذشته نمره ۱، عدم فعالیت در ۵۰۰ سال گذشته نمره ۰) که با فعال بودن آتشفشان جایگزین شده است، *ER* فرکانس فوران که با آخرین فوران جایگزین شده است (بین ۱ تا ۹۹ سال نمره ٤، بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ سال نمره ۳، بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ سال نمره ۲، دوره هلوسن نمره ۱) و*S* پراکندگی سنگ‌های آتشفشانی در یک استان است که به عنوان یک معیار برای آن استان به کار برده‌ایم و گویای فوران آتشفشان‌های آن استان در گذشته می‌باشد و بر اساس چگالی پراکندگی نشان داده شده در نقشه پهنه‌بندی سنگ‌های آذرین مقداری بین ۰ تا ۰,۵ به آن اختصاص داده شده است. تهران نیز به دلیل مجاورت با کوه دماوند و آذربایجان غربی به دلیل مجاورت با کوه آرارات نیمی از امتیازات معیارهای مربوط به این آتشفشان‌ها را شامل شده‌اند.

ارزیابی نهایی

پس از ارزیابی جداگانه معیارهای انتخاب مکان یک مرکز داده، برای انتخاب بهترین مکان برایک مرکز داده ملی از منظر حوادث طبیعی نیاز به ادغام معیارها و ارزیابی نهایی است. برای رتبه‌بندی نهایی می‌توان از روش‌های متفاوتی همچون روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و یا رأی‌گیری استفاده کرد. در این مقاله از روش رأی‌گیری اکثریت استفاده شده است. برای این کار به هر استان در ازای هر معیار رتبه‌ای بین ۱ تا ۳۰ بر اساس رتبه‌بندی‌های صورت گرفته در بخش‌های قبلی داده می‌شود. در نهایت هر استان که بیشترین رأی با رتبه بالاتر را داشته باشد، یعنی در اکثر معیارها رتبه بالایی (نه لزوماً بالاترین) کسب کرده باشد، در رتبه‌بندی نهایی توسط نرم‌افزار انتخاب خواهدشد. رتبه‌بندی شکل ۱۵ نتیجه حاصل از نرم‌افزار رایانه‌ای تهیه شده است (بدون وزن).



شکل ۱۵ نمودار رتبه‌بندی نهایی بر اساس تمامی شاخص‌ها

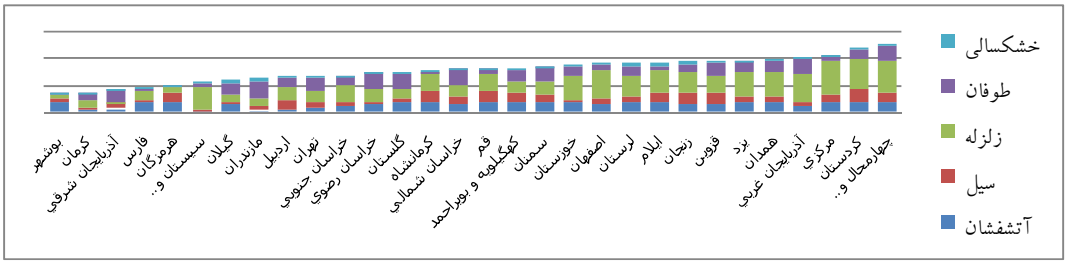
اما این رتبه‌بندی نمی‌تواند دقیق باشد زیرا تمام معیارها دارای تأثیر یکسانی هستند. به‌عنوان‌مثال تأثیر زلزله با آتشفشان یا خشکسالی یکی نیست؛ بنابراین برای بالا بردن دقت و کاربردپذیری در روش پیشنهادی، تأثیر گذاری معیارهای مرکز داده توسط متخصصان سنجیده شده و با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی وزن هر یک معیارها محاسبه می‌شود. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یک روش مبتنی بر دانش کارشناسی است و وزن‌ها با توجه به اهمیتی که هر یک از کارشناسان برای هر یک از معیارها قائل هستند، به دست می‌آید. در این مقاله، اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر بر اساس توزیع و جمع‌آوری پرسشنامه بین چندی از متخصصین

