علوم رایانش و فناوری اطلاعات
نشریه علمی انجمن کامپیوتر ایران
مجلد ۱۳، شماره ۲، ۱۳۹۴
صفحات ۱-۱۳
مقاله عادی

نشریه علوم رایانش و فناوری اطلاعات

یافتن بهترین مکان جغرافیایی برای مرکز داده سبز در ایران با توجه به شرایط اقلیمی، سیاسی و اجتماعی

مجید حاجی بابا سعید گرگین

پژوهشکده برق و کامپیوتر، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران

چکیده

شناسایی و تعیین مختصات جغرافیایی مکان مراکز داده، برای سازمان‌ها دارای اهمیت بسزایی است. ارزیابی،شناسایی و تعیین مختصات به فاکتورها، معیارها و پارامترهای مختلفی وابسته است که این تنوع پیچیدگی، تصمیم‌گیری برای مدیران سطح بالا را دوچندان می‌سازد. این مقاله برای اولین بار، به بررسی جامع معیارهای تصمیم‌گیری و تبیین گزینه‌های در دسترس برای میزبانی مراکز داده بومی سبز در ایران می‌پردازد. سیستم ارائه شده در این مقاله، با بررسی و ارزیابی لیست جامعی از عوامل بالقوه و با توجه به شرایط اقلیمی، سیاسی و اجتماعی ایران و دیگر فاکتورهای موثر، استان‌ها را به منظور تعیین مختصات جغرافیایی مراکز داده رتبه‌بندی می‌کند. در این سیستم بیش از ۴۰ معیار در قالب ۴ دسته اصلی شامل آب و هوا، حوادث طبیعی، امکانات و حوادث غیرطبیعی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. فرآیند استنتاج این سیستم، با ادغام و وزن‌دهی به پارامترها با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و براساس نظرسنجی بین متخصصان و استفاده از رای‌گیری اکثریت، با فرآیندی تطبیقی و انعطاف‌پذیر تکمیل می‌شود و با صحت بسیار بالا به ترتیب نواحی جغرافیایی مناسب را پیشنهاد می‌دهد.

کلمات کلیدی: مرکز داده، مرکز داده سبز، جایابی مرکز داده، معیارهای انتخاب مکان مرکز داده، رتبه‌بندی استان‌ها.

۱- مقدمه

محل استقرار مرکز داده اغلب جزء اولین معیارهای مورد بحث در هنگام برپایی یک مرکز داده جدید است و برای اکثر سازمان‌ها حیاتی است؛ نه تنها به این دلیل که میزبان تجهیزات و سرویس‌هایشان خواهد بود، بلکه این مکان تا مدت زیادی تغییر نخواهد کرد و از آنجایی‌که انتخاب محل استقرار برای 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 می‌بینند که باید مدنظر قرار دهد. در مورد آنچه مهم‌ترین عوامل تصمیم‌گیری در جایابی یک مرکز داده هستند، مطالعاتی صورت گرفته است [۲۵، ۲۶]. به طور کلی عوامل مهم در انتخاب مکان مرکز داده عبارتند از: وضعیت آب و هوا، حوادث طبیعی مانند سیل و زمین‌لرزه، حوادث غیر طبیعی مانند جنگ و تروریسم، دسترسی به زیرساخت‌های ارتباطی، تامین پایدار برق و الکتریسیته، راحتی حمل و نقل و دسترس بودن نیروی انسانی واجد شرایط برای کار در مرکز داده.

البته عوامل موثر 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.

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.

در این مقاله بیش از ۴۰ معیار در قالب ۴ دسته اصلی و ۱۳ زیر دسته مورد ارزیابی قرار گرفته است. دسته‌های اصلی شامل آب و هوا، حوادث طبیعی، امکانات و حوادث غیرطبیعی می‌باشند. 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 که زیر دسته‌های این معیارها را تشکیل می‌دهند.

در بخش‌های بعدی این مقاله هر کدام از این دسته‌ها و زیر دسته‌ها به منظور یافتن مطلوب‌ترین استان برای یک مرکز داده بررسی خواهند شد. سپس هر یک از استان‌ها به‌ترتیب مناسب بودن برای میزبانی مرکز داده، با توجه به آن عامل خاص رتبه‌بندی می‌شوند. به هر یک از عوامل یک ضریب تأثیر اضافه خواهد شد و گویای اهمیت آن عامل از نقطه نظر فناوری اطلاعات و سبز بودن مرکز داده می‌باشد. در نهایت با به دست آوردن میانگین وزنی، بهترین استان‌ها برای میزبانی مرکز داده سبز معرفی خواهند شد.

۲- آب و هوا

بهره‌گیری از سرمایش رایگان عامل بسیار مهمی است که برای یافتن مکان یک مرکز داده، به ویژه در مورد یک مرکز داده سبز[1] باید مد نظر قرار داد. از آنجایی که خنک‌کننده‌ها بخش اعظمی از مصرف انرژی در مراکز داده را دارند، افزایش ساعات استفاده‌ی مرکز داده از صرفه‌جوگرها[2] به منظور صرفه‌جویی اقتصادی، بیشترین تأثیر را در بهره‌گیری انرژی در مرکز داده خواهد داشت. صرفه‌جوگرها سرمایش را از طریق هوای بیرون به منظور کاهش یا حذف نیاز به دستگاه‌های خنک‌کننده فراهم می‌آورند. تعداد ساعاتی که می‌توان از صرفه‌جوگرها استفاده کرد براساس وضعیت آب و هوایی محل مرکز داده متفاوت است. بنابراین یافتن مکانی که در آن پایین بودن دمای محیط نیاز به خنک‌کننده‌ها را کم کند، فرصت مناسبی برای بهره‌گیری از سرمایش رایگان فراهم خواهد کرد.

در این بخش وضعیت آب و هوایی شهرهای مختلف کشور با هم مقایسه شده و با شرایطی که یک مرکز داده نیاز دارد مطابقت داده شده و شهر (استان)ها رتبه‌بندی می‌شوند.

طبق گزارش ASHRAE در سال ۲۰۱۱ محدوده دمای هوا برای سرورها در یک مرکز داده باید بین ۱۸ تا ۲۷ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی هوا ۶۰٪ باشد [۱۹، ۲۰].

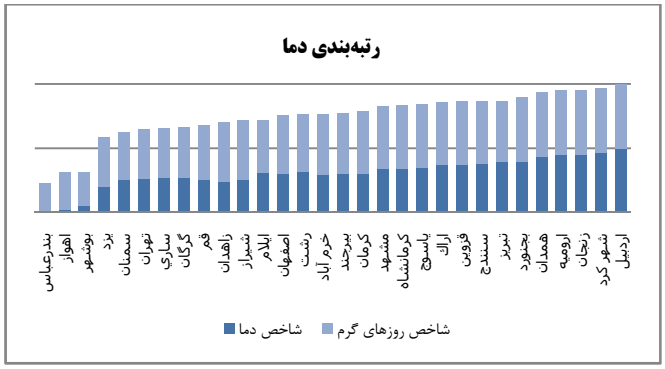
حال وضعیت آب و هوای استان‌های کشور (مراکز استان‌ها) برای تطابق با این عوامل بررسی خواهد شد. باید توجه شود که در اینجا از میانگین به جای آمار ساعت به ساعت وضعیت آب و هوای شهرها استفاده شده است.

۲-۱- دما

برای استفاده از سرمایش رایگان از طریق هوای بیرون به طور کلی دمای مناسب محیط باید در محدوده ۱۰- تا ۱۵ (با آستانه حداقل ۳۰-) درجه سانتی‌گراد باشد. با مقایسه این مقادیر با میانگین حداقل و میانگین حداکثر دمای شهرها و محاسبه میزان انحراف آنها، رتبه‌بندی شهرها را به‌دست می‌آوریم. آمار دیگری که در این زمینه می‌تواند به ما کمک کند، میانگین تعداد روزهایی از سال است که یک شهر دمای حداقل ۲۱ درجه یا بیش از آن داشته است که توسط ایستگاه‌های سینوپتیک کشور [۱۸] به‌دست آمده است و گویای تعداد روزهایی است که قطعاً نمی‌توان از سرمایش رایگان از طریق هوای بیرون در هیچ ساعتی از روز استفاده کرد.

پس از بررسی آمار از آنجایی‌که همه شهرها حداقل دمایی بالاتر از ۱۰- (و البته ۳۰-) درجه سانتی‌گراد دارند این آستانه نادیده گرفته شده و تنها حد کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد به کار گرفته خواهد شد. برای اینکه نوسانات هوا تا حدی در نظر گرفته شود از میانگین حداقل دما و میانگین حداکثر دما به جای میانگین دما استفاده می‌کنیم. ضمناً از آنجایی‌که با میانگین حداقل و حداکثر دما کار می‌کنیم بنابراین هر چه فاصله بیشتری از ۱۵ درجه داشته باشیم، رتبه بالاتری خواهیم داشت.

با بررسی میانگین حداقل و میانگین حداکثر دمای مراکز استان‌ها در پنج سال ۸۶ تا۹۰ [۷] و میانگین تعداد روزهایی که یک شهر در دراز مدت دمای حداقل ۲۱ درجه یا بیش از آن داشته است [۱۸]، نمودار رتبه‌بندی شهرها بر حسب معیار دما براساس شکل ۱ می‌باشد.



شکل ۱- نمودار رتبه‌بندی شهرها براساس شاخص دما

این رتبه‌بندی طبق رابطه (۱) به‌دست آمده است:

$$score = A * 0.5 + B * 0.5 \quad (۱)$$

که در آن A مجموع فاصله میانگین حداقل و میانگین حداکثر از مقدار مطلوب ۱۵ درجه سانتی‌گراد است و B تعداد روزهایی از سال است که ممکن است بتوان در ساعاتی از روز از سرمایش رایگان از طریق هوای بیرون استفاده کرد. A و B نیز طبق رابطه (۲) و (۳) به‌دست می‌آیند:

$$A = \frac{(a-15)+(b-15)+25}{35} \quad (۲)$$

$$B = \frac{365-c}{365} \quad (۳)$$

که در آن a میانگین حداقل دما، b میانگین حداکثر دما و ۱۵ حد بالای دما می‌باشد که به عنوان معیار فاصله استفاده شده است. عدد ۲۵ به‌عنوان بیشترین فاصله منفی به‌منظور مثبت کردن مقادیر استفاده شده و عدد ۳۵ به‌عنوان بیشترین فاصله مثبت برای نرمال کردن مقادیر بین ۰ و ۱ استفاده شده است. مقدار c میانگین تعداد روزهایی از سال است که نمی‌توان در هیچ ساعتی از روز از سرمایش رایگان استفاده کرد.

