

اولویت‌بندی روش‌های مشارکت و آموزش مردم در پیش‌بینی و هشدار سیلاب در ایران

احمد نوحه‌گر*

استاد دانشکده محیط زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، ایران

اسماعیل صالحی (Tehranssaleh@ut.ac.ir)

دانشیار دانشکده محیط زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، ایران

مینا علوی نائینی (Minaini@yahoo.com)

دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

علی علوی نائینی (Ali.alavinaeini@ut.ac.ir)

دانشجوی دکتری رشته برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشگاه تهران، ایران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۳/۱۹ - تاریخ پذیرش ۱۳۹۸/۸/۱۸)

چکیده

سیلاب از مخرب‌ترین مخاطرات طبیعی در جهان است که نتایج زیانبار آن، به‌ویژه در مناطق توسعه‌یافته، هزینه‌های زیادی ایجاد می‌کند. از این‌رو برای مقابله با سیلاب و خطرهای ناشی از آن، می‌توان از دو دسته اقدامات اساسی شامل اقدامات سازه‌ای و اقدامات غیرسازه‌ای استفاده کرد. از روش‌های مؤثر در میان اقدامات مدیریت غیرسازه‌ای، می‌توان به روش‌های پیش‌بینی و هشدار سیلاب اشاره کرد که توسعه آنها نیازمند استفاده از روش‌های مختلف مشارکت و آموزش مردم است. در این تحقیق، این روش‌ها از نظر تأثیر آنها در توسعه پیش‌بینی و هشدار سیلاب در ایران رتبه‌بندی شده‌اند. در این تحقیق، پس از تعیین گزینه‌ها (روش‌های مختلف مشارکت و آموزش مردم) و معیارهای مربوط و استفاده از نظر متخصصان و دست‌اندرکاران، از روش تصمیم‌گیری مناسب برای رتبه‌بندی روش‌های مختلف استفاده شده است. در این رویکرد تصمیم‌گیری، معیارها با روش آنتروپی شانون وزن‌دهی شده و سپس گزینه‌ها با روش TOPSIS رتبه‌بندی شده‌اند. در نهایت در بین یازده روش مختلف، روش برگزاری جلسات با مردم ساکن در سیلاب‌دشت‌ها به‌عنوان رتبه اول انتخاب شد. در بین روش‌های دیگر نیز ایجاد نشانگرهای مشاهداتی از سیلاب‌های رخ‌داده پیشین در رتبه دوم، بازدید مسئولان هشدار سیلاب از کارخانه‌ها و صنایع واقع در سیلاب‌دشت‌ها و اخطارهای لازم به صاحبان صنایع در رتبه سوم، نصب تابلوهای نشانگر پتانسیل سیلاب روی ساختمان‌های عمومی در رتبه چهارم، انتشار مقالات در روزنامه‌ها در رتبه پنجم، ارائه دستورالعمل‌های سیلاب به شکل کتابچه‌ها و بروشورها به مردم در رتبه ششم، مانورهای آزمایشی در رتبه هفتم، تعامل چهره به چهره و خانه به خانه با مردم در رتبه هشتم، روش‌های توزیع اطلاعات مربوط به سیلاب از طریق جزوه‌ها، بروشورها و غیره و همچنین تبلیغات آگاهی‌بخش در رادیو هر دو در رتبه نهم و مصاحبه با مسئولان مدیریت سیلاب در رتبه دهم قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی سیلاب، سیلاب، مدیریت غیرسازه‌ای، هشدار سیلاب، TOPSIS.

مقدمه

سیل از مخرب‌ترین سوانح طبیعی جهان است که بر اثر عواملی مانند بارش شدید باران، ذوب برف و یخچال‌ها و شکست سدها رخ می‌دهد و ممکن است به پیامدهای فاجعه‌باری مانند از دست رفتن جان و تخریب اموال بینجامد [۱۹، ۳]. جبران پیامدهای زیانبار سیلاب به‌عنوان یک مخاطره طبیعی به‌ویژه در نواحی توسعه‌یافته، با هزینه‌های زیادی همراه بوده است. همچنین گسترش شهرنشینی، به‌ویژه در حاشیه رودخانه‌ها، بر خسارات و تلفات سیلاب در سال‌های اخیر افزوده است [۱]. از این‌رو آگاهی از شدت خطرپذیری نواحی گوناگون شهرها و توجه به بحث مدیریت سیلاب‌های شهری با تأکید بر حفظ محیط زیست شهری، بسیار مهم است. آمارها در ایران حکایت از روند افزایشی تعداد وقوع پدیده سیلاب و خسارات جانی و مالی ناشی از آن دارند [۲].