رشته نرم‌افزار و فناوری اطلاعات به دست آمده است. پایایی پرسشنامه بر اساس ضریب آلفای کرونباخ سنجیده شده و مقدار ۰,۷۰۵ برای آن به دست آمده است. برای محاسبه وزن نسبیپس از تحلیل سلسله مراتبی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود (ساتی، ۱۹۸۰) که در این مقاله از روش تقریبی میانگین حسابی برای وزن‌دهی استفاده شده است. وزن نسبی معیارهای محاسبه شده در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵ وزن محاسبه شده معیارها

معیار	زمین‌لرزه	خشکسالی	طوفان	سیل	آتشفشان
ضریب تأثیر	٪٤٧	٪٤	٪٢١	٪١٥	٪١٣

بنابراین برای تشکیل یک مرکز داده ملی، اگر وزن‌دهی معیارها طبق جدول ۵صورت پذیرد، نرم افزار رتبه‌بندی شکل ١٦ را تعیین خواهد کرد.



شکل ١٦ نمودار رتبه‌بندی نهایی به‌صورت وزنی بر اساس تمامی شاخص‌ها

در صورت تغییر وزن هر یک از معیارها برحسب نیاز در نرم‌افزار تهیه شده، یک رتبه‌بندی متفاوت به دست خواهد آمد؛ بنابراین شناخت نیازهای اساسی و وزن‌دهی مناسب به هر یک از معیارها یک اصل خواهد بود که باید رعایت شود.

۵. نتیجه‌گیری

پس از آشنایی با معیارهای انتخاب یک مرکز داده، چگونگی انتخاب بهترین مکان برای یک مرکز داده فرآیندی است که نیاز به تعیین دقیق اهداف مرکز داده توسط مدیران دارد. تعریف دقیق نیازمندی‌های مرکز داده برای پیشبرد فرآیند انتخاب حیاتی است. هر فرد یا تجارت یا هدفی که مرکز داده برای آن یا بر اساس آن تأسیس می‌شود، رتبه‌های خاص خود و معیارهای خاص خود را دارد که می‌تواند باعث برتری یک عامل بر عامل دیگر شود و باید مدنظر قرار گیرد.

نتایج این تحقیق نشان داد که حوادث طبیعی از جمله خشکسالی، طوفان شن، طوفان گرد و غبار، سیل، زلزله و آتشفشان چه تاثیری می‌تواند در محل استقرار مرکز داده ملی داشته باشد. در نهایت بر اساس معیارها و

شاخص‌های ارائه شده، رتبه‌بندی وزن دار با رعایت فاصله معیارهاو با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی تعیین و در قالب یک نمودار جامع ارائه گردید. همانطور که از نمودار نهایی مشخص است شهرهای شهرکرد، سنندج، اراک، ارومیه و همدان از نظر حوادث طبیعی در اولویت استقرار مرکز داده ملی و شهرهای بوشهر، کرمان، تبریز، شیراز و بندرعباس در پایین‌ترین اولویت می‌باشند. رتبه‌بندی حاضر صرفاً از دیدگاه حوادث طبیعی است ولی بسته به نوع کاربرد باید دیگر معیارهای انتخاب مرکز داده نیز لحاظ شوند. به عنوان مثال اگر جنبه امنیت ملی یک مرکز داده مد نظر باشد، معیار جنگ و تروریسم می‌تواند باعث ارتقای رتبه‌ی شهرهای اراک و یزد نسبت به شهرهای سنندج و ارومیه باشد. از سوی دیگر اگر معیار توسعه یافتگی و زیرساخت یک شهر نیز مدنظر باشد، کلان شهرهایی مانند اصفهان می‌توانند رتبه بالاتری به دست آورند. پیشنهاد می‌شود در تحقیق‌های مشابه سایر عوامل مهم در استقرار مراکز داده با معیار حوادث طبیعی ادغام کرده تا رتبه‌بندی مناسب‌تری برای جایابی مرکز داده ملی بیابیم. ادغام تمام این معیارها، نیازمند یک وزن‌دهی مناسب به آن‌ها خواهد بود.