بنابراین اردبیل بهترین شهر (استان) برای بهره بردن از سرمایش رایگان است و اگر تنها سبز بودن یک مرکز داده اولویت باشد، بدون توجه به دیگر معیارها، می‌توان گفت رتبه‌بندی شکل ۱رتبه‌بندی نهایی خواهد بود، که البته فرض صحیحی نیست.

۲-۲- رطوبت نسبی

رطوبت نسبی واژه‌ای است که به منظور بیان وضعیت رطوبت هوا استفاده می‌شود و در حقیقت بیان می‌کند که در یک دمای مشخص، هوا به چه میزان به حالت اشباع نزدیک است. در حجم هوایی با دما و فشار معین، رطوبت نسبی بیان کننده نسبت بخار آب موجود به مقدار آب مورد نیاز جهت اشباع آن حجم هوا می‌باشد.

چون فشار واقعی بخار آب موجود در هوا در طول شبانه روز تغییر چندانی نمی‌یابد، عامل اصلی تغییر رطوبت نسبی روزانه، تغییر دما می‌باشد. با سرد شدن هوا در شب و گرم شدن آن در طول روز رطوبت نسبی به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد. حداکثر رطوبت نسبی، معمولاً در صبحگاه به هنگام وقوع کمینه دما و حداقل رطوبت نسبی در ظهر به‌هنگام وقوع بیشینه دما اتفاق می‌افتد.

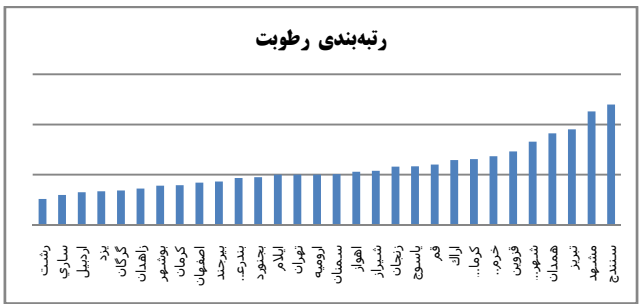
در صورتی که رطوبت هوای بیرون برای سرورها مناسب باشد دیگر نیازی به مرطوب کردن هوای بیرون نیست. ازآنجایی‌که طبق گزارش ASHRAE در سال ۲۰۱۱ رطوبت نسبی بین ۲۰٪ تا ۸۰٪ برای مراکز داده مناسب دیده شده است [۱۹]، این مقادیر را به عنوان آستانه قرار داده و شهرها را براساس آن رتبه‌بندی می‌کنیم.

برای ارزیابی تناسب شهرها میانگین حداکثر و حداقل رطوبت شهرها را حساب کرده و انحراف مجموع آن‌ها از ۵۰٪ را ملاک قرار داده و براساس کمترین انحراف به بیشترین، رتبه‌بندی می‌کنیم. در نهایت نمودار شکل ۲ را خواهیم داشت که با تحلیل اطلاعات به دست آمده از سالنامه آماری مراکز استان‌ها در دهه ۸۱ تا ۹۰ شکل گرفته است [۷].

برای این رتبه‌بندی از رابطه (۴) استفاده شده است:

$$\text{score} = \log \frac{1}{\left|\frac{a+b}{2} - 50\right|} \qquad (۴)$$

که در آن a میانگین کمینه و b میانگین بیشینه رطوبت نسبی مراکز استان در دهه اخیر می‌باشد و ۵۰ میانگین رطوبت نسبی مناسب برای سرورها می‌باشد.



شکل ۲- رتبه‌بندی شهرها براساس شاخص رطوبت

با استفاده از این رابطه شهرهایی با رطوبت بالای ۸۰٪ و زیر ۲۰٪ در انتهای رتبه‌بندی قرار دارند.

۳- حوادث طبیعی

عملکرد یک مرکز داده می‌تواند به راحتی توسط حوادث طبیعی به خطر بیافتد. حوادث طبیعی از جمله زمین‌لرزه، آتشفشان، طوفان، سیل و گردباد همیشه برای یک مرکز داده تهدید به حساب می‌آید. معمولا 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.

در اینجا حوادث 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.

۳-۱- زمین‌لرزه

ایران کشوری لرزه‌خیز است و در ایران زلزله به عنوان اولین فاجعه طبیعی برای انسان محسوب می‌شود. ایران بر روی یکی از دو کمربند بزرگ لرزه‌خیزی جهان قرار دارد و در ردیف ۱۰ کشور اول زلزله‌خیز جهان قرار دارد که هر ساله زلزله‌های بزرگ و کوچکی در آن به وقوع می‌پیوندد.

مکان استقرار یک مرکز داده باید از نقطه نظر زلزله بررسی شده و در محل مناسبی قرار گیرد. نه تنها احتمال وقوع زمین‌لرزه باید مدنظر 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 و بیشتر در ماسه شل و اشباع رخ می‌دهد. در این حالت خاک به صورت یک مایع رفتار می‌کند. 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 در نهایت خرابی‌هایی برای توزیع برق، آب، سوخت و غیره می‌شود و باعث از کار افتادن مرکز داده خواهد شد.

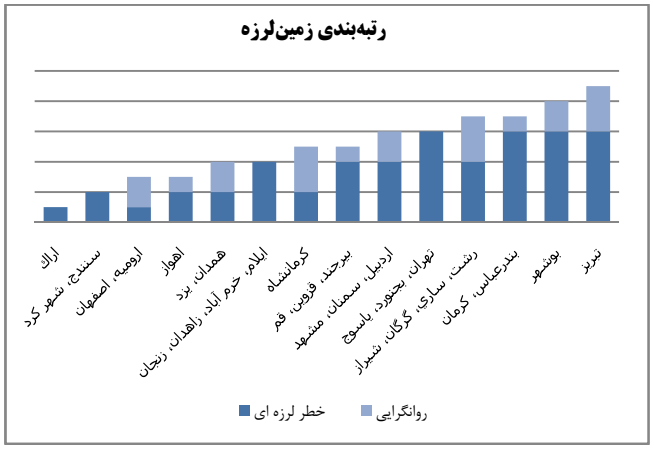
برای ارزیابی خطر زلزله از ترکیب قابلیت روانگرایی طبق نقشه قابلیت روانگرایی [۱۵] و خطر لرزه‌ای طبق نقشه خطر لرزه‌ای [۱۵] و نقشه توزیع گسل‌ها [۱۶] استفاده شده است. نقشه خطر لرزه‌ای نشان‌دهنده خطر زلزله در مناطق مختلف ایران با ۵۰٪ احتمال وقوع در ۵۰ سال آینده می‌باشد.

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

جدول ۱- امتیاز شاخص‌های مربوط به زمین‌لرزه

خصیصه	شدت	ضریب خطر زلزله
خطر لرزه‌ای	خیلی زیاد	۶
	زیاد	۴
	متوسط	۲
	کم	۱
قابلیت روانگرایی	زیاد	۳
	متوسط	۲
	کم	۱
	بدون روانگرایی	۰

با استفاده از آمار و امتیازهای فوق رتبه‌بندی شکل ۳ را برای استان‌های کشور خواهیم داشت که نشان دهنده زلزله‌خیز بودن شهرهاست.



شکل۳- رتبه‌بندی شهرها براساس خطر زمین‌لرزه

رتبه‌بندی فوق طبق رابطه (۵) به‌دست آمده است:

$$score = a + b \quad (۵)$$

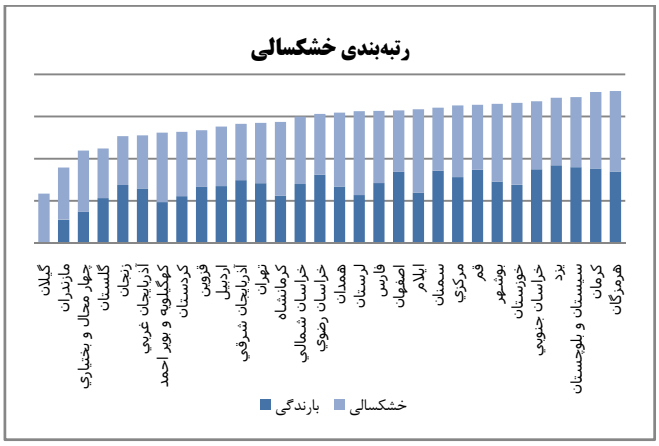
که در آن a ضریب خطر لرزه‌ای و b ضریب قابلیت روانگرایی طبق جدول ۱ است.

۳-۲- خشکسالی

از آنجایی‌که بسیاری از مراکز داده از جمله مراکز داده سبز، به سوی سرمایش مبتنی بر آب[۳] 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.

معمولاً برای اندازه‌گیری خشکسالی از شاخص شدت خشکسالی پالمر[۴] استفاده می‌شود که در مقیاس زمانی ماهانه به کار می‌رود و براساس دما، بارش، رطوبت خاک، تبخیر و تعرق و محاسبه فرمول‌های فراوان و نسبتاً پیچیده استوار است. در اینجا به دلیل در دسترس نبودن برخی آمار، از روش شرح داده شده در ادامه، استفاده می‌شود.

