دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست‌وسوم، شماره‌ی ۸۳
پاییز۱۴۰۲، صفحات ۱۴۳-۱۲۱

DOI:10.52547/GeoSpa.23.3.121

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

**فروغ نامجو** [۱]
**رسول صمدزاده*** [۲]
**محمدتقی معصومی** [۳]

# آینده‌پژوهی تاب¬آوری کلانشهر تبریز در برابر آشوب سیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۹

## چکیده

پژوهش حاضر با هدف‌آینده‌پژوهی تاب‌آوری شهری کلانشهر تبریز در برابر آشوب سیل صورت گرفته است. دراین راستا به تدوین سناریوهای تاب‌آوری شهر تبریز و تعیین سناریوی مطلوب و تدوین راهبردهای اجرایی برای سناریوهای مطلوب با استفاده از مدل SOAR و ماتریس خانهٔ کیفیت (HOQ) پرداخته شد. بدین‌ترتیب با استفاده از اطلاعات به دست آمده از مطالعهٔ وضع موجود و نظرسنجی از کارشناسان (تعداد ۱۰ کارشناس به روش گلوله برفی(نمونه‌گیری تا زمان رسیدن به اشباع نظری که در ۱۰ نفر محقق شد)) و با استفاده از نرم‌افزار Scenario wizard، سناریوهای تاب‌آوری کلانشهر تبریز (سناریوهای با احتمال قوی تا سناریوهای با احتمال ضعیف) تدوین شده است. سپس از میان انواع سناریوها، سناریوهای مناسب که متناسب باآینده مطلوب طراحی شده باشند، انتخاب شده است. شناخت مسائل کلیدی، شناخت وضع موجود و شناخت‌آینده‌های ممکن، محتمل و باورکردنی اضلاع مثلثی هستند که ترسیم چشم‌انداز یاایندهٔ مطلوب را برای برنامه‌ریزی ممکن می‌سازند. در نهایت راهبردهای بهبود تاب‌آوری در خصوص سناریوهای مطلوب تدوین، راهبردهای اجرایی سناریوی مطلوب ارائه و راهبردهای برتر انتخاب گردیدند. نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از برنامه‌های آموزشی، تجربه‌های داخلی و خارجی، تمایل کلان شهروندان برای یادگیری دانش و آگاهی و بهره‌مندی از برنامه‌های سازمان‌های داخلی و خارجی در راستای افزایش اگاهی و دانش کلان شهروندان بهترین راهبرد افزایش تاب‌آوری شهر تبریز می‌باشد.

**کلید واژه‌ها**: تاب¬آوری شهری، آشوب سیل،آینده¬پژوهی، کلانشهر تبریز.

[۱] – دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.
[۲]–گروه جغرافیا، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران(نویسنده مسئول).
[۳]- گروه جغرافیا، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

**مقدمه**

مخاطرات طبیعی، شرایط زندگی سکنه شهرهای جهان را بشدّت تحت تأثیر قرار داده است. فضای شهری همواره جایگاه بروز فرصتها و چالش‌های فراوانی بوده است که مردم بایستی به صورت مداوم طی زندگی روزمره خود با ساختارهای فنی آن در تعامل باشند(Coaffee,2010). این تعاملات بنیادین، سبب مطرح شدن موضوعات مهمی نظیر مدیریت آسیب‌پذیری و تاب آوری در فضاهای شهری می‌شود. امروزه تحلیل و افزایش تاب آوری نسبت به سوانح طبیعی به حوزه ای مهم و گسترده تبدیل شده است به طوری که در حال حاضر از حرکت همزمان و متقابل توسعه پایدار و مدیریت سوانح به سمت افزایش تاب‌آوری بحث می‌شود. از آنجایی که شهرها، سیستم‌های پیچیده و به هم وابسته‌ای هستند و نسبت به تهدیدات طبیعی و انسان ساخت بسیار آسیب‌پذیرند، بسیاری از سازمان‌های دولتی و غیردولتی، تقویت تاب آوری گروه‌ها و جوامع را در اولویت تحقیق، تهیه و توسعه برنامه‌ها، سیاست‌گذاری‌ها و همچنین از طریق اقدامات آموزشی به مدیریت سوانح پرداخته‌اند (Matyas & Pelling, 2014: 20) .

در واقع هدف از این رویکرد کاهش آسیب‌پذیری شهرها و تقویت توانایی‌های شهروندان برای مقابله با خطرات ناشی از تهدیدات نظیر وقوع سوانح طبیعی است. متفکرانی چون «هالینگ» تاب‌آوری را چنین تعریف می‌کنند: «تاب‌آوری عبارت است از معیاری از توانایی سیستم برای جذب تغییرات، درحالی که هنوز مقاومت قبلی را دارد». همچنین آکادمی ملی آمریکا (۲۰۱۲) بر مباحث تاب‌آوری از دیدگاه «برنامه‌ریزی شهری و مدیریت بحران»، «جوامع تاب‌آور و پایدار»، «معیشت تاب‌آور» و «ایجاد جوامع تاب‌آور» تأکید کرده و لزوم توجه دولت‌ها به‌این مقوله را ضروری دانسته است (Shim Heon & Kim,2015).

برای سنجش تاب‌آوری شهر در برابر سوانح طبیعی در سطح جهان، شاخص‌های متنوعی تعریف و مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحقیقات که‌می‌در مورد تعیین‌این شاخص‌ها بطور منظم درحال انجام است. از نظر روش شناسی‌این موضوع شامل شناسایی عواملی می‌شود که سطوح بالاتر تاب‌آوری را با مقایسه جوامعی که به نحو متفاوت به بحران‌های یکسان پاسخ داده‌اند، پیش‌بینی می‌شود(Mitchell & Harris, 2012).

معیارهایی که تا به امروز بیانگر این شاخص‌هاست عبارتند از: اعتماد یا اعتبار، رهبری، کارایی جمعی، سرمایه جمعی، انسجام و حس اجتماعی، مشارکت اجتماعی، معیارها، نگرش‌ها، ارزش‌های موجود و ارتباطات و اطلاعات. این شاخص‌ها از رویکردهای مختلفی نشأت می‌گیرند که‌این رویکردها را می‌توان به سه دسته اصلی شامل توانایی ایستادگی، مقاومت و واکنش مثبت به فشار یا تغییر تقسیم کرد(Delavar, 2017). بنابراین با توجه به مؤلفه‌های اصلی تاب‌آوری شامل فیزیکی، اجتماعی، سیاسی، اقتصادی، سازمانی و اکولوژیکی می‌توان به انتخاب شاخص‌های ارزیابی میزان تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی دست یافت.این شاخص‌ها نشانگر تحمل و تاب‌آور بودن یک شهر در برابر سوانح طبیعی خواهد بود. هر چه موقعیت شهر نزدیک به محل وقوع حوادث طبیعی بوده و جمعیت تحت سکونت آن بیشتر باشد، ارزیابی و تعیین میزان تاب‌آوری آن از پیچیدگی بیشتری برخوردار خواهد بود (Alizadeh& Hiedariyan, 2015).

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

بیش از ۸۸ درصد خسارات مربوط به سیلاب، در موقعیت‌هایی با پوشش گیاهی ضعیف و یا فاقد آن در حوزه آبریز رخ داده است؛ پوشش گیاهی باعث جذب آب باران به خاک و تغذیه آب زیرزمینی و جلوگیری از تشکیل سریع روان اب به عنوان عامل اولیه سیلاب می‌شود. بیش از ۹۹ درصد خسارات سیلاب، در رودخانه‌های فرعی و درجه سه اتفاق افتاده که به طور عمده آب دائمی و فصلی در آن‌ها جریان نداشته و فقط در زمان‌های بارندگی یا رگبار شدید، سیل در آن‌ها رخ می‌دهد. استان آذربایجان شرقی یک منطقه کوهستانی محسوب می‌شود که حدود ٤٠ درصد از سطح آن را کوهستان، ۳۸ درصد را تپه ماهورها و ۳۲ درصد آن را زمین‌های هموار هم‌چون دشت و جلگه‌های میان‌کوهی فرا گرفته است. کوهستانی بودن استان، کاهش پوشش گیاهی به علت خشکسالی‌های متعدد، از بین رفتن مراتع بالا دست حوضه‌های آبریز، حفظ نکردن مسیر عبور سیلاب در استان به طول بیش از ۲۵ هزار کیلومتر و احداث سازه‌های غیرفنی و غیراصولی بر روی رودخانه‌ها و مسیل‌ها از عمده عوامل، مستعد بودن سیل خیزی آذربایجان شرقی محسوب می‌شوند. هم‌چنین تغییر کاربری اراضی همجوار رودخانه‌ها و مسیل‌ها و رگبارهای تند و نقطه‌ای که در برخی موارد فقط در چند دقیقه، بیش از ۵۰ درصد بارش یک شهرستان رخ می‌دهد نیز از جمله دلایل سیل خیز بودن استان است.