در این مقاله برای رتبه‌بندی از فاصله یکسانی برای امتیازات شهرها استفاده شده است (یک واحد فاصله بین ۱ تا ۳۰ به ترتیب) وبه عنوان یکی دیگر از کارهای آتی در این پژوهش می‌توان به کارگیری فاصله مناسب برای امتیازدهی نهایی شهرها را بیان کرد که در آن امتیاز شهرها بر اساس فاصله معیارشان نسبت به یکدیگر حساب می‌شود که تک‌تک به ازای هر معیار برای تمام شهرها حساب می‌شود تا علاوه بر رسیدن به دقت بالاتر، وزن هر معیار تأثیر خود را بهتر نشان دهد.

ارزیابی‌های صورت گرفته در این مقاله برحسب استان صورت گرفته که دانه‌بندی دقیقی برای مکان برپایی یک مرکز داده نیست و به‌عنوان یکی از کارهای آتی در این پروژه قصد داریم این معیارها را به صورت دقیق‌تر برای شهرهای کشور به جای استان‌ها انجام دهیم. همچنین در این پژوهش سعی شده است آمار کامل و دقیقی از معیارها داشته باشیم که البته با مشکلات و کمبودهایی در این راه روبرو بوده‌ایم و دستیابی به جزئیات بیشتر، دقیق‌تر و به‌روزتر از وضعیت معیارهای مختلف با استفاده از تعامل کامل‌تر با مراکز آمار را می‌توان به عنوان یکی دیگر از کارهای آتی در این پژوهش معرفی کرد.

کتابنامه

اسفندیاری درآباد، ف؛ غفاری گیلانده، ع؛ لطفی، خ؛ ۱۳۹۳. ارزیابی پتانسیل روانگرایی خاک در اثر وقوع زلزله با استفاده از روش VS (مطالعه موردی: شهر اردبیل). جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۳(۱)، ۱-۱۵.

اطلس‌های زمین شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، وزارت صنایع و معادن، نقشه پراکندگی سنگ‌های آذرین، http://www.gsi.ir

پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزلهٔ ایران، (دسترسی در ۱۳۹٤)، http://www.iiees.ac.ir

توکلی، ب؛ غفوری آشتیانی، م؛ ۱۳۷۸. نقشه خطر لرزه‌ای ایران، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزلهٔ ایران

خورسندی، ح؛ و همکاران؛ ۱۳۸۵. پیش‌نویس راهنمای ارزیابی خسارت سیلاب، نشریه وزارت نیرو، مدیریت منابع آب ایران، شماره ۲۹۶-الف.

زارع ابیانه، ح؛ قبائی سوق، م؛ مساعدی، ا؛۱۳۹٤. پایش خشک‌سالی بر مبنای شاخص بارش- تبخیر و تعرق استاندارد شده (SPEI)تحت تأثیر تغییر اقلیم. نشریه آب و خاک، ۲۹(۲), ۳۷٤-۳۹۲.

سازمان هواشناسی کشور، پژوهشکده اقلیم شناسی، مرکز ملی اقلیم شناسی؛ ۱۳۹۲)، خلاصه رخدادهای حدی اقلیمی ایران در سال ۲۰۱۲، http://www.cri.ac.ir

شمسی پور، ع؛ شیخی، م؛ ۱۳۸۹. پهنه‌بندی مناطق حساس و آسیب‌پذیری محیطی در ناحیه غرب فارس با روش طبقه‌بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. دوره‌ی ٤۲، شماره ۷۳، ص ٦۸-۵۳.