با تحلیل نقشه پهنه‌بندی خشکسالی که با استفاده از شاخص بارش استاندارد[۵] برای دو سال اخیر (۹۰-۹۱) توسط پژوهشکده اقلیم‌شناسی ایران تهیه شده است [۱۸]، نقشه میانگین بارندگی سالیانه ایران که توسط موسسه تحقیقات و مطالعات علوم اجتماعی اداره کل هواشناسی در سال ۱۳۹۰ تهیه شده [۱۳] و میانگین ارتفاع بارش سالانه استان‌های کشور در سال ۱۳۹۰ و در دهه اخیر که توسط اداره کل آمارو فن‌آوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی سازمان هواشناسی کشور تهیه و در سالنامه آماری کشور چاپ شده است [۷]، رتبه‌بندی شکل ۴ را برای خشکسالی استان‌ها خواهیم داشت.



شکل ۴- رتبه‌بندی استان‌ها براساس شاخص خشکسالی

شاخص بارش استاندارد براساس تفاوت بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی مشخص و سپس تقسیم آن بر انحراف معیار به دست می‌آید و تنها فاکتور مؤثر در محاسبه این شاخص عنصر بارندگی می‌باشد. براساس این شاخص می‌توان آستانه‌ی خشکسالی را برای هر دوره‌ی زمانی تعیین کرد.

برای این رتبه‌بندی از رابطه (۶) استفاده شده است:

$$score = \frac{A_i}{\max\{A_i\}} + \frac{B_i}{\max\{B_i\}} \quad (۶)$$

که در آن i اندیس استان، A_i شاخص بارندگی استان و B_i شاخص خشکسالی استان است که به ترتیب توسط رابطه (۷) و (۸) حساب می‌شوند. تقسیم شاخص‌ها به مقدار بیشینه‌شان به منظور نگاشت به بازه ۰ و ۱ می‌باشد تا عمل جمع دو شاخص منطقی باشد.

$$A = a * 0.9 + b * 0.1 \quad (۷)$$

$$B = c * 1 + d * 2 + e * 3 + f * 4 + g * 5 + h * 6 + k * 7 + m * 8 + n * 9 \quad (۸)$$

a میانگین بارندگی بلند مدت استان و b میزان بارندگی در سال ۱۳۹۰ 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.

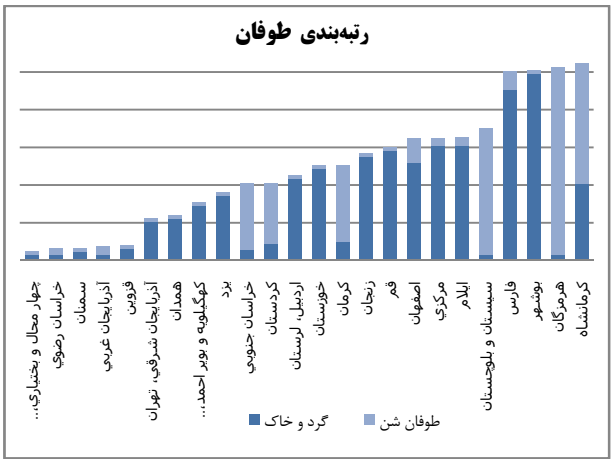
۳-۳- طوفان

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

گرد و غبار از جمله پدیده‌های طبیعی است که بیشتر در ماه‌های گرم سال به وقوع می‌پیوندد و مناطق وسیعی را در بر می‌گیرد. 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 خاک مربوط به استان‌های غربی می‌باشد که در سال‌های اخیر رشد فزاینده‌ای داشته است.

با استفاده از نقشه پهنه‌بندی تعداد روزهای همراه با گرد و خاک و نقشه پهنه‌بندی تعداد روزهای همراه با طوفان شن در سال ۲۰۱۲ [۱۲] رتبه‌بندی شهرها به صورت شکل ۵ خواهد بود:



شکل ۵- نمودار رتبه‌بندی استان‌ها براساس وقوع طوفان

برای این رتبه‌بندی از رابطه (۹) استفاده شده است:

$$score = \frac{A_i}{\max\{A_i\}} + \frac{B_i}{\max\{B_i\}} \quad (۹)$$

که در آن i اندیس استان، A_i شاخص طوفان شن و B_i شاخص طوفان گـرد و خاک استان (طی سال ۲۰۱۲) است که به ترتیب توسط رابطـه‌هـای (۱۰) و (۱۱) حساب می‌شوند.

$$A = a * 1 + b * 31 + c * 60 + d * 88 + e * 117 + f * 146 \quad (۱۰)$$

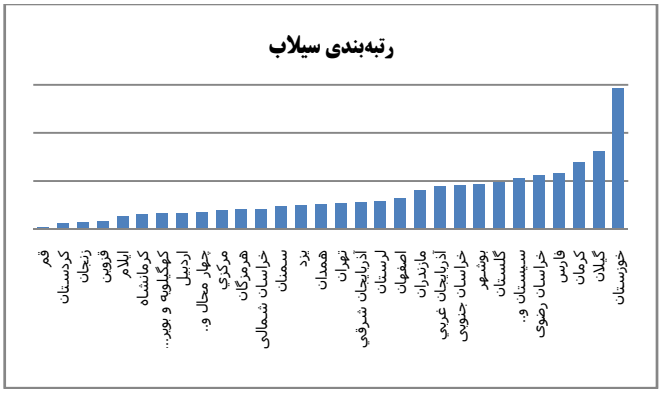
$$B = g * 1 + h * 20 + i * 38 + j * 57 + k * 75 + m * 93 \quad (۱۱)$$

که در آن a، b، c، d، e و f درصد مساحت استان به‌ترتیب شامل ۱ تا ۳۰، ۳۱ تا ۵۹، ۶۰ تا ۸۷، ۸۸ تا ۱۱۶، ۱۱۷ تا ۱۴۵ و ۱۴۶ تا ۱۷۰ روز 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 ۵۶، ۵۷ تا ۷۴، ۷۵ 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 است.

۳-۴- سیل

سیل نیز به همراه زلزله و خشکسالی از مخرب‌ترین بلای طبیعی در ایران است. شدت سیل‌خیزی در نقاط مختلف کشور یا به عبارت دیگر 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.

با استفاده از نقشه پهنه‌بندی وقوع سیل در ایران در سال ۲۰۱۲ میلادی [۱۲] و ارزیابی سیلاب‌های ایران برای دوره ۲۵ ساله‌ی ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۵ [۳]، رتبـه‌بنـدی نهایی شکل ۶ را برای سیل‌خیز بودن استان‌ها خواهیم داشت:



شکل ۶- نمودار مربوط به رتبه‌بندی استان‌ها براساس سیل‌خیز بودن

در مورد رتبه‌بندی فوق به صورت رابطه (۱۲) عمل شده است.

$$score = \frac{a*25+b}{26} * c \quad (۱۲)$$

که در آن a تعداد سیلاب‌های دوره‌ی ۲۵ سـاله، b تعـداد سـیلاب‌هـای سـال ۲۰۱۲ و c شدت سیلاب است که توسط رابطه (۱۳) محاسبه شده است:

$$c = \begin{Bmatrix} \text{بسیارشدید} = 1.9, \text{شدید} = 1.6, \\ \text{معمولی} = 1, \text{تاحدی‌شدید} = 1.3 \end{Bmatrix} \quad (۱۳)$$

تعداد سیل‌های به وقوع پیوسته برای خراسـان شـمالی، جنـوبی و رضـوی بـر حسب تعداد سیل‌های به وقـوع پیوسـته در سـال ۲۰۱۲ بـرای دوره ۲۵ سـاله بـا مقادیری به ترتیب، ۱۷٪، ۴۵٪ و ۳۸٪ تقریب زده شده است.

۳-۵- آتشفشان

آتشفشان زمانی خطرناک است که فعال یا نیمه فعال و نزدیک به شهر باشد. یک آتشفشان زمانی آتشفشان فعال نامیده می‌شود که به تناوب فوران کند و یا علایم فوران را نشان دهد. آتشفشان نیمه فعال، آتشفشانی است که در گذشته فعال بوده ولی در زمان حاضر به اصطلاح خواب می‌باشد. آتشفشان‌های نیمه فعال می‌توانند دوباره فوران کنند. این آتشفشان‌ها اغلب زلزله‌های کوچکی دارند.

هرچند هیچ سازمانی مرکز داده خود را در کنار آتشفشان برپا نمی‌سـازد ولـی می‌توان دوری از آتشفشان و تأثیرات محیطی آن را به عنـوان یـک عامـل در نظـر گرفت. تأثیراتی که یک آتشفشان بر هوای محیط اطراف خود می‌گذارد، به‌خصوص خاکستری که کیلومترها در محیط پخش می‌کند، می‌تواند به تجهیزات مرکـز داده و سیستم تهویه مطبوع آن آسیب وارد کند.

آتشفشـان‌هـای دماونـد در مازنـدران، سـبلان در اردبیـل، تفتـان و بزمـان در سیستان و بلوچستان، سهند در آذربایجان شرقی، قلعه حسن علـی در کرمـان، بـه همراه آتشفشان بدون نام دیگری در سیستان و بلوچسـتان و آتشفشـان آرارات در مرز ایران با کشور آذربایجان و ارمنستان (که مجاورت آذربایجـان غربـی محسـوب می‌شود) از آتشفشان‌های مهم ایران هستند [۳۰].

آتشفشان‌های بزمـان، تفتـان و دماونـد جـزء آتشفشـان‌هـای فعـال محسـوب می‌شوند. برای هر آتشفشان باید محدوده زیر پوشـش آن نیـز مـدنظر قـرار گیـرد؛ مانند تهران که در مجاورت کوه دماوند می‌باشند هرچند کـه ایـن کـوه در اسـتان مازندران واقع می‌باشد. به طور معمول تا شعاع ۳۰ کیلـومتری آتشفشـان محـدوده خطر به شمار می‌رود.