از این‌رو برای مقابله با سیلاب و خطرهای ناشی از آن دو گروه اقدامات اساسی انجام می‌پذیرد. گروه اول، شامل اقدامات سازه‌ای مانند اصلاح مسیر رودخانه، احداث سد و ساخت دیواره سیل‌بند و گروه دوم، شامل اقدامات غیرسازه‌ای مانند سیستم‌های هشدار سیل، کنترل کاربری زمین و بیمه سیل است [۱۴، ۸]. بررسی‌ها نشان می‌دهند که امروزه روش‌های غیرسازه‌ای افزون‌بر مزیت‌های اقتصادی، به‌علت تأثیرات مخرب کمتر بر محیط زیست، از اقبال بیشتری در میان روش‌های مقابله با سیلاب برخوردارند. پیش‌بینی سیلاب در واقع فرایند برآورد شدت جریان، تراز آب، زمان و مکان و تداوم وقوع سیلاب است، حال آنکه هشدار سیل به عمل انتشار خبر وقوع سیل در زمان و مکان مشخصی در محدوده مورد نظر اطلاق می‌شود [۲۰، ۹]. موفقیت هر سیستم در گرو پیش‌بینی و هشدار به‌موقع، دقت در پیش‌بینی، موفقیت انتشار خبر، آموزش همگانی برای انواع اقدامات و روش‌های مقابله با سیلاب در زمان هشدار، آموزش و واکنش مناسب مسئولان بهره‌بردار از تأسیسات کنترل سیلاب و به‌خصوص اعتماد مردم و مسئولان به پیام‌های هشداردهنده است. نمونه سیستم هشدار سیلاب در حالت بسیار ساده و ابتدایی آن می‌تواند به صدا درآوردن زنگ کلیساها، اعلام از بلندگوهای عمومی یا مساجد باشد [۱۳]. همچنین می‌توان با استفاده از یک خط ارتباطی مطمئن، اطلاعات هواشناسی و هیدرولوژی را به مدیریت کنترل سیلاب منتقل کرد. در حالت پیشرفته سیستم پیش‌بینی و هشدار می‌تواند ترکیبی از اطلاعات هیدرولوژیکی، هواشناسی و تحلیل رایانه‌ای و فنون مخابراتی باشد. سیستم‌های هشدار سیل به‌عنوان یکی از روش‌های شاخص مدیریت سیلاب، با استفاده از ابزار پیش‌بینی زمان واقعی سیل و مدیریت سیل در حوضه آبریز، تأثیر چشمگیری در کاهش خسارات سیل دارند. سیستم‌های هشدار سیل کمتر از چهل سال است که