عکاشه، ب؛ ۱۳۸۹. احتمال وقوع زلزله در تهران، جام جم آنلاین،
http://www1.jamejamonline.ir/newstext.aspx?newsnum=100873393749

مرکز لرزه نگاری کشور، مرکز ژئوفیزیک دانشگاه تهران، (دسترسی در ۱۳۹۵)، http://irsc.ut.ac.ir

مرکز ملی اقلیم شناسی، پژوهشکده اقلیم شناسی، (دسترسی در ۱۳۹٤)، http://www.cri.ac.ir

مرکز ملی خشک‌سالی و مدیریت بحران، سازمان هواشناسی کشور؛ ۱۳۹٤. نقشه پهنه‌بندی خشک‌سالی، http://ndwmc.irimo.ir

مفیدی، ع؛ حسین زاده، ر؛ محمدیاریان، م؛ ۱۳۹۲. پهنه بندی مخاطرات جوی منطقه شمال شرق ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۲(۲)، ۱-۱٦.

نشریه مرکز آمار ایران؛ ۱۳۹۳. سالنامه آماری کشور.

نقشه میانگین بارندگی سالیانه، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور،

Bell, M. A. (2005).Use best practices to design data center facilities , (ID: G00127434). Retrieved from Gartner database.

California Data Center Design Group,(2016, December 4), Site Selection Criteria for a Critical Data Center, Data Center Journal Online, Retrieved from
http://www.cdcdg.com/index.php/article-4.

Dubrovsky, M., Svoboda, M.D., Trnka, M., Hayes, M.J., Wilhite, D.A., …&Hlavinka, P. (2008).Application of relative drought indices in assessing climate-change impacts on drought conditions in Czechia. *Theoretical Applied Climatology, 96*, 155–171.

Ewert, J., Guffanti, M., Cervelli, P., Quick, J.(2006).The national volcano early warning system (NVEWS),*U.S. Geological Survey*,Fact Sheet FS-2006-3142.

Hayes, M. J. (2000). Revisiting the SPI: Clarifying the process.*Drought Network News, 12*(1), 13–14.

Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Wilhite, D. A.,&Vanyarkho, O. V. (1999).Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. *Bulletin of the American Meteorological Society, 80(3)*, 429–438.

Kinvig, H. S., Winson, A.,&Gottsmann, J. (2010).Analysis of volcanic threat from Nisyros Island, Greece, with implications for aviation and population exposure.*Natural Hazards and Earth System Science, 10*(6), 1101-1113.

Mastin, L. G., Guffanti, M., Ewert, J. W.,&Spiegel,J. (2009).Preliminary spreadsheet of eruption source parameters for volcanoes of the world.*U.S. Geological Survey Open-File Report, 2009-1113*, v. 1.2,25 pp.

McKee, T. B., Doesken, N. J.,&Kleist, J.(1993, January). The relation of drought frequency and duration to time scales.*Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society*, 179-184, Anaheim,CA.

Mena, M., Musilli, J., Austin, E., Lee, J.,&Vaccaro, P. (2014).Selecting a data center site: Intel's Approach, Intel (white paper)., Intel IT, Intel Corporation.

Mortazavi, M., Sparks, R., &Amigo, A. (2009).Evidence for recent large magnitude explosive eruptions at Damavand volcano: Iran with implications for volcanic hazards. *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, 20*(3), 253-264.

Rath, J. (2007). *Datacenter site selection.*Rath Consulting, Data Center Knowledge.

Saaty, T.L. (1980).*The analytic hierarchy process.*New York, NY:McGraw-Hill.

Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S.,&López-Moreno, J.I. (2010).A multi–scalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index – SPEI. *Journal of Climate, 23*(7), 1696–1718.

Volcanoes of Iran (8 volcanoes).(2016, December 4), Retrieved from http://www.volcanodiscovery.com/iran.html .