تمامی‌شهرهای آذربایجان شرقی و بخصوص شهر تبریز، در معرض خطرات سیل قرار گرفته است. طی ۳۵۰ سال اخیر و به خصوص در ۱۰۰ سال گذشته، سیل‌های متعددی، شهر تبریز را تهدید کرده است و تکرار چهار سیل پرخسارات در سال‌های ۱۳۰۸ (با ویرانی حدود ۲۰۰۰ خانه و کشته شدن ۳۷۵ نفر) تا سال ۱۳۱۰ از طرف رودخانه مهرانه رود تبریز، موجب دیواره سازی مهرانه رود برای رفع خطرات سیل شهر شد. بااین وجود؛ متاسفانه آمادگی این شهر برای مقابله بااین مخاطرات بسیار پایین است بگونه‌ای که به گفته رئیس کمیسیون معماری و شهرسازی شورای شهر تبریز در سال ۱۳۹۸، حدود ۸۰۰ هزار شهروند در بافت‌های ناکارآمد شهر تبریز در معرض مخاطرات بلایای طبیعی قرار دارند. ازاین رو پژوهش حاضر به دنبال‌آینده‌پژوهی تاب‌آوری شهری کلان شهر تبریز در برابر مخاطرات طبیعی می‌باشد. هدف تحقیق حاضر عبارت است از:

۱) تدوین سناریوهای احتمالی و شناسایی سناریوهای مطلوب در وضعیت آینده، جهت افزایش تاب‌آوری کلانشهر تبریز

۲) تدوین برنامه‌ها و سیاست‌های منتهی به ارتقای تاب‌آوری شهری برای داشتن زندگی مطلوب‌تر در کلانشهر تبریز

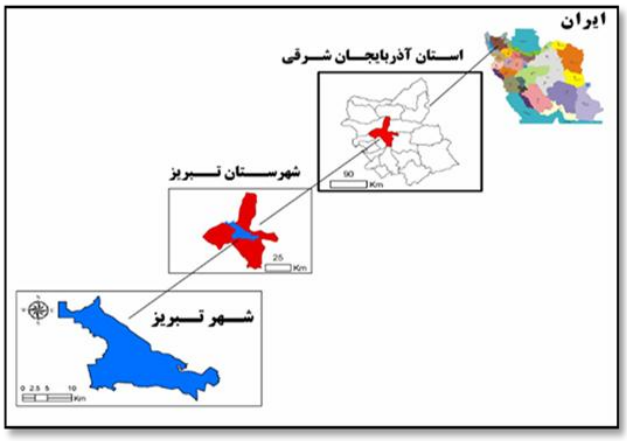
با توجه به‌اینکه مقاله حاضر ضمن بررسی وضعیت سیل در شهر تبریز، به ارائه سناریوهای احتمالی و نیز شناسایی سناریوی مطلوب پرداخته است، دارای نوآوری می‌باشد و پژوهشی که قبلا به‌این مهم پرداخته باشد، یافت نشد.

**مواد وروش ها**

منطقه مورد مطالعه

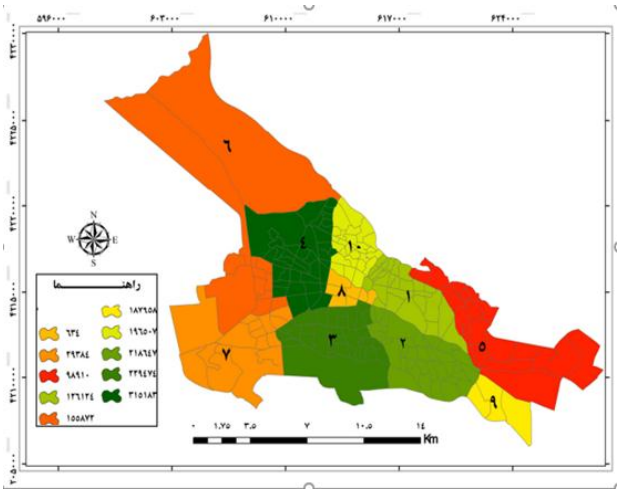
تبریز، مرکز آذربایجان شرقی و بزرگ‌ترین کلانشهر باختر و شمال باختری ایران (شکل۱)، در طول تکوین تاریخ طبیعی خود همواره یکی از کانون‌های مخاطره‌آمیز ایران زمین در مقابل بلایای طبیعی به ویژه سیل و زمین‌لرزه بوده است (Samadzadeh, 2019: 96). این شهر با وسعتی حدود ۲۵ هزار هکتار در ارتفاع ۱۳٤۰ متری از آب‌های آزاد واقع شده است.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024




شکل ۱: جایگاه جغرافیایی آذربایجان شرقی در شمال باختری‌ایران و شهر تبریز در قسمت میانی آن

**Figure 1: Geographical location of east Azerbaijan in northwestern Iran and the city of Tabriz in its middle part**




شکل ۲: محدوده مناطق ده¬گانهٔ شهری براساس جمعیت (به هزار نفر)

**Figure 2: Range of urban areas by population (per thousand)**

عمده مسیل‌های داخل شهری و بیرون شهری در نهایت وارد مهران‌رود شده و با هدایت سیلاب از طریق همان رودخانه به آجی چای، سیلاب از بخش مهم شهر تبریز خارج می‌شد اما اکنون فقط قسمت عمده مهرانه رود حفظ شده است. سرشاخه‌های‌این رود در داخل، میانه و خارج شهر دچار تحولات بسیاری شده است، به طوری که در تمامی‌این مسیرها در قسمت ورودی شهر به جای رعایت اصول فنی شامل بزرگ نمودن حد بستر رودخانه برای عبور سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ۵۰ ساله و ۱۰۰ ساله، بستر را از حالت طبیعی خارج کرده و به خیابان، زیرگذر و کنارگذر تبدیل کرده‌اند. مهرانه رود اکنون تحت تاثیر تغییرات، ظرفیت خود را از دست داده و شهر تبریز از سوی مسیل‌های گفته شده در خطر آنی و بالقوه سیل قرار گرفته است. با وجود شناسایی موقعیت‌های احتمالی سیل تبریز، باید مطالعات و اجرای عملیات رفع خطرات به موقع انجام و چاره‌اندیشی‌شود در غیراین صورت، شهر تبریز حتما در زمان وقوع سیلاب، خسارت بسیار سنگین جانی و مالی را متحمل خواهد شد.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

**روش تحقیق**

این تحقیق از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت از نوع اکتشافی می‌باشد. هدف اصلی در تحقیقی اکتشافی شناخت وضعیتی است که درباره آن آگاهی‌های لازم وجود ندارد. به عبارت دیگر، دراین نوع تحقیق، محقق به دنبال دستیابی به اطلاعاتی است که با کمک آن می‌تواند موضوع تحقیق خود را به خوبی بشناسد. تحقیق اکتشافی زمینه‌ای است برای تحقیقات گسترده‌تر. دراین تحقیق هیچ فرضیه‌ای پیشنهاد نمی‌شود و مورد آزمون قرار نمی‌گیرد. بلکه هدف آن تنها به دست دادن بر آوردی از یک مسئله خاص است.

اجرای پژوهش حاضر شامل مراحل زیر است:

۱-شناسایی پیشران‌های کلیدی تاب‌آوری شهر تبریز: در این جهت از شاخص‌های شناسایی شده در مرحله دوم و نظرات کارشناسان و متخصصان استفاده شد.

۲-تدوین سناریوهای تاب‌آوری شهر تبریز و تعیین سناریو مطلوب: دراین جهت از روی آینده‌پژوهی استفاده شد.

۳-تدوین راهبردهای اجرایی برای سناریوهای مطلوب: دراین از مدل SOAR و ماتریس خانه کیفیت استفاده شد.

آینده‌پژوهی یکی از مراحل برنامه ریزی به شیوه جدید است که دراین پژوهش ضرورتاً باید بعد از شناخت وضع موجود و تعیین مسائل کلیدی تاب‌آوری کلان‌شهری به آن پرداخته شود. در این مرحله با بدست آمدن عوامل تاثیرگذار بر تاب‌آوری کلان شهر تبریز که در مراحل قبل شناسایی شدند و با بهره‌گیری از تمامی‌نتایج حاصل شده از پژوهش، با استفاده از نرم افزار Scenario wizard اقدام به سناریوسازی شده است.

با استفاده از اطلاعات به دست امده از مطالعه وضع موجود و نظرسنجی از کارشناسان(تعداد ۱۰ کارشناس به روش گلوله برفی(نمونه‌گیری تا زمان رسیدن به اشباع نظری که در ۱۰ نفر محقق شد)) و با استفاده از نرم افزار Scenario wizard، سناریوهای تاب‌آوری کلان شهر تبریز(سناریوهای با احتمال قوی تا سناریوهای با احتمال ضعیف) تدوین شده است. در ادامه‌این مرحله از میان انواع سناریوها، سناریوهای مناسب که متناسب با آینده مطلوب طراحی شده باشند، انتخاب شده است. شناخت مسائل کلیدی، شناخت وضع موجود و شناخت آینده‌های ممکن، محتمل و باورکردنی اضلاع مثلثی هستند که ترسیم چشم‌انداز یا آینده مطلوب را برای برنامه ریزی ممکن می‌سازند.