به صورت پیشرفته در رودخانه‌های بزرگ دنیا اجرا شده و بهره‌برداری می‌شوند [۱۶]. فناوری جمع‌آوری، انتقال و پردازش داده‌های هیدرولوژیکی و پیش‌بینی زمان واقعی از طریق مدل‌سازی پیشرفت چشمگیری کرده و امکان بیشتری را برای استفاده از سیستم‌های پیشرفته هشدار و پیش‌بینی سیل مطرح می‌کند. سیستم‌های هشدار سیل بسته به مرحله زمانی عمل، شامل سه قسمت‌اند. قسمت اول مربوط به شناسایی و ارزیابی خطر، قسمت دوم مرتبط با انتقال و انتشار هشدار سیل و قسمت سوم در ارتباط با واکنش نسبت به هشدار است. توسعه یک سیستم پیش‌بینی و هشدار سیلاب مبتنی بر مشارکت هوشمندانه مردم و سازمان‌های مختلف است. همچنین، موفقیت این سامانه‌ها در جوامع در معرض خطر، به میزان آگاهی مردم بستگی دارد [۲۱، ۱۲، ۲]. با عنایت به تنوع روش‌های مشارکت و آموزش مردم، انتخاب گزینه‌ای که کمترین اثرهای منفی را بر توسعه سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیلاب ایجاد کند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیلاب در کاهش تلفات جانی و خسارات مالی در مناطق سیل‌خیز نقش عمده و مؤثری دارند، در حالی که تاکنون در تحقیقات صورت‌گرفته توسط نویسندگان در این حوزه، تنها مسائل فنی و تکنولوژیکی مورد توجه قرار گرفته و مشارکت اجتماعی مردم و نهادها کمتر بررسی شده است. بنابراین در این پژوهش سعی شده به این مسئله توجه شده و روش‌های مختلف مشارکت و آموزش مردم در پیش‌بینی و هشدار سیل اولویت‌بندی شوند. در واقع، هدف این تحقیق، انتخاب بهترین روش یا به عبارتی رتبه‌بندی روش‌های مختلف مشارکت دادن و آموزش مردم در پیش‌بینی و هشدار سیل با در نظرگیری چندین معیار مهم در کشور ایران است. از این‌رو باید از یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره مناسب استفاده کرد. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به شناخت، توصیف و ارزیابی گزینه‌ها کمک و سپس آنها را رتبه‌بندی کرده و به تصمیم‌گیران کمک می‌کنند تا مطلوب‌ترین گزینه را پیدا کنند. برای این منظور، ابتدا معیارهای مناسب برای ارزیابی گزینه‌ها از طریق مطالعه مقالات و مصاحبه با کارشناسان تعیین شد. سپس پرسشنامه‌ای طراحی شد که هدف آن، بررسی موافقت متخصصان و دست‌اندرکاران با معیارهای تعیین‌شده در مرحله قبل بود. پس از دستیابی به پرسشنامه روا و پایا، از یک رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره مناسب برای رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده شده است. در این رویکرد تصمیم‌گیری، برای مشخص کردن حد اهمیت هر معیار (وزن دهی به معیارها) از روش آنتروپی شانون و برای رتبه‌بندی گزینه‌ها از روش تاپسیس استفاده شد.

مواد و روش‌ها

آمار سیلاب در دوره ۳۰ ساله ۱۹۵۹ تا ۱۹۸۸ نشان می‌دهد که در این مدت، پانزده سیلاب رخ

داده و جمعیت تحت تأثیر آن حدود ۱ میلیون نفر بوده است که حدود ۱۶۰۰ نفر از آنها در اثر این سیلاب‌ها جان خود را از دست دادند و خسارات مالی سیلاب نیز در حدود ۱۷۴۰ میلیون دلار بود. همچنین آمار سیلاب در دوره زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸ نشان‌دهنده ۵۹ سیلاب در این دوره زمانی است که جمعیت تحت تأثیر آن حدود ۳ میلیون نفر بود که در حدود ۲۱۰۰ نفر جان خود را از دست دادند و خسارات مالی این سیلاب‌ها نیز حدود ۷ میلیارد دلار بود [۱۷]. با توجه به بررسی‌ها و تحلیل‌های صورت‌گرفته مربوط به تلفات جانی و خسارات مالی ناشی از سیل، لزوم توسعه سیستم‌های هشدار سیل، ضروری به نظر می‌رسد که این توسعه، نیازمند مشارکت هوشیارانه مردم است [۲]. در این تحقیق، روش‌های مشارکت و آموزش مردم برای تحقق این سیستم‌ها با رویکرد تصمیم‌گیری مناسب رتبه‌بندی می‌شوند.

در این تحقیق، برای انتخاب بهترین روش مشارکت و آموزش مردم در توسعه سیستم‌های هشدار و پیش‌بینی سیلاب، نخست باید معیارها و گزینه‌های مدنظر مشخص و روایی و پایایی آنها توسط متخصصان و دست‌اندرکاران تأیید شود. برای اثبات روایی ماتریس تصمیم‌گیری نهایی، روایی محتوایی آن بررسی شده که برای این منظور از نسبت روایی محتوا و شاخص روایی محتوا استفاده شده است. در این تحقیق، برای بررسی روایی صوری، پرسشنامه برای یک نمونه ۱۵ تایی از جامعه آماری شامل مهندسان منابع آب، کشاورزی، منابع طبیعی، سوانح طبیعی، شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری و متخصصان ژئومورفولوژی ارسال شد تا نظر خود را درباره نگارش سؤالات و داده‌های جمع‌آوری‌شده مطرح کنند. نظر آنها در پرسشنامه اولیه اعمال شد و اصلاحات لازم صورت گرفت و در نهایت پس از تأیید روایی صوری توسط خبرگان، روایی محتوایی پرسشنامه نیز توسط ۳۰ خبره بررسی شد. برای این منظور از نسبت روایی محتوا و شاخص روایی محتوا استفاده شد. در نسبت روایی محتوا، هر متخصص باید به سؤالات مربوط براساس طیف سه‌قسمتی «ضروری، مفید ولی غیرضروری، و غیرضروری» پاسخ دهد. این نسبت از رابطه ۱ به‌دست می‌آید.