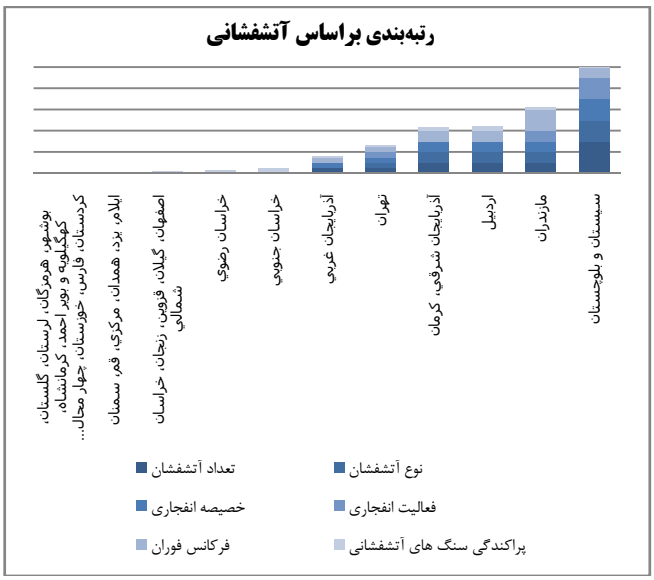
سیستم ملی هشداردهنده زود هنگام آتشفشان[۶] (NVEWS) به منظور ارزیابی خطر آتشفشان در ایالات‌متحده با تجزیه و تحلیل و ارزیابی عوامل متعددی کـه در وقوع آتشفشان مطرح است سـاخته شـده اسـت. سیسـتم NVEWS فهرسـتی از معیارهای خطر ارائه می‌دهد که هر معیار در صورت وجود در یک شهر یـک نمـره محسوب می‌شود [۲۱]. این معیارها شامل معیارهای متفاوتی، از جملـه معیارهـای انسانی و تجاری می‌باشد که نمی‌توان از همه آن‌ها برای هدف ایـن مقالـه اسـتفاده کرد. هر کدام از معیارها نیز در به دو صورت نمره محافظه کارانه[۷] و نمره حـداکثر[۸] نمره‌دهی می‌شوند [۲۱]. در این بخش سعی شده است معیارهای اصلی با تمرکز بر ساخت مرکز داده تا حد ممکن سنجیده شده و یا از معیارهای مشابه استفاده شود و خطر آتشفشان برای استان‌های کشور با الهام از روش NVEWS ارزیـابی شـود. ضمناً برای ارزیابی از نمره حداکثر استفاده می‌شود. نتیجه این رتبه‌بندی در شـکل ۷ آمده است.

در نمودار فوق رتبه‌بندی با استفاده از رابطه (۱۴) به دست آمده است:

$$score = n + type + VEI + EA + ER + S \quad (۱۴)$$

که در آن score درجه خطـر آتشفشـان در اسـتان، n تعـداد آتشفشـان‌هـای استان، type نوع آتشفشان مانند استراتوولکان[۹] یـا مـارس[۱۰] (آتشفشـان قـوی=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 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 ۴، 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 براساس چگالی پراکندگی نشان داده شده در نقشه پهنه‌بندی سنگ‌های آذرین [۱۷]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 نصف امتیازات معیارهای مربوط به این آتشفشان‌ها را شامل شده‌اند.



شکل ۷- نمودار رتبه‌بندی بر حسب خطر آتشفشان

۴- امکانات

یک شهر یا استان با در اختیار داشتن امکانات مناسب می‌تواند راه هموارتری برای برپایی یک مرکز داده در خود داشته باشد. در این بخش به معیارهای بستر ارتباطی، تأمین انرژی، نیروی انسانی تحصیل‌کرده و دیگر امکانات شهر تحت شاخص توسعه‌یافتگی پرداخته می‌شود.

۴-۱- بستر ارتباطی

یکی از مهم‌ترین معیارها برای برپایی یک مرکز داده در یک استان، توانایی استان در ارائه خدمات ICT و آمادگی الکترونیکی آن استان می‌باشد. روش‌های بسیاری برای ارزیابی فناوری اطلاعات یک شهر یا کشور وجود دارد که هر کدام نشانگر[۱۱]ها و دسته‌بندی‌های خود را دارند که شاخص[۱۲] نامیده می‌شود و برای آن‌ها اهمیت‌های گوناگونی مطرح کرده‌اند.

سه روش اصلی برای این ارزیابی‌ها عبارت‌اند از روش موسسه ASPA[۱۳]، ارزیابی آمادگی الکترونیکی توسط EIU[۱۴] و بررسی شاخص‌های ارزیابی توسعه ICT توسط UNCTAD[۱۵] که توضیح عملکرد این روش‌ها از حوصله این مقاله خارج است. برخی از شاخص‌های مورد استفاده این روش‌ها عبارت‌اند از ضریب نفوذ اینترنت، ضریب نفوذ تلفن همراه، ضریب نفوذ تلفن ثابت، ضریب نفوذ رایانه، ضریب نفوذ پهنای باند، میزان رشد کسب و کار الکترونیک، درآمد سرانه، قدرت اقتصادی، پایداری وضعیت سیاسی، سواد عمومی و سواد الکترونیکی، تعداد متخصصان ICT، سرویس‌های ICT، ترافیک سرویس‌های ارتباطی [۴].

تمامی شاخص‌های فوق برای برپایی یک مرکز داده نقش خواهد داشت و در این مقاله بسیاری از آن‌ها در قسمت‌های گوناگون بررسی شده‌اند و برای بخش بستر ارتباطی این مقاله شاخص‌های همچون ترافیک سرویس‌های ارتباطی، ضریب نفوذ تلفن (نرخ تعداد تلفن‌های استان به جمعیت استان) و ضریب نفوذ اینترنت بررسی می‌شوند که از شاخص‌های مهم در ارزیابی فناوری اطلاعات می‌باشند.

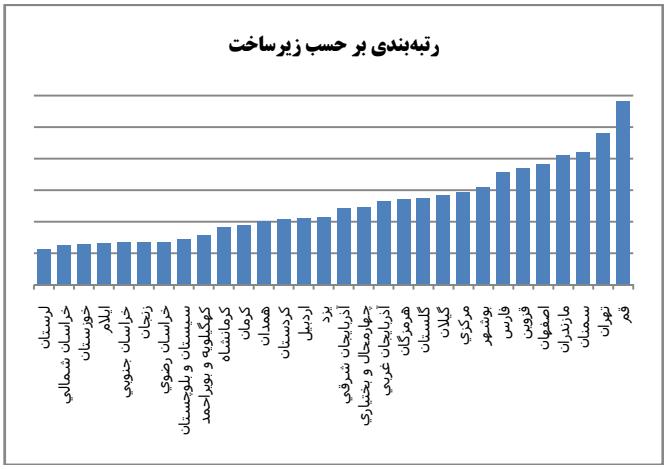
روش UNCTAD براساس استانداردهای ITU می‌باشد و روشی برگزیده از میان روش‌های موجود می‌باشد. از این روش به عنوان الگوی اصلی در انتخاب قالب برای ارزیابی وضعیت فن‌آوری اطلاعات در کشور استفاده شده است [۴]. شاخص‌های این روش به چهار گروه کلی اتصال، دسترسی، سیاست، و ترافیک تقسیم شده‌اند. در هر گروه مجموعه‌ای از شاخص‌ها قرار دارد. در گروه اتصال شاخص‌های نرخ نفوذ تلفن ثابت و تلفن همراه در نظر گرفته شده است. در گروه دسترسی شاخص‌های نرخ نفوذ اینترنت، سطح سواد و سطح درآمد هر استان مد نظر هستند. در گروه سیاست تأمین‌کنندگان محتوای اینترنتی و متقاضیان مرکز داده اینترنتی هر استان در نظر گرفته شده است. در گروه ترافیک نیز ترافیک شبکه دیتا کشور هر استان مدنظر قرار گرفته است. با توجه به اینکه در این مقاله بسیاری از این شاخص‌ها جداگانه بررسی می‌شوند و نیز آمار برخی دیگر از شاخص‌ها در دسترس نیست، شاخص‌های منتخب طبق جدول ۲ انتخاب شده‌اند.

در گروه دسترسی، سطح سواد در بخش‌های بعدی این مقاله اندازه‌گیری شده است و از آن در این بخش صرف‌نظر خواهد شد. از گروه سیاست، سطح درآمد در گروه دسترسی و میزبان‌های وب در گروه اتصال به دلیل اهمیت کم در موضوع این بخش چشم‌پوشی می‌شود. این دسته‌ها هر کدام ضرایب تأثیر متفاوتی دارند که با کمک از نمایه ITU سال ۲۰۱۲ انتخاب شده است [۲۷]. داده‌های نحوه استفاده از اینترنت نرمال شده هستند و مقادیر به‌کار رفته، در واقع ضریب نفوذ هر حالت (با درصدی خطا) می‌باشد.

جدول ۲- ضرایب تأثیر و وزن استفاده شده برای معیار زیرساخت ارتباطی

گروه	شاخص		ایده آل	وزن مؤثر	وزن کل
دسترسی	ضریب نفوذ تلفن ثابت		۶۰	٪۳۳.۳	٪۴۰
	ضریب نفوذ تلفن همراه		۱۸۰	٪۳۳.۳	
	ضریب نفوذ رایانه شخصی		۱۰۰	٪۳۳.۳	
استفاده	ضریب نفوذ اینترنت		۱۰۰	٪۵۰	٪۴۰
	نحوه استفاده از اینترنت	Dialup	۱۰۰	٪۱۶.۶	
		ADSL	۴۰	٪۱۶.۶	
		Wireless	۲۰	٪۱۶.۶	
ترافیک	میانگین ترافیک داده‌ای		۲۵.۴	٪۱۰۰	٪۲۰

در نهایت با استفاده از ضریب نفوذ رایانه شخصی جمعیت شهری [۶]، ضریب نفوذ تلفن ثابت و ضریب نفوذ تلفن همراه [۲]، ضریب نفوذ اینترنت و نحوه دسترسی به اینترنت در محل سکونت [۶] و نرخ میانگین ترافیک ورودی و خروجی داده استان‌ها براساس داده های به دست آمده از شرکت ارتباطات زیرساخت [۴] رتبه‌بندی استان‌ها به صورت شکل ۸ خواهد بود.