در نهایت برای تدوین راهبردهای بهبود تاب‌آوری کلان‌شهر تبریز در خصوص سناریوهای مطلوب از نظرات ۱۰ کارشناس(به روش گلوله برفی) بهره گرفته شده است. دراین خصوص از مدل SOAR جهت ارائه راهبردهای اجرایی سناریوی مطلوب و مدل ماتریس خانه کیفیت(HOQ) جهت انتخاب راهبردهای برتر استفاده شده است.

جهت اعتباریابی یافته‌های پژوهش، یافته‌ها پس از استخراج در اختیار نمونه‌های انتخاب شده قرار گرفتند تا صحت تحلیل را تایید نمایند. همچنین داده‌های حاصل از پژوهش توسط پژوهشگر دیگری مورد تحلیل قرار گرفت و نتایج و میزان مشابهت آن‌ها بررسی شد.

**یافته‌های تحقیق**

هدف اصلی‌این پژوهش‌آینده‌پژوهی تاب‌آوری کلانشهر تبریز در برابر آشوب سیل می‌باشد. بخش سناریونویسی متشکل از قسمت‌ها یا مراحلی است که به ترتیب ارائه شده‌اند.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

۱-وضعیت‌های احتمالی عوامل کلیدی

در ارتباط با تاب‌آوری کلانشهر تبریز در برابر آشوب سیل؛ ۷ عامل کلیدی شناسایی شدند(جدول۱). وضعیت‌های مختلفی پیش روی‌این عوامل کلیدی قابل تصور هستند که‌این وضعیت‌های احتمالی در برنامه ریزی و سیاست گذاری مرتبط با تاب‌آوری کلان شهر تبریز در برابر آشوب سیل، از اهمیت زیادی برخوردارند. برای تحلیل دقیق تر شرایط پیش رو از صاحب نظران و متخصصان موضوع دراین زمینه نظرخواهی شد(۱۰ نفر به صورت گلوله برفی) تا به کیفیت و دقت کار افزوده شود. براساس وضعیت‌های احتمالی‌آینده پیش روی تاب‌آوری کلان شهر تبریز در برابر آشوب سیل مجموعاً ۲۱ وضعیت مختلف برای ۷ عامل کلیدی طراحی شده است که‌این وضعیت‌ها طیفی از شرایط مطلوب تا نامطلوب را شامل می‌شود، یعنی تعداد ۳ وضعیت احتمالی برای هر عامل. فرض‌های مطرح شده تصاویری ازآینده‌های ممکن و باورپذیر پیش روی تاب‌آوری کلان شهر تبریز در برابر آشوب سیل را متصور می‌شوند که فرض خوشبینانه بیانگر بهترین حالت، فرض بینابین بیانگر ادامه روند فعلی و وضع موجود و در نهایت فرض بدبینانه بیانگر نامناسب ترین وضعیت پیش روی عوامل کلیدی موثر در تاب‌آوری کلان شهر تبریز در برابر آشوب سیل می‌باشد.

جدول ۱- عوامل کلیدی و وضعیت‌های احتمالی مربوط به تاب‌آوری کلان شهر تبریز

Table 1-Key factors and possible situations related to resilience in Tabriz metropolis

| عوامل کلیدی | عدم قطعیت‌ها | علامت |
|---|---|---|
| آگاهی و دانش درباره سیل | افزایش آگاهی و دانش | A1 |
| | ادامه روند وضعیت موجود آگاهی و دانش | A2 |
| | کاهش آگاهی و دانش | A3 |
| فاصله از حریم رودخانه‌ها | رعایت حریم رودخانه‌ها | G1 |
| | ادامه روند وضعیت موجود حریم رودخانه‌ها | G2 |
| | وخیم تر شدن وضعیت حریم رودخانه‌ها | G3 |
| بستر نهادی در برابر سیل | بهبود وضعیت بستر نهادی | E1 |
| | ادامه روند وضعیت موجود بستر نهادی | E2 |
| | وخیم تر شدن وضعیت بستر نهادی | E3 |
| درآمد | افزایش درآمد | B1 |
| | ادامه روند وضعیت موجود درآمد | B2 |
| | کاهش درآمد | B3 |
| کاربری‌های خطرزا در برابر سیل | افزایش فاصله مناسب از کاربری‌های خطرزا | H1 |
| | ادامه روند وضعیت موجود فاصله از کاربری‌های خطرزا | H2 |
| | کاهش فاصله از کاربری‌های خطرزا | H3 |
| دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسان | بهبود وضعیت دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسان | C1 |
| | ادامه روند وضعیت موجود دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسان | C2 |
| | وخیم ترشدن وضعیت دسترسی نامناسب به مراکز درمانی و امدادرسان | C3 |
| سرمایه اجتماعی | بهبود وضعیت سرمایه اجتماعی | F1 |
| | ادامه روند وضعیت موجود سرمایه اجتماعی | F2 |
| | وخیم تر شدن وضعیت سرمایه اجتماعی | F3 |

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

۱-۱-وضعیت اگاهی و دانش

یکی از معضلاتی که همواره زندگی جوامع انسانی را مورد تهدید قرار داده، وقوع بلایا و سوانحی است که در صورت ناآگاهی و نداشتن آمادگی، صدمات جبران ناپذیری به ابعاد مختلف زندگی انسان‌ها اعم از حوزه‌های سکونتی، اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی، روانشناختی و... وارد می‌کند. به عبارتی دیگر، ضعف آگاهی‌های اجتماعی، عدم آگاهی از قوانین ساخت و ساز و عدم رعایت حریم رودخانه‌ها و مناطق سیل‌گیر و سیل‌خیز می‌تواند منجر به بروز بلایا و آسیب‌پذیرشدن مردم و منطقه در برابر آشوب سیل‌شود و آنها در نتیجه، دارای برگشت‌پذیری کمتری در برابر هرگونه شوک وارده باشند(Taqavi et al, 2021: 149) از همین‌رو، برای آمادگی جامعه در برابر آشوب سیل، آگاهی از تهدیدات مداوم بلایای طبیعی یا فاجعه‌های انسان ساخت مورد نیاز است(Marana et al, 2019:8). با توجه به اهمیت پیشگری از خسارت‌های ناشی از آشوب سیل و با در نظر گرفتن‌این نکته که یکی از راه‌های کاهش آسیب(افزایش تاب‌آوری) و خسارت ناشی از آشوب سیل در جامعه، برنامه ریزی و مداخله آموزشی و ارتقاء سلامت در این خصوص، مستلزم آگاهی و دانش از عوامل آسیب‌پذیری و تاب‌آوری جامعه است.

در این پژوهش منظور از دانش و آگاهی یعنی آگاهی از حقوق کلان شهروندی، ضوابط، خسارات مالی و جانی آشوب سیل؛ اگاهی از وجود سازمان‌های امدادرسان؛ آگاهی از ریسک و خطر و علل بروز آشوب سیل، می‌باشد. جمعیت با سطح دانش و آگاهی بیشتر در برابر آشوب سیل کمتر آسیب می‌بینند، در واقع هرچه میزان آگاهی و دانش بیشتر باشد، میزان تاب‌آوری بیشتر خواهد بود(جدول۲).

جدول ۲- وضعیت‌های احتمالی آگاهی و دانش در تاب‌آوری کلان شهر تبریز در بربر آشوب سیل

Table 2- Possible situations of awareness and knowledge in the resilience of Tabriz metropolis in the face of flood turmoil

| وضعیت | درجه مطلوبیت | نام وضعیت | ویژگی وضعیت |
|---|---|---|---|
| سبز | کاملاً مطلوب | افزایش آگاهی و دانش درباره سیل | شهروندان کاملا مطلع وآگاه |
| زرد | بینابین | ادامه روند وضعیت موجود آگاهی و دانش | آگاهی نسبی از حقوق کلان شهروندی و ضوابط، آگاهی نسبی از ریسک و خطر و علل بروز آشوب سیل؛ آگاهی نسبی از مناطق امن و ناامن(مناطق حادثه خیز)؛ آگاهی نسبی از مخاطرات محدوده؛ کاهش نسبی خسارات مالی و جانی؛ ترویج نسبی اقدامات پیشگیرانه موثر برای به حداقل رساندن آسیب‌پذیری؛ آمادگی نسبی در برابر حوادث، آگاهی نسبی فاصله از کاربری‌های خطرزا؛ اگاهی نسبی از نحوه دسترسی به مراکز درمانی و امدارسان و مهارت نسبی در کاهش خسارات، ادامه ساخت و سازها به روال فعلی |
| قرمز | بحرانی | کاهش آگاهی ودانش | شهروندان نامطلع |

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

۱-۲- فاصله از حریم رودخانه¬ها

به تناسب افزایش فاصله از حریم رودخانه‌ها میزان تاب‌آوری کمتر می‌باشد (Samadzadeh and Rastbar,2019:263). همچنین نوع مصالح به کار رفته در ساخت و سازها از عوامل موثر در میزان تحمل ساختمان می‌باشد واین عامل با کیفیت ابنیه در ارتباط است؛ هرچه مصالح به کار گرفته شده در بافت دارای استحکام بیشتر باشد و هر چه فاصله از حریم رودخانه‌ها بیشتر باشد، آسیب‌پذیری نیز کمتر می‌باشد و برعکس‌این قضیه نیز صادق است(Khajavi et al., 2021:152).