$$CVR = \frac{n_E - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \quad (1)$$

منظور از n_E تعداد افراد متخصصی است که گزینه ضروری را انتخاب کرده‌اند و منظور از N تعداد کل متخصصان است.

همچنین شاخص روایی محتوا با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد.

$$CVI = \frac{\sum_{i=1}^K CVR_i}{K} \quad (2)$$

CVR_i نسبت روایی محتوا برای سؤال i و K تعداد سؤال‌های باقی‌مانده در پرسشنامه هستند. همچنین برای محاسبه پایایی پرسشنامه مربوط به ماتریس تصمیم‌گیری از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد و مقدار این ضریب در نرم‌افزار SPSS محاسبه شد. پس از دستیابی به پرسشنامه اروا و پایا، برای انتخاب بهترین گزینه ابتدا وزن معیارها با روش وزن‌دهی آنتروپی شانون تعیین شد. سپس براساس میانگین نظر متخصصان وضعیت هر گزینه نسبت به هر معیار تعیین شده و گزینه‌ها در نهایت با روش TOPSIS رتبه‌بندی شد.

تعیین وزن معیارها با روش آنتروپی شانون

آنتروپی، براساس داده‌های ماتریس تصمیم‌گیری، وزن معیارها را تعیین می‌کند. در این روش، ماتریس تصمیم D با m گزینه و n معیار با اجزای x_{ij} در نظر گرفته می‌شود که در آن، وضعیت گزینه i را نسبت به معیار j نشان می‌دهد. سپس اجزای ماتریس D نرمال‌سازی شده و به p_{ij} تبدیل می‌شوند. برای هر شاخص مقدار آنتروپی با معادله ۳ تعیین می‌شود [۱۵].

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (3)$$

R مقدار ثابتی است و با استفاده از رابطه ۴ با معکوس کردن لگاریتم تعداد گزینه‌ها به دست می‌آید.

$$R = \frac{1}{\ln m} \quad (4)$$

سپس درجه انحرافی d_j برای هر معیار با استفاده از رابطه ۵ محاسبه می‌شود. در رابطه ۵ منظور از E_j ، آنتروپی شاخص j است.

$$d_j = |1 - E_j| \quad (5)$$

وزن معیار j ام با روش آنتروپی با استفاده از رابطه ۶ به دست می‌آید [۵].

$$\beta_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (6)$$

رتبه‌بندی گزینه‌ها

مرحله ۱. ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری

ماتریس تصمیم‌گیری از m گزینه و n معیار تشکیل شده است و وضعیت گزینه i نسبت به معیار j با x_{ij} نشان داده می‌شود و بنابراین یک ماتریس $(x_{ij})_{m \times n}$ است.

مرحله ۲. ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری بی‌مقیاس

از آنجا که معیارها وزن‌های متفاوتی دارند، برای دستیابی به داده‌های قابل مقایسه، باید آنها را بی‌مقیاس کرد. برای بی‌مقیاس‌سازی از رابطه ۷ استفاده می‌شود [۳، ۴، ۶، ۷، ۱۰].

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

مرحله ۳. محاسبه ماتریس بی‌مقیاس موزون

پس از بی‌مقیاس‌سازی، ماتریس بی‌مقیاس‌شده موزون از رابطه ۸ به دست می‌آید.

$$V_{ij} = w_j \times n_{ij} \quad (8)$$

n_{ij} : داده‌های بی‌مقیاس

w_j : وزن معیار j ام

مرحله ۴. تعیین جواب‌های ایدئال و ضد ایدئال

برای تعیین جواب‌های ایدئال و ضد ایدئال از رابطه‌های ۹ و ۱۰ استفاده

می‌شود [۱۱، ۱۵، ۱۷، ۲۰].

$$A^+ = (\max_i V_{ij} | j \in J_1), (\min_i V_{ij} | j \in J_2) \quad (9)$$

$$A^- = (\min_i V_{ij} | j \in J_1), (\max_i V_{ij} | j \in J_2) \quad (10)$$

جواب ایدئال، جوابی است که برای شاخص‌های مثبت بیشترین مقدار و برای شاخص‌های منفی کمترین مقدار را داشته باشد. جواب ضد ایدئال برای شاخص‌های مثبت کمترین مقدار و برای شاخص‌های منفی بیشترین مقدار را دارد [۵].