شکل ۸- نمودار رتبه‌بندی بر حسب زیرساخت ارتباطی

رتبه‌بندی فوق به صورت رابطه (۱۵) محاسبه شده است:

$$score = ((L * .40) + (M * .40) + (N * .20)) * 10 \quad (۱۵)$$

و خواهیم داشت:

$$L = \frac{a}{60} * 0.33 + \frac{b}{180} * 0.33 + \frac{c}{100} * 0.33 \quad (۱۶)$$

$$M = \frac{d}{100} * 0.5 + \frac{e}{100} * 0.16 + \frac{f}{40} * 0.16 + \frac{g}{20} * 0.16 \quad (۱۷)$$

$$N = \frac{h}{25.4} * 1.0 \quad (۱۸)$$

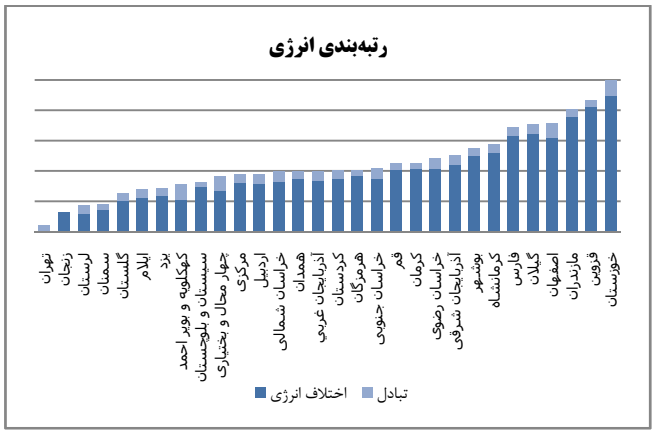
که در آن a ضریب نفوذ تلفن ثابت، b ضریب نفوذ تلفن همراه، c ضریب نفوذ رایانه شخصی، d ضریب نفوذ اینترنت، e درصد استفاده از اینترنت به صورت Dialup، f درصد استفاده از اینترنت به صورت ADSL، g درصد استفاده از اینترنت به صورت Wireless، h میانگین ترافیک داده‌ای می‌باشد و ۲۵.۴ میانگین نرخ تبادلی داده در کشور می‌باشد.

۴-۲- تأمین انرژی

هزینه‌های انرژی الکتریسیته درصد بالایی از هزینه‌های عملیاتی یک مرکز داده را تشکیل می‌دهند و هدف یک مرکز داده سبز کاهش این نوع هزینه و جایگزینی آن می‌باشد. ولی استفاده از این نوع انرژی در یک مرکز داده اجتناب‌ناپذیر است و بنابراین هنگامی‌که مکان‌های مختلف برای یک مرکز داده بررسی می‌شود باید هزینه برق آن منطقه و از آن مهم‌تر دسترسی آسان و کافی به برق در آن منطقه نیز حساب شود. کمبود ظرفیت تولیدی نیروگاه‌های یک منطقه، اثرات نامطلوب خاموشی برق را در پی دارد که گاه ضربات جبران‌ناپذیری به مرکز داده و تجارت‌های مبتنی بر آن وارد می‌کند.

تولید و توزیع برق در ایران زیر نظر سازمان مدیریت تولید و انتقال نیروی برق (توانیر) است که وظیفه توسعه تأسیسات تولید، انتقال و عمده فروشی برق را بر عهده دارد. این سازمان به عنوان شرکت مادر تخصصی توانیر شامل چندین شرکت برق منطقه‌ای می‌باشد که هر کدام مسئولیت مدیریت تولید و تأمین انرژی الکتریکی مطمئن و پایدار در منطقه تحت پوشش جغرافیایی خود را عهده‌دار هستند. با بررسی تعرفه‌های مناطق مختلف شرکت توانیر مشخص شد که تعرفه‌های برق برای مناطق جغرافیایی گوناگون یکسان بوده و تنها برحسب نوع مصرف کننده، ساعت مصرف یا شرایط خاص هزینه‌های متفاوتی دریافت می‌کند [۱۱].

با استفاده از خلاصه وضعیت تولید و توزیع برق نیروگاه‌های استان‌ها (شامل بخش خصوصی) تا پایان سال ۱۳۹۰ [۹، ۱۰] رتبه‌بندی شهرها بر حسب انرژی به صورت شکل ۹ خواهد بود.



شکل ۹- نمودار رتبه‌بندی بر حسب انرژی الکتریسیته

رتبه‌بندی فوق طبق رابطه (۱۹) صورت گرفته است:

$$score = A * 0.9 + B * 0.1 \quad (۱۹)$$

که در آن A شاخص اختلاف انرژی و B شاخص مبادله در پیک بار می‌باشد. مقدار A که اختلاف درصد تولید و مصرف برق استان در کشور است به صورت رابطه (۲۰) حساب می‌شود.

$$A = \frac{a - b + \epsilon}{C} * 1000 \quad (۲۰)$$

که در آن a مقدار تولید برق استان، b مقدار مصرف برق استان، ϵ مقدار ثابتی برای غیرمنفی کردن مقادیر به دلیل سازگاری با پارامترهای دیگر و C حداکثر اختلاف تولید و مصرف انرژی (به‌علاوه مقدار ϵ) است (رابطه ۲۱).

$$C = \max_{i=\text{استانها}} (a_i - b_i + \epsilon) \quad (۲۱)$$

شاخص B یا درصد تبادل انرژی نیز به صورت رابطه (۲۲) حساب می‌شود.

$$B = \frac{-\frac{m}{n} + \sigma}{P} * 1000 \quad (۲۲)$$

که در آن m مقدار تبادل انرژی در ساعت پیک بار منطقه، n تعداد استان‌های منطقه، σ مقدار ثابتی برای غیرمنفی کردن مقادیر و P حداکثر تبادل انرژی (قرض داده شده به همراه مقدار σ) می‌باشد (رابطه ۲۳).

$$P = \max_{i=\text{استانها}} (-\frac{m_i}{n_i} + \sigma) \quad (۲۳)$$

علامت منفی در رابطه‌های فوق به منظور مثبت کردن عملکرد قرض دادن انرژی می‌باشد.

برق منطقه‌ای تهران با اینکه ظرفیت تولیدی بسیار بالایی دارد ولی از آنجایی‌که مصرف بالایی (بیش از تولید خود) دارد در آخرین جایگاه قرار دارد.

ناگفته نماند در صورت استفاده از انرژی خورشیدی برای تأمین برق و یا استفاده از ژنراتور برق می‌توان این آمار را نادیده گرفت ولی از آنجایی‌که استفاده از برق شهری مقرون به صرفه‌تر خواهد بود، این اطلاعات در یافتن مکان یک مرکز داده مفید خواهند بود.

۴-۳- منابع انسانی

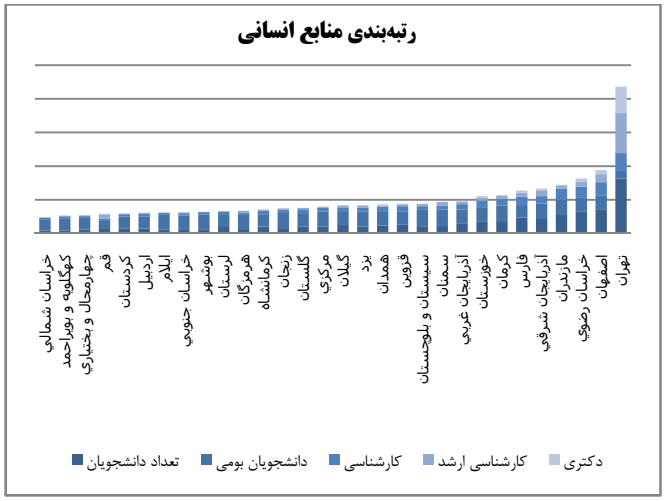
برای برپایی یک مرکز داده به نیروی انسانی تحصیل‌کرده و کاردان برای کار در مرکز داده نیاز است. بنابراین شهری که مرکز داده در آن قرار می‌گیرد باید درجه علمی مناسبی داشته باشد و این مقیاس با توجه به دانشگاه‌ها و مراکز علمی یک شهر سنجیده می‌شود.

برای رتبه‌بندی درجه علمی استان‌ها از آمار تعداد دانشجویان دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی کشور در سال ۹۰-۹۱ و تعداد پذیرفته‌شدگان به تفکیک درجه تحصیلی در سال ۸۹-۹۰ و درصد دانشجویان بومی [۵، ۷، ۸] استفاده شده است. آمار نشان‌دهنده این است که رابطه مستقیمی بین تعداد پذیرفته‌شدگان کل و پذیرفته‌شدگان با درجات فوق‌لیسانس و دکتری نیز برقرار است. معیارهای دیگری نیز برای این عامل از جمله تعداد دانشجویان بومی هر استان نیز لحاظ شده است، زیرا به جز برخی از کلان‌شهرها مانند تهران دانشجویان غیربومی تمایلی برای سکونت در شهر محل تحصیل خود ندارند و این مورد آمار فوق را دستخوش تغییر می‌نماید.

برای ارزیابی توان نیروی انسانی استان‌ها با استفاده از آمار فوق طبق رابطه (۲۴) عمل می‌کنیم.

$$score = a * 0.15 + b * 0.10 + c * 0.05 + d * 0.30 + e * 0.40 \quad (۲۴)$$

که در آن a درصد پذیرفته‌شدگان کارشناسی، b درصد پذیرفته‌شدگان کارشناسی‌ارشد، c درصد پذیرفته‌شدگان دکتری، d درصد دانشجویان استان به کل دانشجویان و e درصد دانشجویان بومی آن استان می‌باشد. در نهایت رتبه‌بندی شکل ۱۰ را برای استان‌ها خواهیم داشت.