۱-۳-دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسان

یکی دیگر از مواردی که در بحث تاب‌آوری مطرح است، بحث دسترسی به مراکز درمانی و امدارسان می‌باشد. به صورتی که جوامعی که از برابری‌های اموزشی بیشتری برخوردارند و درصد بالایی از ساکنان به تلفن، خودرو، بیمه، امکانات بهداشتی دسترسی دارند، به احتمال زیاد از سروح بالاتری از تاب‌آوری در برابر بلایا برخوردارند(Cutter, 2010:9). در واقع موقعیت کاربری‌ها و شرایط دسترسی‌های موجود در کلان شهرها، از جمله فاکتورهای موثر بر افزایش یا کاهش میزان تاب‌آوری کلان شهرها در برابر سوانح می‌باشند.

دراین پژوهش منظور از دسترسی به مراکز امدادرسان، دسترسی به مراکز بهداشتی- درمانی، هلال احمر، آتش نشانی و شیرهای آتش نشانی، مراکز انتظامیو معابر اصلی(برای دسترسی راحت به مراکز مذکور) می‌باشد. هرچه مراکز درمانی و امدادرسان در کلان شهر بیشتر باشد، احتمال برگشت‌پذیری و تاب‌آوری بیشتر خواهد بود. در واقع هرچه میزان دسترسی به مراکز امدادرسان در کلان شهر بیشتر باشد، کلان شهر تاب آور خواهد بود(جدول۳).

جدول ۳- وضعیت‌های احتمالی دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسان در تاب‌آوری کلان شهر تبریز

Table 3- Possible situations of access to medical and relief centers in the resilience of Tabriz metropolis

| وضعیت | درجه مطلوبیت | نام وضعیت | ویژگی وضعیت |
|---|---|---|---|
| سبز | کاملاً مطلوب | بهبود وضعیت دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسان | کاهش خسارات مالی و جانی، کاهش هزینه اضافی برای دولت، رضایت از کیفیت زندگی و عملکرد نهادها |
| زرد | بینابین | ادامه روند وضعیت موجود دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسان | خسارات نسبی مالی و جانی، هزینه اضافی برای دولت، رضایت نسبی از کیفیت زندگی و عملکرد نهادها |
| قرمز | بحرانی | وخیم تر شدن وضعیت دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسان | افزایش خسارات مالی و جانی، افزایش هزینه اضافی برای دولت، عدم رضایت از کیفیت زندگی و عملکرد نهادها |

۱-٤-وضعیت سرمایه اجتماعی

مفهوم سرمایه اجتماعی ریشه در روابط اجتماعی نوع بشر دارد و به نوعی محصول جامعه بشری است. امروزه‌این امر مسلم است که رسیدن به جامعه‌ای با تاب‌آوری بالا، معیارهای جهان شمول و بستر مناسب برای زیست اجتماعی

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

تنها با وجود عامل سرمایه اجتماعی تحقق می‌یابد. در مباحث سرمایه اجتماعی مواردی از قبیل مشارکت و همکاری محلی بین افراد و گروه‌ها، اعتماد محلی، توسعه شبکه‌ای و میزان‌پذیرش تصمیمات نهادی در جامعه اهمیت زیادی دارند که می‌توانند، در توانایی جوامع جهت مدیریت مخاطره و کاهش ریسک مفید واقع شوند (Delavar, 2017: 80). یکی از روش‌های نوین کاهش ریسک مخاطرات چه قبل و چه بعد از وقوع مخاطره مشارکت و همکاری میان افراد با استفاده از سرمایه اجتماعی است که منجر به بهبود اوضاع جامعه می‌شود.این همکاری‌ها از رفتاری، روانی و عاطفی تا اقدامات ملموس را شامل می‌شود. در واقع سرمایه اجتماعی به مفهوم مشارکت و حس مسئولیت افراد جامعه به عنوان عاملی کلیدی در کاهش مخاطرات طبیعی مطرح می‌شود(Zarkani et al., 2019: 45).

دراین پژوهش منظور از سرمایه اجتماعی یعنی پیوند همسایگی؛ میزان اعتماد(امنیت)؛ وجود شبکه‌های اجتماعی و سازمان‌های مردم نهاد مرتبط با مدیریت بحران و امدادرسانی در کلان شهر و مشارکت و همکاری و همکاری افراد باهم می‌باشد. هرچه میزان سرمایه اجتماعی در کلان شهر بیشتر باشد(جدول٤)، می‌توان گفت که کلان شهر در زمان بروز بحران تاب آور خواهد بود.

جدول ٤- وضعیت‌های احتمالی عامل سرمایه اجتماعی در تاب‌آوری کلان شهر تبریز

Table 4- Possible situations of social capital in the resilience of Tabriz metropolis

| وضعیت | درجه مطلوبیت | نام وضعیت | ویژگی وضعیت |
|---|---|---|---|
| سبز | کاملا مطلوب | افزایش سرمایه اجتماعی | داشتن اگاهی، داشتن امنیت، داشتن اعتماد، داشتن انسجام، داشتن مشارکت و همکاری، افزایش توان جبران خسارات، کاهش شدت خسارات |
| زرد | بینابین | ادامه روند وضعیت موجود سرمایه اجتماعی | آگاهی نسبی، امنیت نسبی، اعتماد نسبی، انسجام نسبی، مشارکت و همکاری نسبی، توان نسبی جبران خسارات، شدت نسبی خسارات، برگزاری کارگاه‌ها و دوره‌های آموزشی سرمایه اجتماعی، فرهنگ سازی آموزش سرمایه اجتماعی در منازل و مدارس |
| قرمز | بحرانی | کاهش سرمایه اجتماعی | ضعف در آگاهی، ضعف در امنیت، ضعف در اعتمدا، ضعف در انسجام، ضعف در مشارکت و همکاری، کاهش توان جبران خسارات، افزایش شدت خسارات |

۲-ارزیابی ماتریس سناریوی با استفاده از نرم افزار Scenario Wizard

*زمانی که ساختار تحلیل تعریف شده باشد و داده‌های موردنیاز وارد نرم افزار شده باشد، ارزیابی سناریو آغاز می‌شود.

۲-۱-تشخیص ناسازگاری‌های سناریو (تحلیل بالانس اثر)

دراین مرحله به بررسی ناسازگاری بین سناریوها پرداخته می‌شود هر سناریوی انتخابی شامل تناقض‌هایی در رابطه با قواعد شبکه می‌باشد، می‌توان با محاسبه توازن آثار یک سناریو(بالانس‌های اثر) تناقض‌ها را آشکار ساخت. محاسبه

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

سیستم شبکه به ارزیابی نقش عوامل کلیدی در سیستم تحلیل می‌پردازد که در واقع گام آماده سازی است. برای ساخت سناریوی حقیقی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نحوه محاسبه سیستم شبکه از محاسبه جمع همه اثرات اعمال شده روی یک عامل کلیدی می‌باشد.

عوامل کلیدی دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسان، کاربری‌های خطرزا را می‌توان به عنوان عوامل کلیدی واسته در نظر گرفت، که از راهنمای عوامل کلیدی دیگر بدون تاثیرگذاری خیلی زیاد روی حوادث در سیستم تبعیت می‌کنند. عوامل کلیدی آگاهی و دانش، درآمد، بستر نهادی، سرمایه اجتماعی و وضعیت ابنیه اثر قوی را روی سیستم اعمال می‌کنند و در همان زمان اثر قوی را حس می‌کنند.این نوع از عوامل کلیدی معمولا به پیدایش بالقوه رفتار پیچیده سیستم متصل می‌شود. بااین حال، شبکه که فقط روی تحلیل از اثرات مستقیم استوار می‌باشد، یک روش ارزیابی ساده می‌باشد. یک درک عمیق تر از نقش عوامل کلیدی در سیستم انعکاس دهنده اثرات مستقیم به همراه اثرات غیرمستقیم می‌باشد.

**۲**-۲-تهیه گزارش سناریو

یکی از خروجی‌های نرم افزار سناریو ویزارد، مربوط به گزارش سناریو می‌باشد.این گزارش دربردارنده اطلاعات پروژه، مرور کلی سناریو، سازگاری عوامل کلیدی و قاطع بودن فرض‌های سناریو و در نهایت پابرجایی سناریو می‌باشد.