مرحله ۵. محاسبه فاصله هر گزینه از جواب ایدئال و ضد ایدئال

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

مرحله ۶. رتبه‌بندی گزینه‌ها

برای رتبه‌بندی گزینه‌ها مقادیر C_i ها با هم مقایسه می‌شوند. هرچه مقدار C_i بیشتر باشد، گزینه بهتر خواهد بود [۱۸].

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

یافته‌ها

ابتدا روایی پرسشنامه با روش نسبت روایی محتوا توسط ۱۵ متخصص بررسی شد. مقدار محاسبه‌شده نسبت روایی محتوا مطابق با رابطه ۱، برای هر سؤال پرسشنامه (هر سؤال پرسشنامه معادل یکی از معیارهای تصمیم‌گیری است) در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. مقدار نسبت روایی محتوا برای هر معیار در پرسشنامه

معیار (سؤال مربوط در پرسشنامه)	CVR
کاهش خسارات مالی	۰/۸۷
کاهش تلفات جانی	۰/۷۳
پذیرش اجتماعی	۰/۷۳

تمام اعداد به‌دست‌آمده در جدول ۱ از حداقل مقدار نسبت روایی محتوا (در اینجا ۰/۴۹) بیشترند. مقدار شاخص روایی محتوا هم مطابق با رابطه ۲، برابر ۰/۷۸ به‌دست آمد. با توجه به اینکه کمترین مقدار مجاز شاخص روایی محتوا ۰/۷ است [۷]، روایی پرسشنامه تأیید می‌شود. برای بررسی پایایی پرسشنامه، ضریب آلفای کرونباخ براساس یک نمونه ۱۵ تایی از متخصصان برای پرسشنامه محاسبه شد که مقدار آن ۰/۸۵۳ است و از آنجا که مقدار این ضریب بیشتر از مقدار مجاز ۰/۷ است [۱۴]، پرسشنامه پایاست. پس از تأیید روایی و پایایی پرسشنامه تصمیم‌گیری، ماتریس تصمیم‌گیری روا و پایا بین خبرگان توزیع شد تا وضعیت هر گزینه نسبت به هر معیار را تعیین کنند. پس از به‌دست آوردن میانگین نظر خبرگان، ماتریس نهایی تصمیم‌گیری به‌دست آمد (جدول ۲). به کمک ماتریس تصمیم‌گیری به‌دست‌آمده، وزن معیارها با روش آنتروپی شانون به‌دست آمد (جدول ۳). پس از به‌دست آوردن وزن معیارها، گزینه‌ها با روش TOPSIS رتبه‌بندی شدند. برای این منظور ابتدا باید ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شود. سپس وزن معیارها در ماتریس بی‌مقیاس، اعمال شد و ماتریس بی‌مقیاس موزون به‌دست آمد. سپس برای هر معیار، گزینه‌های ایدئال و ضد ایدئال تعیین شد. در مرحله بعد فاصله ایدئال، ضد ایدئال، شاخص رتبه‌بندی و رتبه‌بندی گزینه‌ها مطابق جدول ۴ به‌دست آمد. با توجه به رتبه‌بندی انجام‌گرفته برای یازده نوع از روش‌های مختلف