شکل ۱۰- نمودار رتبه‌بندی براساس منابع انسانی تحصیل کرده

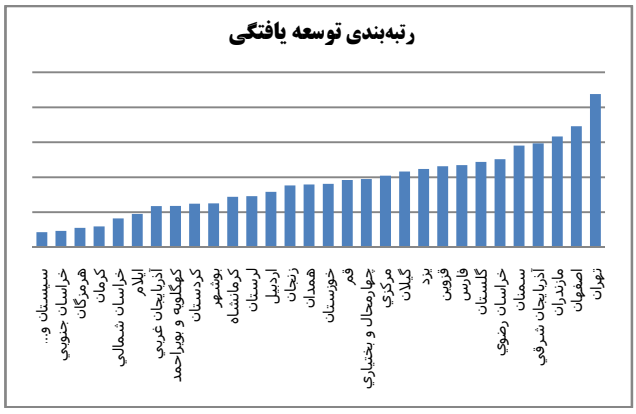
البته آماری همچون درصد فارغ‌التحصیلان بدون شغل و درصد متخصصان IT جویای شغل نیز می‌تواند مفید واقع شود که متأسفانه این آمار در دسترس نیست.

۴-۴- توسعه‌یافتگی

علاوه بر عوامل فوق در انتخاب یک شهر (یا استان)، عوامل دیگری نیز مانند طول بزرگراه‌ها، تعداد فرودگاه‌ها، طول خطوط راه‌آهن و غیره وجود دارند که توجه به آن‌ها مناسب است. این عوامل برای امنیت و کاهش خطرات مربوط به جنبه‌های عملیاتی یک مرکز داده اهمیت دارد. در این بخش برای بررسی این عوامل از سطح توسعه‌یافتگی استان‌های کشور استفاده شده که در آن مناطق توسعه‌یافته و محروم مشخص می‌شوند. هرچه سطح توسعه‌یافتگی شهر بیشتر باشد پتانسیل بیشتری برای پذیرش یک مرکز داده خواهد داشت زیرا دسترسی به خدمات ساده‌تر و ارزان‌تر خواهد بود.

در [۱] ۴۰ شاخص مختلف شامل شاخص اقتصادی (درصد اشتغال، درصد کارگاه‌ها و غیره)، آموزشی (درصد باسوادی، تعداد مدارس، تعداد کتابخانه، ...)، درمانی (تعداد مؤسسات درمانی، تعداد پزشک، ...) و زیربنایی (طول بزرگراه‌ها، طول راه‌های آسفالته، گاز لوله‌کشی، ...) با استفاده از چهار روش تاسیس، تاکسونومی عددی، موریس و شاخص‌بندی ترکیبی ارزیابی شده است. در این بخش از این رتبه‌بندی موجود با انتخاب روش تاپسیس[۱۶] که یکی از روش‌های مرسوم و پرکاربرد در میان روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است و برمبنای محاسبه فاصله گزینه‌ها از راه‌حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی استوار است، استفاده شده است. گزینه برتر کمترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل منفی خواهد داشت.

براساس [۱] رتبه‌بندی شهرها از نقطه نظر توسعه‌یافتگی به صورت شکل ۱۱ است.



شکل ۱۱- نمودار رتبه‌بندی استان‌ها براساس شاخص توسعه‌یافتگی

۵- حوادث غیرطبیعی

علاوه بر حوادثی که به دست طبیعت رخ می‌دهد و می‌تواند باعث اخلال کار یک مرکز داده شود، حوادث غیرطبیعی که به دست بشر رخ می‌دهد نیز می‌تواند باعث اخلال کار مرکز داده شود. این حوادث عمدتاً شامل وقوع جنگ یا عملیات تروریستی است. در این بخش شهرهای کشور از نقطه نظر آسیب‌پذیری در برابر این حوادث بررسی خواهند شد. البته فاصله شهر از انبارهای مهمات و همچنین بیماری‌های همه‌گیر نیز می‌توانند باعث اخلال کار یک مرکز داده شوند. انفجار زاغه مهمات سپاه در سال ۱۳۹۰ در حاشیه تهران یا انفجار پادگان امام علی خرم‌آباد که

موج آن تا چند ده کیلومتر گزارش شده و باعث کشته شدن چندین نفر شد، نمونه‌ای از حوادثی است که در صورت نزدیکی به یک مرکز داده ممکن است باعث اخلال در کار مرکز داده شود. اما این معیار در اینجا به دلیل مسائل امنیت ملی و عدم دسترسی به آمار دقیق نادیده گرفته خواهد شد.

۵-۱- تروریسم

در دهه‌های اخیر تروریسم در جهان افزایش پیدا کرده است و یکی از عوامل ایجاد خطر است. در ایران در دهه‌های پیش از انقلاب اسلامی شرایطی به وجود آمد که به گسترش رویکردهای تروریستی در بخشی از گروه‌های سیاسی کمک کرد. پس از انقلاب نیز نه تنها این پدیده تداوم یافت، بلکه به دلایل تازه تأسیس بودن حکومت انقلابی- مردمی و عدم‌اشراف آن بر تمام تحولات کشور، گسترش پیدا کرد.

شهرهای بزرگ و پرجمعیت در هر کشور به‌عنوان اهداف عملیات تروریستی قرار می‌گیرند. البته عوامل دیگری از جمله نزدیکی به تأسیسات هسته‌ای و مرزی بودن شهر نیز وجود دارند [۲۳]. هنگام در نظر گرفتن این عامل، داشتن امکانات امنیتی و گروه‌های نظامی در مقابله با تروریسم برای یک شهر ضروری به نظر می‌رسد. بیشتر مراکز داده در مکان‌هایی ساخته می‌شوند که با معابر عمومی فاصله چندانی ندارند و یا در ساختمان‌های چندمنظوره با پارکینگ‌های عمومی قرار دارند. به دلایل امنیتی یک مرکز داده باید در ساختمانی مستقل و با فاصله‌ای مناسب از اماکن عمومی قرار گیرد.

روش‌ها و مدل‌هایی برای رتبه‌بندی شهرها بر حسب احتمال عملیات تروریستی وجود دارد [۲۳، ۲۹] که از فاکتورهای متعددی برای رتبه‌بندی استفاده می‌کنند.

در این بخش برای رتبه‌بندی این عامل ابتدا گروهک‌های تروریستی ایران و شهرهایی که قرارگاه آنان هستند را مشخص می‌کنیم. گروهک‌های تروریستی کومله در کردستان، پژاک در آذربایجان غربی و کردستان، حزب مردم بلوچستان، سازمان زرمبش، جندالله در سیستان و بلوچستان، سازمان مجاهدین خلق (منافقین) ایران در استان دیاله عراق هم مرز با استان کرمانشاه مهم‌ترین گروهک‌های تروریستی مخالف جمهوری اسلامی ایران هستند. استقرار و مجاورت این گروهک‌ها در برخی استان‌ها باعث می شود این استان‌ها از لیست مکان های مناسب مرکز داده ملی خارج شوند.

ضمناً شهرهای تهران، قم، مشهد، اصفهان، تبریز، خوزستان و شیراز به دلیل اینکه جزء شهرهای پرجمعیت ایران هستند می‌توانند به عنوان هدف عملیات تروریستی قرار گیرند و گزینه‌های مناسبی نمی‌باشند. هرچند با فاصله دادن مرکز داده از اماکن عمومی همانطور که قبلاً گفته شد، می‌توان از برخی حوادث پیشگیری کرد ولی نمی‌توان از این گزینه چشم‌پوشی کرد زیرا که این شهرها هدف هستند و عملیات تروریستی قاعده‌ای برای خود ندارند.

وجود تأسیسات هسته‌ای در یک شهر نیز می‌تواند به عنوان عاملی برای حملات تروریستی باشد و تأسیسات هسته‌ای ایران همواره مورد توجه دشمنان بوده است.

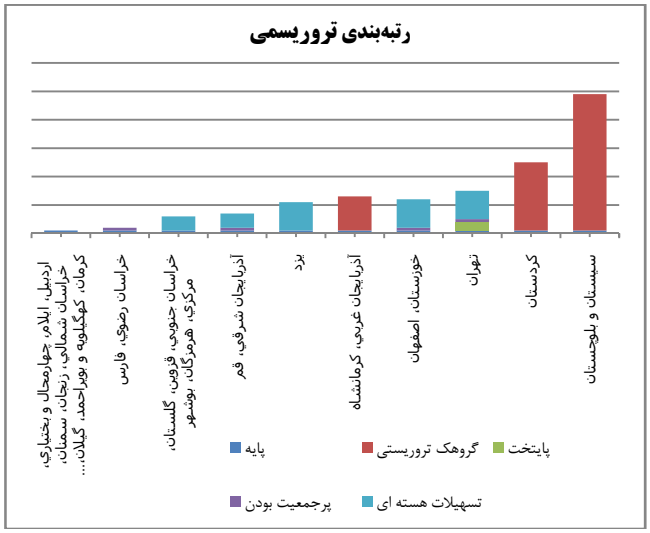
با استفاده از آمار جمع‌آوری شده در مورد تأسیسات هسته‌ای [۱۴، ۲۸] و آمار گروهک‌های تروریستی، در شکل ۱۲ استان‌ها براساس احتمال حملات تروریستی رتبه‌بندی شده‌اند.

برای این ارزیابی از رابطه (۲۵) استفاده شده است.

$$score = \left(a * 0.6 + b * 0.25 + \frac{c}{100} * 0.0 + d * 0.05 + e * 0.1 + \epsilon\right) \quad (۲۵)$$

$$\epsilon > 0$$

که در آن a تعداد گروهک تروریستی استان، b تعداد تأسیسات هسته‌ای، c درصد آمادگی نیروی انتظامی استان، d شاخص پرجمعیت بودن، e شاخص پایتخت بودن و ϵ ضریب حمله تروریستی می‌باشد که برای همه استان‌ها مقداری ثابت و غیر صفر در نظر گرفته شده است.



شکل ۱۲- نمودار رتبه‌بندی بر حسب خطر تروریسم

ضرایب تأثیر نیز به صورت جدول ۳ انتخاب شده است.