**۲**-۳-درآمد و در تاب‌آوری کلان شهر تبریز در برابر آشوب سیل

در مورد عامل کلیدی درآمد فرض افزایش درآمد انتخاب شده است.این فرض نمره تاثیر ۸+ را نشان می‌دهد و توسط ٦ مورد از عناصر پشتیبانی می‌شود.

۲-٤-دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسان

در مورد عامل کلیدی دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسان فرض بهبود وضعیت دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسان انتخاب شده است.این فرض نمره تاثیر ۱۱+ را نشان می‌دهد و توسط عناصر زیر پشتیبانی می‌شود.

۲-۵-بستر نهادی در تاب‌آوری کلان شهر تبریز در برابر آشوب سیل

در مورد عامل کلیدی وضعیت بستر نهادی فرض بهبود وضعیت بستر نهادی انتخاب شده است.این فرض نمره تاثیر ۱۰+ را نشان می‌دهد.

۲-٦-سرمایه اجتماعی در تاب‌آوری کلان شهر تبریز در برابر آشوب سیل

در مورد عامل کلیدی سرمایه اجتماعی فرض بهبود وضعیت سرمایه اجتماعی انتخاب شده است.این فرض نمره تاثیر ۱۱+ را نشان میدهد و توسط ٦ سناریو پشتیبانی می‌شود.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

۲-۷-فاصله از حریم رودخانه‌ها در تاب‌آوری کلان شهر تبریز در برابر آشوب سیل

در مورد عامل کلیدی فاصله از حریم رودخانه‌ها فرض افزایش فاصله از حریم رودخانه‌ها انتخاب شده است.این فرض نمره تاثیر ۱۳+ را نشان می‌دهد و توسط ٦ سناریو پشتیبانی می‌شود.

۲-۸-کاربری‌های خطرزا در تاب‌آوری کلان شهر تبریز در برابر آشوب سیل

در مورد عامل کلیدی کاربری‌های خطرزا فرض افزایش فاصله از کاربری‌های خطرزا انتخاب شده است.این فرض نمره تاثیر ١٤+ را نشان می‌دهد که توسط ٦ سناریو پشتیبانی می‌شود.

بخش آخر گزارش(نتیجه‌گیری) به صورت خلاصه، سناریو را مورد بحث قرار میدهد و یک ارزیابی کوتاهی از سناریو را ارائه می‌دهد که گزارش مربوط به پابرجایی(ثبات و استحکام) سناریوها را دربر دارد. به طور کلی فرض‌های سناریوها از لحاظ پابرجایی و اتسحکام متفاوت هستند. مقدار پابرجایی به عنوان ارزش سازگاری هم می‌تواند بیان‌شود(جدول۵).

جدول ۵- مقدار پابرجایی عامل‌های کلیدی

Table 5- Resistance values of key factors

| سازگاری | فرض | عامل کلیدی |
|---|---|---|
| ١٤ | افزایش فاصله از کاربری‌های خطرزا | کاربری‌های خطرزا |
| ١٢ | افزایش فاصله از حریم رودخانه‌ها | فاصله از حریم رودخانه‌ها |
| ١٠ | بهبود وضعیت دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسان | دسترسی به مراکز درمان و امدادرسان |
| ٩ | بهبود وضعیت بستر نهادی | بستر نهادی |
| ٨ | افزایش آگاهی و دانش | آگاهی و دانش |
| ٨ | بهبود وضعیت سرمایه اجتماعی | سرمایه اجتماعی |
| ٦ | افزایش درآمد | درآمد |

۳-تحلیل سناریوهای قوی(محتمل)

بعد از فراهم شدن داده‌های موردنیاز، ارزیابی ماتریس اثر متقابل را می‌توان شروع کرد. نرم افزار ویزارد با محاسبات پیچیده و بسیار سنگین، امکان استخراج سناریوهای باورکردنی را برای محقق فراهم می‌سازد. دراین قسمت به تجزیه و تحلیل هریک از سناریوها پرداخته تا در نهایت با توجه به‌این سناریوها به برنامه ریزی برپایه سناریو برای‌آینده پرداخته‌شود. براساس منطق تحلیلگرانه نرم افزار سناریو ویزارد، سناریوهای باورکردنی شامل سناریوهای قوی می‌باشند که دراین مرحله به صورت مجزا، ۵ سناریو قوی مورد(جدول٦) بازنگری قرار می‌گیرند تا در مراحل آتی به راهبردنویسی برای‌این سناریوها اقدام گردد.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

**جدول ٦- وضعیت عوامل کلیدی به تفکیک سناریوها**

**Table 6- Status of key factors by scenarios**

| عوامل کلیدی / سناریوها | آگاهی و دانش درباره سیل | درآمد | دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسان | بستر نهادی | سرمایه اجتماعی | فاصله از حریم رودخانه‌ها | کاربری‌های خطرزا |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S1 | بینابین | کاملا مطلوب | کاملا مطلوب | کاملا مطلوب | کاملا مطلوب | کاملا مطلوب | کاملا مطلوب |
| S2 | بینابین | کاملا مطلوب | کاملا مطلوب | کاملا مطلوب | بینابین | کاملا مطلوب | کاملا مطلوب |
| S3 | بینابین | بینابین | بینابین | کاملا مطلوب | کاملا مطلوب | کاملا مطلوب | کاملا مطلوب |
| S4 | بحرانی | بحرانی | بحرانی | بحرانی | بحرانی | بحرانی | بحرانی |
| S5 | بحرانی | بحرانی | بحرانی | بحرانی | بحرانی | بحرانی | بحرانی |
| جمع بندی | کاملاً مطلوب – ۰ بینابین –۳ بحرانی –۲ | کاملا مطلوب – ۲ بینابین –۳ بحرانی –۲ | کاملا مطلوب –۲ بینابین –۱ بحرانی –۲ | کاملا مطلوب –۳ بینابین –۰ بحرانی –۲ | کاملا مطلوب –۲ بینابین –۱ بحرانی –۲ | کاملا مطلوب –۳ بینابین –۰ بحرانی –۲ | کاملا مطلوب –۳ بینابین –۰ بحرانی –۲ |

از مجموع ۳۵ وضعیت موجود سناریوهای قوی، تعداد ۱۵ وضعیت کاملا مطلوب(٤۳ درصد) تعداد ٦ وضعیت بینابین(۱۷ درصد) و تعداد ١٤ وضعیت بحرانی(٤۰ درصد) را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که نزدیک به نی‌می‌از حالت‌های موجود در صفحه سناریوهای قوی، در وضعیت کاملاً مطلوب قرار دارند و پس از آن وضعیت بحرانی و در نهایت وضعیت نسبتاً مطلوب یا بینابین کمترین میزان را به خود اختصاص داده است.

**جدول ۷-ضرایب، تعداد و درصد هریک از وضعیت‌ها به تفکیک هر سناریو براساس طیف ۳ گانه**

**Table 7- Coefficients, number and percentage of each situation separately for each scenario based on the triple spectrum**

| S | تعداد وضعیت‌ها به تفکیک | | | ضرایب وضعیت‌ها | | | وضعیت‌های کاملاً مطلوب | | | وضعیت‌های بحرانی | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | کاملا مطلوب | بینابین | بحرانی | ۳ | ۱ | -۳ | میزان کاملاً مطلوب | امتیازاینه آل | درصد کاملاً مطلوب | میزان شرایط بحرانی | حداکثر شرایط بحرانی | درصد شرایط بحرانی |
| S1 | ٦ | ۱ | ۰ | ۱۸ | ۱ | ۰ | ۱۸ | ۲۱ | ٪ ۸٦ | ۰ | -۲۱ | ۰ |
| S3 | ٥ | ۲ | ۰ | ۱۰ | ۲ | ۰ | ۱٥ | ۲۱ | ٪ ۷۱ | ۰ | -۲۱ | ۰ |
| S2 | ٤ | ۳ | ۰ | ۱۲ | ۳ | ۰ | ۱۲ | ۲۱ | ٪ ٥۷ | ۰ | -۲۱ | ۰ |
| S4 | ۰ | ۰ | ۷ | ۰ | ۰ | -۲۱ | ۰ | ۲۱ | ۰ | -۲۱ | -۲۱ | ٪ ۱۰۰ |
| S5 | ۰ | ۰ | ۷ | ۰ | ۰ | -۲۱ | ۰ | ۲۱ | ۰ | -۲۱ | -۲۱ | ٪ ۱۰۰ |

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

براساس نتایج جدول (۷) سناریوی اول با کسب ٦ فرض کاملاً مطلوب(٨٦ درصد) و ۱ فرض بینابین(۵ درصد) مطلوب ترین وضعیت و سناریوهای ٤ و ۵ و ۷ فرض بحرانی(۱۰۰ درصد) نامطلوب ترین وضعیت را در تاب‌آوری کلان شهر تبریز در برابر آشوب سیل متصور می‌شوند.