مشارکت و آموزش مردم در جهت توسعه سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیل در کشور ایران، روش برگزاری جلسات با مردم ساکن در سیلاب‌دشت‌ها در رتبه اول، ایجاد نشانگرهای مشاهداتی از سیلاب‌های رخ داده پیشین در رتبه دوم، بازدید مسئولان هشدار سیلاب از کارخانه‌ها و صنایع واقع در سیلاب‌دشت‌ها و اخطارهای لازم به صاحبان صنایع در رتبه سوم، نصب تابلوهای نشانگر پتانسیل سیلاب روی ساختمان‌های عمومی در رتبه چهارم، انتشار مقالات در روزنامه‌ها در رتبه پنجم، ارائه دستورالعمل‌های سیلاب به شکل کتابچه‌ها و بروشورها به مردم در رتبه ششم، اجرای مانورهای آزمایشی در رتبه هفتم، تعامل چهره به چهره و خانه به خانه با مردم در رتبه هشتم، روش‌های توزیع اطلاعات مربوط به سیلاب از طریق جزوه‌ها، بروشورها و غیره و همچنین تبلیغات آگاهی‌بخش در رادیو هر دو در رتبه نهم و مصاحبه با مسئولان مدیریت سیلاب در رتبه دهم قرار گرفته‌اند.

جدول ۲. ماتریس تصمیم‌گیری

گزینه	معیار	کاهش خسارات مالی	کاهش تلفات جانی	پذیرش اجتماعی
ارائه دستورالعمل‌های سیلاب به شکل کتابچه و بروشور	۱	۵	۵	۵
بازدید مسئولان هشدار سیلاب از کارخانه‌ها و صنایع واقع در سیلاب‌دشت‌ها و دادن اخطارهای لازم به صاحبان صنایع	۳	۵	۵	۵
تعامل چهره به چهره و خانه به خانه با مردم	۱	۳	۳	۳
ایجاد نشانگرهای مشاهداتی از سیلاب‌های رخ داده پیشین	۵	۵	۵	۷
انتشار مقالات در روزنامه‌ها	۱	۵	۵	۷
برگزاری جلسات با مردم ساکن در سیلاب‌دشت	۳	۷	۷	۵
توزیع اطلاعات مربوط به سیلاب از طریق جزوه‌ها و بروشورها	۳	۱	۱	۳
نصب تابلوهای نشانگر پتانسیل سیلاب روی ساختمان‌های عمومی	۵	۵	۳	۵
تبلیغات آگاهی‌بخش در رادیو	۳	۱	۱	۳
مصاحبه با مسئولان مدیریت سیلاب	۱	۱	۱	۳
مانورهای آزمایشی	۵	۱	۱	۵

جدول ۳. مقادیر آنتروپی، درجه انحراف و وزن معیارها

معیار	وزن معیار	درجه انحراف	آنتروپی
کاهش خسارات مالی	۰/۴	۰/۰۷	۰/۹۳
کاهش تلفات جانی	۰/۴۸۵	۰/۰۸	۰/۹۲

پذیرش اجتماعی	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۹۸
---------------	------	------	------

جدول ۴. رتبه‌بندی گزینه‌ها با استفاده از فاصله ایدئال و ضد ایدئال

گزینه‌ها	فاصله ایدئال	فاصله ضد ایدئال	شاخص رتبه‌بندی	رتبه‌بندی گزینه‌ها
برگزاری جلسات با مردم ساکن در سیلاب‌دشت	۰/۰۸۰	۰/۲۴۰	۰/۷۶۰	۱
ایجاد نشانگرهای مشاهداتی از سیلاب‌های رخ داده پیشین	۰/۰۷۵	۰/۲۱۰	۰/۷۴۰	۲
بازدید مسئولان هشدار سیلاب از کارخانه‌ها و صنایع واقع در سیلاب‌دشت‌ها و دادن اخطارهای لازم به صاحبان صنایع	۰/۱۱۰	۰/۱۷۰	۰/۶۱۰	۳
نصب تابلوهای نشان‌گر پتانسیل سیلاب روی ساختمان‌های عمومی	۰/۱۵۰	۰/۱۷۰	۰/۵۳۰	۴
انتشار مقالات در روزنامه‌ها	۰/۱۷۰	۰/۱۵۵	۰/۴۸۰	۵
ارائه دستورالعمل‌های سیلاب به شکل کتابچه و بروشور به مردم	۰/۱۷۰	۰/۱۵۰	۰/۴۷۰	۶
مانورهای آزمایشی	۰/۲۲۰	۰/۱۵۰	۰/۴۰۰	۷
تعامل چهره به چهره و خانه به خانه با مردم	۰/۲۱۰	۰/۰۷۵	۰/۲۶۰	۸
توزیع اطلاعات مربوط به سیلاب از طریق جزوه‌ها، بروشورها و غیره	۰/۲۴۰	۰/۰۷۵	۰/۲۴۰	۹
تبلیغات آگاهی‌بخش در رادیو	۰/۲۴۰	۰/۰۷۵	۰/۲۴۰	۹
مصاحبه با مسئولان مدیریت سیلاب	۰/۲۶۵	۰/۰۷۰	۰/۲۱۰	۱۰