جدول ۳- ضریب تأثیر شاخص‌های مربوط به تروریسم

شاخص	ایده آل	وزن مؤثر
تعداد گروهک تروریستی	۰	٪۶۰
تعداد تأسیسات هسته‌ای	۰	٪۲۵
جمعیت زیاد	نداشته باشد	٪۵
پایتخت	نباشد	٪۱۰

۵-۲- جنگ

جنگ از دو منظر نافی وجود مرکز داده است. اول اینکه تأثیرات جنگ می‌تواند به طور غیرمستقیم کار یک مرکز داده را مختل کند و دوم اینکه مرکز داده می‌تواند به طور مستقیم به عنوان یک هدف جنگی محسوب شود که در صورت تصرف شدن می‌توان صدمات جبران ناپذیری به امنیت ملی وارد آورد. بنابراین معقول است مرکز داده در مکانی برپا شود که از آثار جنگ به دور باشد.

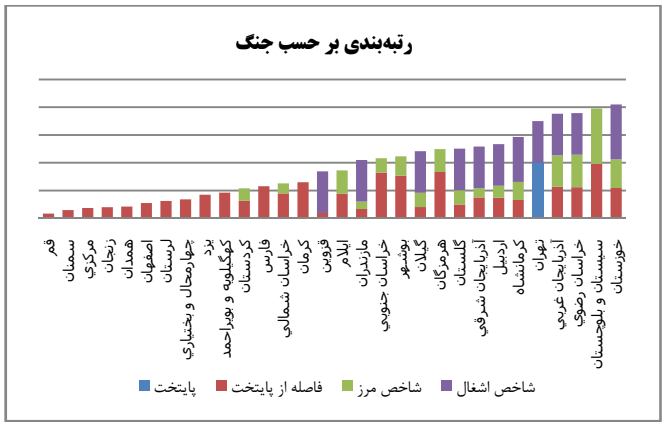
در طول تاریخ ایران همواره مورد هجوم کشورهای مختلف و همسایگان خود بوده است و جنگ تحمیلی بارزترین آن است. مرزهای سیاسی ایران همواره پرتنش و به‌عنوان مهم‌ترین مسئله سرزمینی و حاکمیت ایران محسوب شده است. همسایگی با پانزده کشور و مرزی به طول ۸ هزار کیلومتر و تنوع در نحوه تعامل با هر یک از همسایگان و وضعیت نابسامان آن‌ها می‌تواند پیامدهای امنیتی در سطوح مختلف همچون جنگ به همراه داشته باشد.

در اینجا استان‌های کشور بر حسب آسیب‌پذیری در جنگ رده بندی خواهند شد. برای این کار از معیارهایی همچون طول مرز مشترک با همسایگان، نزدیکی به پایتخت، سابقه اشغال شدن در قرن اخیر، وضعیت کشور همسایه و تعامل با آن‌ها استفاده خواهد شد.

در قرن اخیر بسیاری از شهرهای ایران در جنگ جهانی دوم به مدت ۵ سال (۶۰ ماه) در اشغال متفقین بود. برخی از شهرهای استان خوزستان در جنگ تحمیلی به مدت ۵۷۸ روز (۱۹ ماه) و برخی از شهرهای استان کرمانشاه در حمله منافقین به مدت ۵ روز در اشغال بوده است.

در مورد فاصله از پایتخت باید گفت هرچه شهرها به پایتخت نزدیک‌تر باشند، امن‌تر خواهند بود، هرچند شهرهایی که در مسیر پایتخت قرار دارند، هنگام اشغال مورد تجاوز قرار خواهند گرفت که این مورد در شاخص اشغال گنجانده شده است. خود پایتخت نیز از این قاعده مستثنی است چنانچه در جنگ تحمیلی همواره مورد حملات هوایی بوده است.

با استفاده از آمار جمع آوری شده و شاخص‌ها، رتبه‌بندی شکل ۱۳ را خواهیم داشت.



شکل ۱۳- نمودار رتبه‌بندی استان‌ها بر حسب خطر تروریسم

این رتبه‌بندی براساس رابطه (۲۶) انجام شده است:

$$score = A * 0.3 + B * 0.4 + C * 0.2 + D * 0.1 \quad (۲۶)$$

که در آن A شاخص مرز استان، B شاخص اشغال، C شاخص فاصله از پایتخت و D شاخص پایتخت می‌باشد.

جدول ۴- شاخص وضعیت کشورها

کشور	وزن شاخص
جمهوری آذربایجان	۱.۱
ارمنستان	۱
ترکیه	۱
عراق	۱.۵
پاکستان	۱.۱
افغانستان	۱.۲
ترکمنستان	۱
دریای خزر	۱.۲
دریای عمان	۱.۳
خلیج فارس	۱.۵

A، B، C و D طبق رابطه‌های (۲۷) تا (۳۰) محاسبه می‌شوند:

$$A = \frac{2a*e_a+b*e_b}{\max\{2a*e_a+b*e_b\}} \quad (۲۷)$$

$$B = c + d + k \quad (۲۸)$$

$$C = \frac{f}{1600} \quad (۲۹)$$

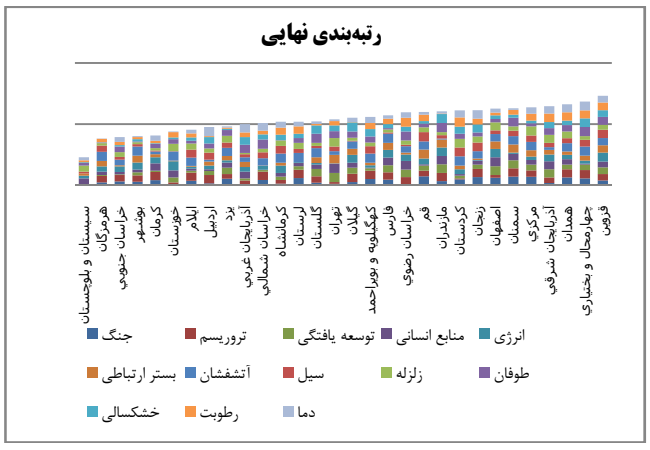
$$D = \{\text{تهران} = 1, \text{دیگر شهرها} = 0\} \quad (۳۰)$$

که در آن a طول مرز خشکی و b طول مرز آبی، e_i شاخص وضعیت کشور همسایه (طبق جدول ۴)، c مدت اشغال (در واحد ماه) در جنگ جهانی دوم، d مدت اشغال (در واحد ماه) در جنگ تحمیلی، k مدت اشغال (در واحد روز) در حمله منافقین به ایران و f فاصله از پایتخت می‌باشد.

۶- سیستم پیشنهادی

پس از ارزیابی جداگانه معیارهای انتخاب مکان یک مرکز داده، برای انتخاب بهترین مکان برای یک مرکز داده سبز 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 سیستم پیشنهادی از روش رأی‌گیری اکثریت[۱۷] استفاده شده است. برای این کار به هر استان در ازای هر معیار رتبه‌ای بین ۱ تا ۳۰ براساس 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 سیستم انتخاب خواهد شد.

رتبه‌بندی شکل ۱۴ نتیجه حاصل از سیستم پیشنهادی (بدون وزن) است:



شکل ۱۴- نمودار رتبه‌بندی نهایی براساس تمامی شاخص‌ها

اما این رتبه‌بندی نمی‌تواند دقیق باشد زیرا تمام معیارها دارای تأثیر یکسانی هستند. به عنوان مثال تأثیر آتشفشان با دما یا انرژی یکی نیست.

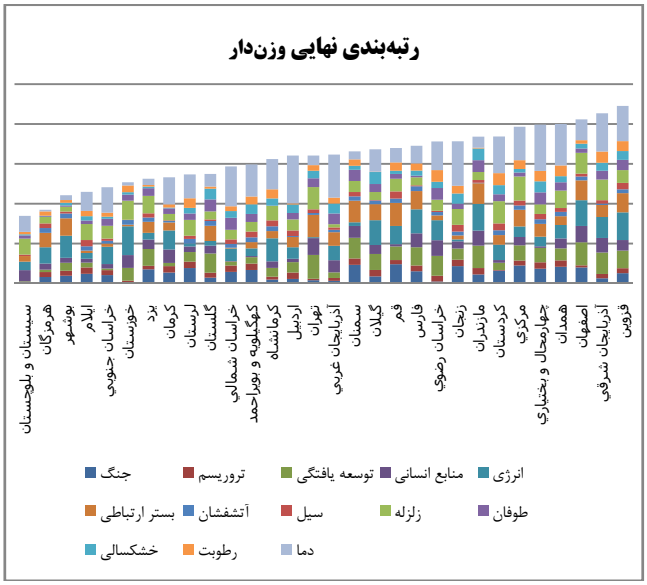
بنابراین برای بالا بردن دقت و کاربردپذیری در روش پیشنهادی، تأثیرگذاری معیارهای مرکز داده توسط متخصصان سنجیده شده و با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی وزن هر یک از معیارها محاسبه می‌شود. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یک روش مبتنی بر دانش کارشناسی است و وزن‌ها با توجه به اهمیتی که هر یک از کارشناسان برای هر یک از معیارها قائل هستند، به دست می‌آید. در این مقاله، اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر براساس توزیع و جمع‌آوری پرسشنامه بین چندی از متخصصین رشته نرم‌افزار و فناوری اطلاعات به دست آمده است. پایایی پرسشنامه براساس ضریب آلفای کرونباخ و با آستانه ۰.۷سنجیده شده است. برای محاسبه وزن نسبی پس از تحلیل سلسله مراتبی از روش‌های مختلفی استفاده

می‌شود [۲۴] 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.

بنابراین برای تشکیل یک مرکز داده سبز، اگر وزن دهی معیارها طبق جدول ۵ صورت پذیرد، سیستم پیشنهادی، رتبه‌بندی شکل ۱۵ را تعیین خواهد کرد.