٤-گروه بندی و تحلیل سناریوهای قوی

سناریوهای قوی را با توجه به قرابت آن‌ها می‌توان به دو گروه تقسیم کرد که هریک از گروه‌ها شامل سناریوهایی با ویژگی‌های تقریباً مشترک بااندکی تفاوت در یک یا چند فرض از میان ۷ عامل کلیدی هستند.این گروه‌ها به شرح ذیل می‌باشند:

-گروه اول: سناریوهای مطلوب(شامل سناریوهای ۱، ۲، ۳)؛

-گروه دوم: سناریوهای بحران(شامل سناریوهای ٤ و ۵).

از میان ۵ سناریو قوی، ۳ سناریو در حالت کاملاً مطلوب قرار دارند که شرایط امیدوارکننده‌ای را برای تاب‌آوری کلان شهر تبریز در برار آشوب سیل نشان می‌دهد و ۲ سناریو در حالت بحرانی قرار دارند که لزوم برنامه ریزی جهت مقابله و کاهش تاثیرات منفی ناشی از وقوع آن‌ها، دیده می‌شود.

گروه اول: سناریوهای مطلوب شامل سناریوهای ۱، ۲ و ۳(قوی ترین و بهترین حالت محتمل)

این گروه شامل سناریوهای اول تا سوم قوی می‌باشد و محتمل ترین سناریوهای در جهت تعیین تاب‌آوری کلان شهر تبریز در برار آشوب سیل را تشکیل می‌دهد. دراین گروه، حالت بحرانی وجود ندارد و عامل متمایزکننده آن‌ها تفاوت در میزان فرض‌های کاملاً مطلوب و مطلوب(بینابین) است. همچنین به لحاظ فراوانی، تمامی‌وضعیت‌های کاملاً مطلوب و مطلوب را به خود اختصاص داده‌اند؛ به طوری که ۱۰۰ درصد فرض‌های کاملاً مطلوب و مطلوب را دربر دارند.

**جدول ۸- ویژگی سناریوهای گروه اول**

**Table 8- Characteristics of the first group scenarios**

| گروه | سناریوها | میانگین | امتیاز | کد سناریوها و وجه تمایز آنها |
|---|---|---|---|---|
| گروه اول(کاملاً مطلوب | سناریوی اول | ۲/۷۱ | ۱۹ | A2, B1, C1, E1, F1, G1, H1 |
| | | | | ادامه روند وضعیت موجود آگاهی و دانش درباره سیل |
| | سناریوی دوم | ۲/٤۳ | ۱۷ | A2, B1, C1, E1, F2, G1, H1 |
| | | | | ادامه روند وضعیت موجود اگاهی و دانش، ادامه روند وضعیت سرمایه اجتماعی |
| | سناریوی سوم | ۲/۱٤ | ۱۵ | A2, B2, C2, E1, F1, G1, H1 |
| | | | | ادامه روند وضعیت موجود آگاهی و دانش، ادامه روند وضعیت موجود درآمد، ادامه روند وضعیت موجود دسترسی به مراکز درمان و امدارسان |

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

همان طور که در جدول شماره (۸) مشخص است دراین گروه به ترتیب سناریوی اول با میانگین(۲/۷۱) و کسب امتیاز ۱۹، رتبه اول و سناریوی سوم با میانگین(۲/۱٤) و کسب امتیاز ۱۵، رتبه آخر را کسب نمودند. در سناریوهای‌این گروه ۳ عامل کلیدی در وضعیت کاملاً مطلوب هستند که شامل وضعیت‌های(بهبود وضعیت بستر نهادی، افزایش فاصله از حریم رودخانه‌ها و افزایش فاصله از کاربری‌های خطرزا) و ٤ عامل کلیدی در وضعیت مطلوب قرار دارند که شامل وضعیت‌های(ادامه روند وضعیت موجود آگاهی و دانش درباره سیل، ادامه روند وضعیت موجود درامد، ادامه روند وضعیت موجود دسترسی به مراکز درمان و امدادرسان) می‌باشند.

گروه دوم: سناریوهای بحران شامل سناریوهای ٤ و ۵(بدترین حالت‌های محتمل)

گروه دوم، گروه سناریوهای چهارم و پنجم قوی می‌باشد(جدول۹) که عوامل متمایزکننده‌ای بین آن‌ها وجود ندارد.این گروه به لحاظ فراوانی، تمامی‌وضعیت‌های بحرانی در بین سناریوها را به خود اختصاص داده است. به طوری که فاقد فرض کاملاً مطلوب و مطلوب است و دارای ۱۰۰ درصد فرض بحرانی می‌باشد. در نتیجه‌این گروه نشان دهنده ی وضعیت بحرانی تاب‌آوری کلان شهر تبریز در برابر آشوب سیل است. که در صورت وقوع سیل،این کلان شهر را با چالش‌های عدیده‌ای مواجه خواهد ساخت. دراین گروه سناریو از امتیاز برابر برخوردار هستند و وضعیت مشابهی دارند.

جدول ۹- ویژگی سناریوهای گروه دوم

Table 9- Characteristics of the second group scenarios

| گروه | سناریوها | میانگین | امتیاز | کد سناریوها و وجه تمایز آنها |
|---|---|---|---|---|
| گروه دو(بحران) | سناریوی چهارم | -۳ | -۲۱ | A3, B3, C3, E3, F3, G3, H3 |
| | سناریوی پنجم | -۳ | -۲۱ | A3, B3, C3, E3, F3, G3, H3 |
| گروه | سناریوها | میانگین | امتیاز | کد سناریوها و وجه تمایز آنها |
| گروه دو(بحران) | سناریوی چهارم | -۳ | -۲۱ | A3, B3, C3, E3, F3, G3, H3 |
| | سناریوی پنجم | -۳ | -۲۱ | A3, B3, C3, E3, F3, G3, H3 |

۵-تدوین راهبردهای اجرایی برای سناریوهای مطلوب

هدف دیگراین پژوهش تدوین راهبردهای اجرایی برای سناریوهای مطلوب می‌باشد که دراین خصوص از ۱۰ نفر از کارشناسان به روش گلوله برفی نظرخواهی شده و در نهایت اجماع نظر آنها در قالب سناریوهای چهارم و پنجم ارائه شده است(جدول ۹). از آنجایی که تاب‌آوری شاخص‌های مرحله سناریونویسی(۷ شاخص اصلی) در حالت نسبی قرار داشتند، فلذا نقاط قوت‌ها کلان شهر در خصوص‌این شاخص‌ها به صورت نسبی مطرح شده است.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

جدول ۱۰- ماتریس SWOT سناریوهای قوی تاب‌آوری کلان شهر تبریز

Table 10- SWOT matrix Strong resilience scenarios of Tabriz metropolis

| | قوت‌ها(**Strengths**) | فرصت‌ها(**Opportunities**) |
|---|---|---|
| STRATEGIC INQUIRY | -آگاهی نسبی از حقوق کلان شهروندی<br>-آگاهی نسبی از ضوابط<br>-آگاهی نسبی از وجود سازمان‌های امدادرسان<br>-آگاهی نسبی از ریسک و خطر و علل بروز سیل<br>-آگاهی نسبی از مخاطرات محدوده رودخانه‌ها<br>-کاهش نسبی از میزان خسارات مالی و جانی احتمالی در سیل<br>-ترویج نسبی اقدامات پیشگیرانه موثر برای به حداقل رساندن آسیب‌پذیری در برابر سیل<br>-آمادگی و مهارت نسبی در برابر سیل<br>-اگاهی نسبی فاصله از کاربری‌های خطرزا<br>-اگاهی نسبی از میزان مقاومت‌ها بناها<br>-فاصله بناها از حریم رودخانه‌ها<br>-وجود بناهای نسبتاً مقاوم(از نظر سازه و نما)<br>-داشتن فاصله نسبتاً مناسب از کاربری‌های خطرزا<br>-تمایل بالای کلان شهروندان برای زندگی در مکان‌های امن در برابر سیل<br>-وجود مراکز درمانی و امدادرسان به میزان کافی و دسترسی مناسب به آنها<br>-وجود مشارکت بالای مردم<br>-وجود امنیت، روابط همسایگی و اعتماد نسبی | -وجود برنامه‌های آموزشی رسانه‌ای<br>-وجود تجربه‌های مفید (کلان شهرهای آسیب دیده در برابر سیل)<br>-وجود بیمه حوادث<br>-وجود قوانین ساخت و ساز(مقاوم سازی بناها، رعایت حرایم کلان شهری)<br>-ارائه تسهیلات تشویقی(نوسازی بافت فرسوده/مقاوم سازی<br>-وجود سازمان‌های مرتبط با مدیریت بحران یا سوانح<br>-وجود گروه‌های داوطلب و امدادگر<br>-تمایل کلان شهروندان به کسب دانش و آگاهی درباره سیل(افزایش سطح سواد)<br>-تلاش دولت برای افزایش کیفیت زندگی(اشتغالزایی، درآمدزایی،ایجاد امنیت)<br>-وجود سرمایه گذاری داخلی و خارجی<br>-وجود سازمان‌های بین المللی در ارتباط با کاهش آسیب‌پذیری و حمایت آنها از برنامه‌های افزایش تاب‌آوری در برابر سیل |
| | آرمانها(Aspirations) | نتایج(Results) |
| | -تبریز کلان شهری با دانش و آگاهی مثال زدنی در خصوص تاب‌آوری کلان شهری در برابر آشوب سیل<br>-تبریز کلان شهری با فاصله مناسب ابنیه از حریم رودخانه‌ها<br>-تبریز کلان شهری با درآمد بالا<br>-تبریز کلان شهری امن با کمترین مخاطرات انسانی در هنگام وقوع سیل<br>-تبریز کلان شهر سرمایه‌های اجتماعی<br>-تبریز کلان شهری برای همه توزیع عادلانه خدمات و مراکز امدادرسانی<br>تبریز الگوی تاب‌آوری کلان شهری‌ایران در برابر آشوب سیل | -افزایش دانش و آگاهی درباره سیل(آگاهی از حقوق کلان شهروندی، قوانین و ضوابط، ریسک و خطر، خسارات احتمالی و...) کلان شهروندان از حد متوسط به حد خوب(به ویژه در حاشیه کلان شهر)<br>-بهبود وضعیت بستر نهادی(وجود قوانین و مقررات، وجود سازمان‌های مرتبط با مدیریت بحران و...) از سطح متوسط به سطح خوب<br>-افزایش فاصله از حریم رودخانه‌ها از حد متوسط به حد خوب<br>-افزایش درآمد کلان شهروندان از حد ضعیف به حد خوب(کاهش نرخ بیکاری از ۱۵ درصد به کمتر از ۱۰ درصد)<br>-افزایش فاصله(* مناسب) از کاربری‌های خطرزا(جایگاه سوخت،ایستگاه برق فشار قوی و...)<br>- بهبود دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسانی(به ویژه در حاشیه کلان شهر)<br>-بهبود وضعیت سرمایه اجتماعی(مشارکت، اعتماد و....) از حد متوسط به حد خوب. |