برای بررسی کارایی و صحت‌سنجی روش تصمیم‌گیری استفاده‌شده در رتبه‌بندی گزینه‌ها، مجدداً گزینه‌ها به کمک سه روش تصمیم‌گیری دیگر (SAW, ARAS, WASPAS) رتبه‌بندی شده‌اند. سپس برای هر گزینه، میانگین رتبه‌های به‌دست‌آمده از روش تصمیم‌گیری ارائه‌شده در این تحقیق (تاپسیس) و سه روش ذکرشده به‌دست‌آمد و ضریب همبستگی اسپیرمن بین میانگین رتبه‌های به‌دست‌آمده و هر کدام از چهار روش ذکرشده (ARAS, SAW, TOPSIS) و WASPAS در نرم‌افزار SPSS محاسبه شد که مقدار آن به ترتیب ۰/۹۷، ۱، ۰/۹۳ و ۱ است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، می‌توان نتیجه گرفت که روش ارائه‌شده در این مقاله (TOPSIS) و ARAS روش‌های کاراتری در رتبه‌بندی گزینه‌ها نسبت به WASPAS و SAW هستند، زیرا هرچه مقدار این ضریب بیشتر باشد، کارایی روش تصمیم‌گیری بیشتر خواهد بود.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی آمار تلفات جانی و خسارات مالی ناشی از سیلاب، آمادگی و اقدامات مقابله‌ای در برابر سیلاب ضروری به نظر می‌رسد. همان‌طور که اشاره شد، دو دسته از اقدامات مهم برای کنترل و مدیریت سیلاب‌ها، اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای هستند. اقدامات

غیرسازهای اقداماتی اقتصادی تر و سازگارتر با محیط زیست هستند. پیش‌بینی و هشدار سیلاب که از روش‌های مؤثر در اقدامات غیرسازهای به‌شمار می‌روند، باید در ایران توسعه یابند. توسعه این روش‌ها باید با مشارکت و آموزش مردم همراه باشد. برای افزایش مشارکت مردم به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مهم در توسعه روش پیش‌بینی و هشدار سیلاب، باید بین اقدامات در نظر گرفته‌شده بهینه‌ترین آنها انتخاب شود. در این تحقیق، این روش‌ها رتبه‌بندی شدند که روش برگزاری جلسات با مردم ساکن در سیلاب‌دشت‌ها در رتبه اول، ایجاد نشانگرهای مشاهداتی از سیلاب‌های رخ داده پیشین در رتبه دوم، بازدید مسئولان هشدار سیلاب از کارخانه‌ها و صنایع واقع در سیلاب‌دشت‌ها و دادن اخطارهای لازم به صاحبان صنایع در رتبه سوم، نصب تابلوهای نشان‌گر پتانسیل سیلاب بر روی ساختمان‌های عمومی در رتبه چهارم، انتشار مقالات در روزنامه‌ها در رتبه پنجم، ارائه دستورالعمل‌های سیلاب به شکل کتابچه‌ها و بروشورها به مردم در رتبه ششم، اجرای مانورهای آزمایشی در رتبه هفتم، تعامل چهره به چهره و خانه به خانه با مردم در رتبه هشتم، روش‌های توزیع اطلاعات مربوط به سیلاب از طریق جزوه‌ها، بروشورها و غیره و همچنین تبلیغات آگاهی‌بخش در رادیو هر دو در رتبه نهم و مصاحبه با مسئولان مدیریت سیلاب در رتبه دهم قرار گرفتند. این یافته‌ها نشان می‌دهند که روش‌هایی مانند برگزاری جلسه با مردم و مشارکت آنان در رتبه برتر و مصاحبه با مسئولان و چاپ بروشور و کارهای صرفاً تبلیغاتی در رتبه‌های آخر قرار گرفته‌اند. روش‌هایی مانند تعامل چهره به چهره و خانه به خانه نیز به‌علت تعداد زیاد افراد، هزینه زیاد و وقتگیر بودن، در رتبه‌های آخر قرار می‌گیرند.