جدول ۵- وزن پیشنهادی معیارها

دسته	زیر دسته	معیار		ضریب تأثیر
۱	۱	آب و هوا	دما	٪۲۰
	۲		رطوبت	٪۵
۲	۳	حوادث طبیعی	زمین‌لرزه	٪۱۰
	۴		خشکسالی	٪۵
	۵		طوفان	٪۵
	۶		سیل	٪۳
	۷		آتشفشان	٪۲
۳	۸	امکانات	بستر ارتباطی	٪۱۰
	۹		تأمین انرژی	٪۱۲
	۱۰		منابع انسانی	٪۷
	۱۱		توسعه‌یافتگی	٪۱۰
۴	۱۲	حوادث غیرطبیعی	تروریسم	٪۳
	۱۳		جنگ	٪۸



شکل ۱۵- نمودار رتبه‌بندی نهایی به صورت وزنی براساس تمامی شاخص‌ها

در صورت تغییر وزن هر یک از معیارها بر حسب نیاز در سیستم پیشنهادی، یک رتبه‌بندی متفاوت به دست خواهد آمد. بنابراین شناخت نیازهای اساسی و وزن‌دهی مناسب به هر یک از اولویت‌ها یک اصل خواهد بود که باید رعایت شود. به عنوان مثال اگر طرحی برای استفاده از سرمایش رایگان نداریم می‌توان وزن کمتری برای دما تعیین کرد. این رتبه‌بندی وزن‌دار سیستم پیشنهادی برای تمام حالات جایابی برای یک مرکز داده کاربرد خواهد داشت.

در نهایت قابل ذکر است که در نتیجه نهایی، از فاصله یکسانی برای امتیازات شهرها استفاده شده است (یک واحد فاصله بین ۱ تا ۳۰ به ترتیب) و به عنوان یکی از کارهای آتی در این پژوهش می‌توان به کارگیری فاصله مناسب برای امتیازدهی نهایی شهرها را بیان کرد که در آن امتیاز شهرها براساس فاصله معیارها حساب می‌شود که تک تک به ازای هر معیار برای تمام شهرها حساب می‌شود تا دقت بالاتری داشته باشیم و وزن هر معیار تأثیر خود را بهتر نشان دهد.

۷- 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 براساس 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.

ارزیابی‌های صورت گرفته در این مقاله بر حسب استان صورت گرفته که دانه‌بندی صحیحی برای مکان برپایی یک مرکز داده نیست و به عنوان 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.

مراجع

[۱] ر. ش. بیگلو، "شناسایی مناطق محروم ایران با استفاده از رتبه‌بندی ترکیبی،" مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال دوم، شماره هفتم، صفحه ۵۳-۷۰، ۱۳۹۰.

[۲] ا. یوسفان، و ا. یوسفیان، "خوشه‌بندی استان‌های ایران بر پایهٔ معیارهای شکاف دیجیتال به کمک روش K-Means،" نشریه علمی ترویجی محاسبات نرم، سال اول، شماره اول، صفحه ۳۲-۴۵، ۱۳۹۱.

[۳] ح. خورسندی، غ. فقیری، و ع. کلانتر،"راهنمای ارزیابی خسارت سیلاب"، نشریه وزارت نیرو، مدیریت منابع آب ایران، شماره ۲۹۶-الف، ۱۳۸۵.

[۴] س. م. ا. رشتیان، ش. مهره‌کش، ز. عباسی، ح. ر. خدابنده، و ن. یزدانی، "ارزیابی وضعیت توسعه فن‌آوری اطلاعات در استان‌های کشور با استفاده از شاخص‌های بین‌المللی"، دومین کنفرانس بین‌المللی فناوری اطلاعات و دانش، تهران، دانشگاه امیرکبیر، ۱۳۸۴.

[۵] ا. ص. عمران، ا. عالیشوندی، و ب. کاوه‌ئی، "بررسی سیاست پذیرش دانشجوی بومی در دانشگاه‌های ایران"، اولین همایش بین‌المللی مدیریت، آینده‌نگری، کارآفرینی و صنعت در آموزش عالی، ۱۳۹۰.

[۶] نتایج آمارگیری از کاربران اینترنت-۱۳۸۹، نشریه مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰.

[۷] سالنامه آماری کشور، نشریه مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰.

[۸] فصلنامه آماری، نشریه مرکز آمار و اطلاعات راهبردی، سال چهارم، شماره ۱۰، صفحه ۷۲-۸۱، ۱۳۹۱.

[۹] ا. یعقوبی، م. پورتندرست، و همکاران، آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه تولید نیروی برق درسال ۱۳۹۰، وزارت نیرو، شرکت مادر تخصصی توانیر، ۱۳۹۱.

[۱۰] ا. یعقوبی، م. پورتندرست، و همکاران، آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه توزیع نیروی برق درسال ۱۳۹۰، وزارت نیرو، شرکت مادر تخصصی توانیر، ۱۳۹۱.

[۱۱] وزارت نیرو، دفتر بهبود بهره‌وری و اقتصاد برق و انرژی، تعرفه و قوانین و مقررات فروش برق، http://tariff.moe.org.ir.

[۱۲] وزارت راه و شهرسازی، سازمان هواشناسی کشور، خلاصه رخدادهای حدی اقلیمی ایران در سال ۲۰۱۲، http://www.cri.ac.ir.

[۱۳] پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، نقشه میانگین بارندگی سالیانه، http://www.ngdir.ir/maps/PAverageAnnual PrecipitationMap.asp.

[۱۴] دویچه ولـه فارسی، مهمترین مراکز اتمی ایران، http://dw.de/p/16Mya.

[۱۵] پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزلهٔ ایران، http://www.iiees.ac.ir.

[۱۶] مرکز لرزه‌نگاری کشور، مرکز ژئوفیزیک دانشگاه تهران، http://irsc.ut.ac.ir.

[۱۷] سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، http://www.gsi.ir.

[۱۸] مرکز ملی اقلیم‌شناسی، پژوهشکده اقلیم‌شناسی، http://www.cri.ac.ir.

[19] ASHRAE Technical Committee 9.9, "*Thermal Guidelines for Data Processing Environments*," ASHRAE-American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, White Paper, 2012.

[20] S. Strutt, and et. al., "*Data Center Efficiency and IT Equipment Reliability at Wider Operating Temperature and Humidity Ranges,*" The Green Grid, 2011.

[21] H. S. Kinvig, A. Winson, and J. Gottsmann, "Analysis of volcanic threat from Nisyros Island, Greece, with implications for aviation and population exposure," *Natural Hazards and Earth System Science*, vol. 10, no. 6, pp. 1101-1113, 2010.

[22] L. G. Mastin, and et. al., "*Preliminary Spreadsheet of Eruption Source Parameters for Volcanoes of the World,*" U.S. Geological Survey [Online]. Available: http://pubs.usgs.gov/of/2009/1133/.

[23] H. H. Willis, and et. al., "*Terrorism Risk Modeling for Intelligence Analysis and Infrastructure Protection*," RAND Center for Terrorism Risk Management Policy, Department of Homeland Security, 2007.

[24] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*, McGrawHill, 1980.

[25] J. Rath. *Data Center Site Selection* [Online]. Available: http://rath-family.com/rc/DC_Site_Selection.pdf.

[26] California Data Center Design Group (CDCDG). *Site Selection Criteria for a Critical Data Center* [Online]. Available: http://www.cdcdg.com/index.php/article-4.

[27] International Telecommunication Union, *"Measuring the Information Society,"* ITU, Geneva, Switzerland, 2012.

[28] A. Koch, and J. Wolf, "*Iran's Nuclear Facilities: a Profile,"* Center for Nonproliferation Studies, in Monterey, California, 1998.

[29] L. Evans. (2003). *RAND Tries to Model Risks of Terrorist Attacks*, UCLA [Online]. Available: http://www.international.ucla.edu/article.asp?parentid=3713.

[30] *Volcanoes of Iran (8 volcanoes)* [Online]. Available: http://www.volcanodiscovery.com/iran.html.

مجید حاجی بابا دانشجوی دکتری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی می‌باشد. او مدرک کارشناسی‌ارشد خود را از دانشگاه علم و صنعت ایران اخذ نموده است. موضوع تز دکتری ایشان درباره مدل‌های پردازشی موازی و توزیع شده برای ترازبندی دنباله‌ها در نسل جدید توالی یابی می‌باشد. از موضوعات مورد علاقه ایشان محاسبات توزیع شده، محاسبات ابری، پردازش جریان‌های داده، داده‌های بزرگ و محاسبات کارا می‌باشد. از دیگر موضوعات مورد علاقه ایشان می‌توان به کامپایلرها و زبان‌های برنامه‌نویسی اشاره کرد.

آدرس پست‌الکترونیکی ایشان عبارت است از:

hajibaba.m@irost.org

سعید گرگین مدرک کارشناسی و کارشناسی‌ارشد خود را در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۴ از دانشگاه آزاد اسلامی اخذ نمود و در سال ۱۳۸۹ موفق به اخذ مدرک دکتری از دانشگاه شهید بهشتی گردید. در حال حاضر او استادیار پژوهشکده برق و فناوری اطلاعات سازمان پژوهش‌های عملی و صنعتی ایران است. همچنین به عنوان محقق در پژوهشکده کامپیوتر پژوهشگاه دانش‌های بنیادی مشغول به فعالیت می‌باشد. در کنار موضوعات تحقیقات کاربردی در حوزه فناوری اطلاعات، سایر زمینه‌های مورد علاقه او عبارتند از: حساب کامپیوتری، طراحی VLSI، سیستم‌های پردازش سریع و پردازش موازی.

آدرس پست‌الکترونیکی ایشان عبارت است از:

gorgin@irost.org

اطلاعات بررسی مقاله:

تاریخ ارسال: ۱۳۹۴/۰۸/۱۰
تاریخ اصلاح: ۱۳۹۴/۱۰/۱۷
تاریخ قبول شدن: ۱۳۹۴/۱۱/۰۱
نویسنده مرتبط: دکتر سعید گرگین، پژوهشکده برق و کامپیوتر، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران.

[1] Green Data Center
[2] Economizer
[3] Liquid Cooling
[4] PDSI: Palmer Drought Severity Index
[5] SPI: Standardized Precipitation Index
[6] National Volcano Early Warning System
[7] Conservative Score (CS)
[8] Extreme Score (ES)
[9] Stratovolcanoe
[10] Maars
[11] Indicator
[12] Index
[13] American Society for Public Administration
[14] Economic Intelligence Unit
[15] United Nations Conference on Trade and Development
[16] TOPSIS
[17] Major Voting