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

نتایج ماتریس سوآت (جدول ۱۰) بیانگراین امر است که تعداد ۱۸ نقطه قوت و تعداد ۱۱ فرصت برای سناریوهای قوی تاب‌آوری کلان شهر تبریز در برابر آشوب سیل شناسایی شده است که دراین خصوص تعداد ۷ آرمان و تعداد ۷ نتیجه تدوین شده است. ضمناً جهت دستیابی به‌این نتایج و آرمان‌ها تعداد ۷ راهبرد تدوین شده است که برای مشخص کردن اولویت‌ها آنها از مدل خانه کیفیت استفاده شده است.

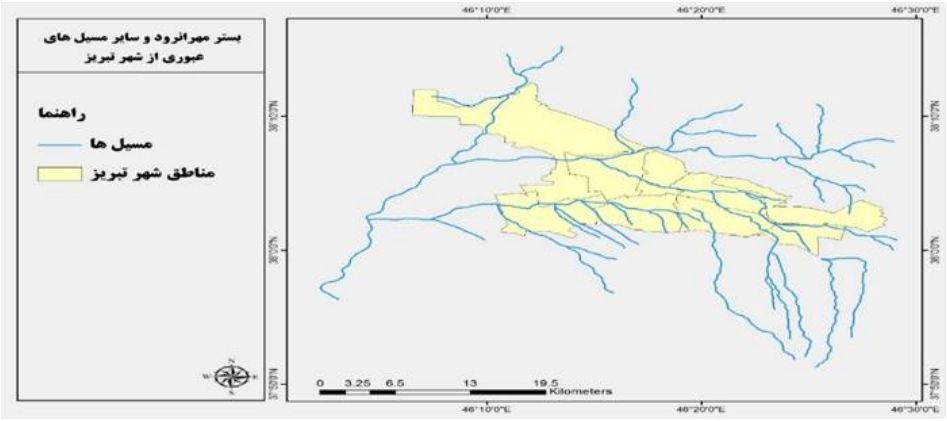
در مدل خانه کیفیت، وضعیت‌های احتمالی در سناریوهای قوی به عنوان نیازها در نظر گرفته شده است. دراین مدل اثرگذاری راهبردها بر نیازها در چهار سطح بدون اثر(صفر)، تاثیر خفیف(یک)، تاثیر متوسط(سه) و تاثیر شدید(نه) مورد سنجش قرار می‌گیرد و اهمیت نیازها هم از طریق نظرات کارشناسی در قالب طیف لیکرت ۱ تا ۵(اهمیت خیلی کم تا خیلی زیاد) به دست می‌آید.

جدول ۱۱- مدل اولویت بندی راهبردهای بهبود تاب‌آوری کلان شهر تبریز

Table 11- Prioritization model of resilience improvement strategies in Tabriz metropolis

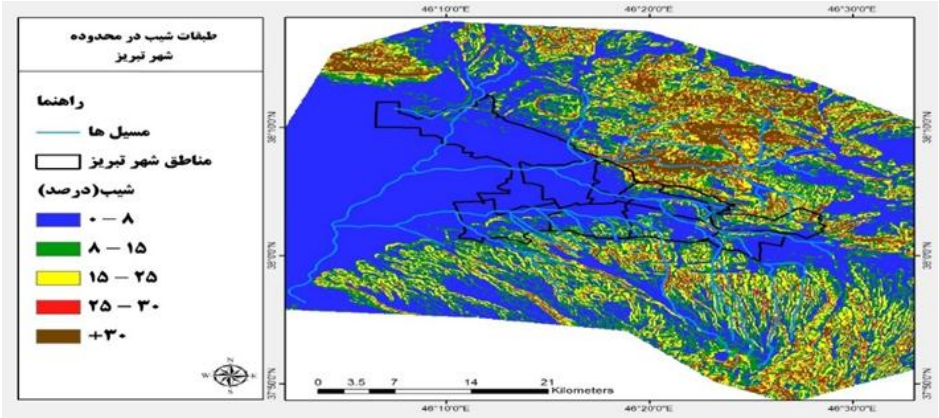
| رتبه | وزن نسبی | اهمیت ۵-۱ | راهبرد ۷ | راهبرد ٦ | راهبرد ٥ | راهبرد ٤ | راهبر د ۳ | راهبرد ۲ | راهبرد ۱ | راهبردها وضعیت‌های احتمالی | R |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۰/۱٦۲ | ٤/۲ | ۳ | | | ۱ | ۳ | | ۹ | افزایش آگاهی و دانش | ۱ |
| ۳ | ۰/۱٥۰ | ۳/۹ | ۱ | | | ۳ | ۱ | ۹ | ۳ | فاصله از حریم رودخانه‌ها | ۲ |
| ۷ | ۰/۱۱۹ | ۳/۱ | ۱ | | | | ۹ | | ۳ | بهبود وضعیت بستر نهادی | ۳ |
| ۲ | ۰/۱٥٤ | ٤ | ۱ | | | ۹ | | | | افزایش درامد | ٤ |
| ٤ | ۰/۱٤۷ | ۳/۸ | ۱ | | ۹ | ۱ | ۱ | | ۹ | افزایش فاصله از کاربری‌های خطرزا | ٥ |
| ٦ | ۰/۱۳۱ | ۳/٤ | ۱ | ۹ | | | ۱ | | ۱ | بهبود دسترسی به مراکز امدادرسانی | ٦ |
| ٥ | ۰/۱۳٥ | ۳/٥ | ۹ | | | ۱ | ۱ | | ۳ | بهبود وضعیت سرمایه اجتماعی | ۷ |
| | | ۲/٤۰ | ۱/۱۸ | ۱/۳۲ | ۲/۲۸ | ۲/۱۳ | ۱/۳٥ | ٤/۱۳ | | اهمیت راهبردها | |
| | | /۱٦۲ ۰ | ۰/۰۷۹ | ۰/۰۸۹ | ۰/۱٥٤ | /۱٤۳ ۰ | ۰/۰۹۱ | ۰/۲۷۸ | | وزن نسبی راهبردها | |
| | | ۲ | ۷ | ٦ | ۳ | ٤ | ٥ | ۱ | | رتبه راهبردها | |

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024



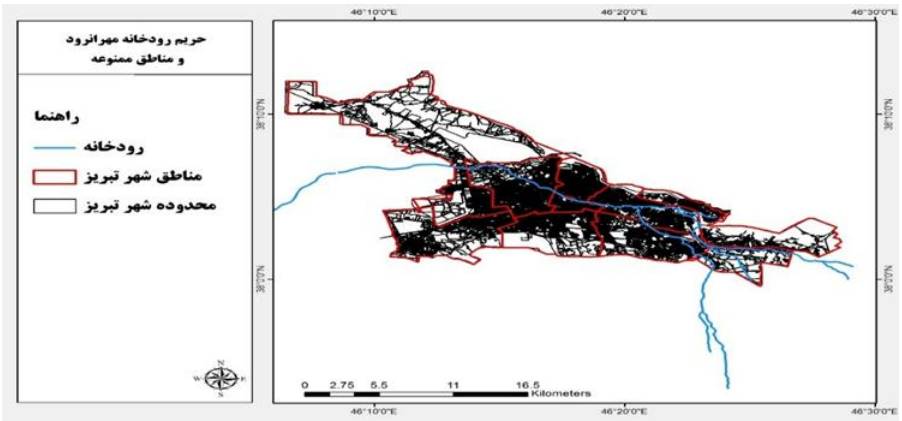

شکل ۳: بستر رودخانهٔ مهرانرود و سایر مسیل‌های عبوری از شهر تبریز و مناطق ده گانه تبریز