منابع

- [۱]. قهرودی تالی، منیژه؛ مجیدی هروی، آنیته؛ و عبدلی، اسماعیل (۱۳۹۵). «آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب شهری (مطالعه موردی: تهران، درکه تا کن)»، *جغرافیا و مخاطرات طبیعی*، جلد ۵، ش ۱۷، ص ۳۶-۲۱.
- [۲]. نظام‌نامه مدیریت سیلاب در وزارت نیرو (۱۳۹۵).
- [3]. Arnell, Nigel W.; & Gosling, Simon N. (2016). "The impacts of climate change on river flood risk at the global scale", *Climatic Change*, 134(3), pp: 387-401.
- [4]. Chen, Chen-Tung (2000). "Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment", *Fuzzy sets and systems*, 114(1), pp: 1-9.
- [5]. Chuansheng Xie; Dapeng Dong; Shengping Hua; Xin Xu; & Yingjie Chen (2012). "Safety evaluation of smart grid based on AHP-entropy method", *Systems Engineering Procedia*, 4(2), pp: 203-209.

- [6].Fu, Guangtao (2008). "A fuzzy optimization method for multicriteria decision making: An application to reservoir flood control operation", *Expert Systems with Applications*, 34(1), pp: 145-149.
- [7].Lawshe, C.H. (1975). "A quantitative approach to content validity 1", *Personnel psychology*, 28(4), pp: 63-75.
- [8].Mileti, Denis S. (1995), "Factors related to flood warning response", in: *US-Italy Research Workshop on the Hydrometeorology, Impacts, and Management of Extreme Floods*, pp: 1-17.
- [9].Mohit, Mohammad Abdul; & Sellu, Gajikoh Mohamed. (2017). "Development of Non-structural Flood Mitigation Policies and Measures for Pekan town, Malaysia", *Asian Journal of Behavioural Studies*, 2(6), pp: 9-20.
- [10]. Orozco, Michael M.; & Caballero, Jonathan M. (2018). Smart disaster prediction application using flood risk analytics towards sustainable climate action, In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 189, p. 10006). EDP Sciences.
- [11]. Özcan, Evren Can; Ünlüsoy, Sultan; & Eren, Tamer (2017). "A combined goal programming–AHP approach supported with TOPSIS for maintenance strategy selection in hydroelectric power plants", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78(4), pp: 10-23.
- [12]. Parker, Dennis J.; & Handmer John W. (1998). "The role of unofficial flood warning systems", *Journal of contingencies and crisis management*, 6(1), pp: 45-60.
- [13]. Plate, Erich J. (2002). "Flood risk and flood management", *Journal of Hydrology*, 267(1-2), pp:2-11.
- [14]. Walesh, Stuart G. (1989). "Urban surface water management", *John Wiley & Sons*, 2(3), pp: 18-30.
- [15]. Wang, Endong; Alp, Neslihan; Shi, Jonathan; Wang, Chao; Zhang, Xiaodong; & Chen, Hong (2017). "Multi-criteria building energy performance benchmarking through variable clustering based compromise TOPSIS with objective entropy weighting", *Energy*, 125(1), pp: 197-210.
- [16]. Windarto, J. (2010). "Flood early warning system develop at garang river Semarang using information technology base on SMS and Web", *International Journal Of Geomatics And Geosciences*, 1(1), pp: 14-28.
- [17]. EM-DAT CR. The international disaster database.
- [18]. Yadav, Shiv Prasad; Kumar, Surendra; & Kavita (2009). "A multi-criteria interval-valued intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method", In *International workshop on rough sets, fuzzy sets, data mining, and granular-soft computing*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp: 303-312.
- [19]. Yuan, Wenlin; Liu, Meiqi; & Wan, Fang (2019). Study on the impact of rainfall pattern in small watersheds on rainfall warning index of flash flood event. *Natural Hazards*, 97(2), pp:665-682.
- [20]. Yue, Zhongliang (2011). "A method for group decision-making based on determining weights of decision makers using TOPSIS", *Applied Mathematical Modelling*, 35(4), pp: 1926-36.
- [21]. Zschau, Jochen; & Küppers, Andreas (Eds) (2013). *Early warning systems for natural disaster reduction*, Springer Science & Business Media.