**Figure 3: Mehranrud riverbed and other channels passing through the city of Tabriz and the ten districts of Tabriz**




شکل ٤: نقشه طبقات شیب شهر تبریز در محدودهٔ مهرانرود

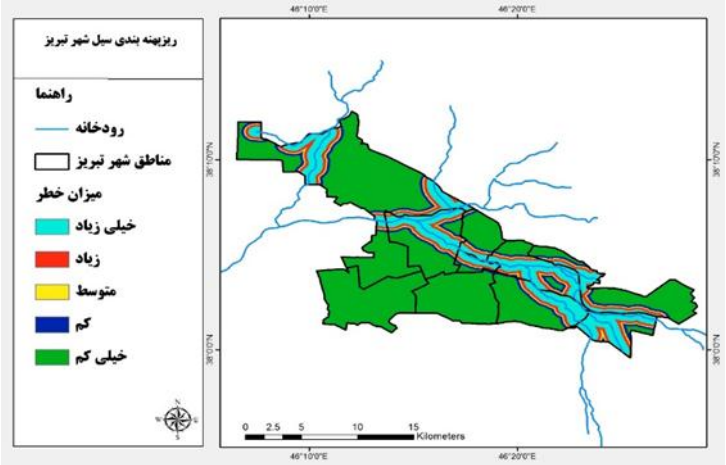
**Figure 4: Map of slope floors of Tabriz city in Mehranrood area**




شکل ۵: حریم رودخانه مهرانرود و سایر مسیل‌های عبوری از شهر تبریز مناطق ممنوعه

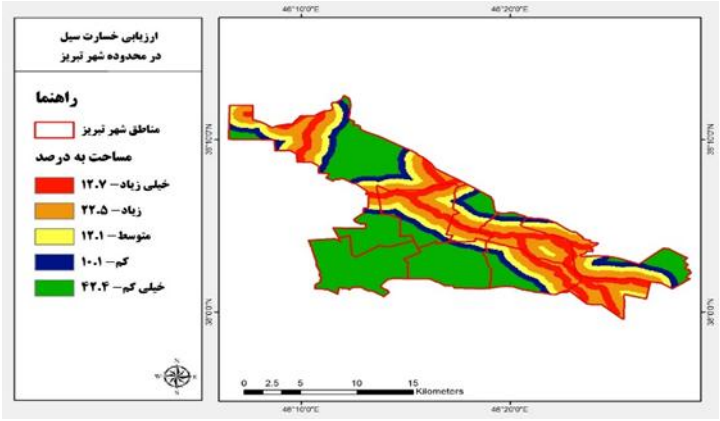
**Figure 5: Mehran river and other routes passing through the city of Tabriz are prohibited areas**

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024




**شکل ٦: نقشه ریز پهنه¬بندی سیل شهر تبریز**

**Figure 6: Detailed flood zoning map of Tabriz**




**شکل ۷: نقشه ارزیابی خسارت شهر تبریز**

**Figure 7: Damage assessment map of Tabriz**

## نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج تحقیق Nazmfar and Pashazadeh (2014) همسو می‌باشد. آنان در پژوهش خود به‌این نتیجه رسیدند که حدود۳/۳٤ درصد ازمحدوده نقشه در پهنه بندی خطر خیلی زیاد،۱۵/۸۷ درصد در پهنه بندی خطر زیاد،۷۰/۸٤ درصددر پهنه ی خطر متوسط و ۹/۹۵ درصد در پهنه ی کم خطر از لحاظ سیل‌گیری قرار دارد.هم چنین با تهیه نقشه ارزیابی خسارت مشخص شد که پهنه‌های مشخص شده ۸۵ درصد منطبق با پهنه‌های مختلف از نظر شدت سیل‌گیری می‌باشد.

با توجه به راهبردهای هفت‌گانهٔ تدوین شده دراین پژوهش (جدول ۱۲) راهبرد شماره ۱ با وزن با اهمیت نسبی ۰/۲۷۸ در رتبه اول راهبردها قرار گرفته است. راهبردهای شماره ۷، ٤، ۳، ۲، ۵ و ٦ هم به ترتیب در رتبه‌های دوم تا هفتم قرار گرفته‌اند. در ادامه راهبردهای مربوطه به ترتیب اولویت در جدول زیر ارائه شده است.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

جدول۱۲- راهبردهای اصلی بهبود تاب‌آوری کلان شهر تبریز به ترتیب رتبه

Table 12-The main strategies to improve the resilience of Tabriz metropolis in order of rank

| شماره | راهبرد | رتبه |
|---|---|---|
| راهبرد ۱ | استفاده از برنامه‌های آموزشی، تجربه‌های داخلی و خارجی، تمایل کلان شهروندان برای یادگیری دانش و آگاهی و بهره مندی از برنامه‌های سازمان‌های داخلی و خارجی در راستای افزایش اگاهی و دانش کلان شهروندان درباره سیل | رتبه اول |
| راهبرد ۷ | استفاده از برنامه‌های آموزشی، تجربه‌های داخلی و خارجی و بهره مندی از برنامه‌های سازمان‌های داخلی و خارجی در راستای بهبود وضعیت سرمایه اجتماعی کلان شهروندان | رتبه دوم |
| راهبرد ٤ | برنامه ریزی و جذب سرمایه گذاران داخلی و خارجی در راستای افزایش‌ایجاد اشتغال و افزایش درآمد کلان شهروندان | رتبه سوم |
| راهبرد ۳ | استفاده از برنامه‌های اموزشی، تجربه‌های داخلی و خارجی و بهره مندی از برنامه‌های سازمان‌های داخلی و خارجی در راستای بهبود وضعیت بستر نهادی | رتبه چهارم |
| راهبرد ۲ | استفاده از برنامه‌های آموزشی، تجربه‌های داخلی و خارجی، تسهیلات تشویقی، رعایت قوانین ساخت و ساز و بهره مندی از برنامه‌های سازمان‌های داخلی و خارجی در راستای بهبود کیفیت ابنیه | رتبه پنجم |
| راهبرد ٥ | استفاده از برنامه‌های اموزشی، تجربه‌های داخلی و خارجی، رعایت قوانین ساخت و ساز و حرایم و بهره مندی از برنامه‌های سازمان‌های داخلی و خارجی در راستای افزایش فاصله از کاربری‌های خطرزا | رتبه ششم |
| راهبرد ٦ | استفاده از تجربه‌های داخلی و خارجی، سرمایه گذاران داخلی و خارجی و بهره مندی از برنامه‌های سازمان‌های داخلی و خارجی در راستای بهبود دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسان | رتبه هفتم |

حال با توجه به‌اینکه برخی از راهبردها باهم همپوشانی دارند و از انجایی که امکان ادغام آنها در مدل وجود نداشت، لذا دراین بخش از پژوهش و با توجه به اولویت‌هایی که کسب کردند، اولویت‌های ادغامی‌به شرح جدول (۱۳) ارایه می‌شود.

جدول ۱۳- راهبردهای ادغامی‌بهبود تاب‌آوری کلان شهر تبریز به ترتیب رتبه

Table 13- Integration strategies to improve the resilience of Tabriz metropolis in order of rank

| شماره | راهبرد | رتبه |
|---|---|---|
| راهبردهای ۱، ۳ و ۷ | استفاده از برنامه‌های اموزشی، تجربه‌های داخلی و خارجی، تمایل کلان شهروندان برای یادگیری دانش و اگاهی و بهره مندی از برنامه‌های سازمان‌های داخلی و خارجی در راستای بهبود وضعیت تاب‌آوری اجتماعی و نهادی کلان شهروندان(افزایش اگاهی و دانش، بهبود بستر نهادی و سرمایه اجتماعی) | رتبه اول |
| راهبرد ٤ | برنامه ریزی و جذب سرمایه گذاران داخلی و خارجی در راستای افزایش‌ایجاد اشتغال و افزایش درامد کلان شهروندان | رتبه دوم |
| راهبردهای ۲، ٥ و ٦ | استفاده از برنامه‌های آموزشی، تجربه‌های داخلی و خارجی، رعایت قوانین ساخت و ساز و حرایم و بهره مندی از برنامه‌های سازمان‌های داخلی و خارجی در راستای بهبود وضعیت عملکردی و کالبدی کلان شهر(افزایش فاصله از کاربری‌های خطرزا، بهبود کیفیت ابنیه و دسترسی به مراکز درمانی و امدادرسان) | رتبه سوم |

پژوهش حاضر با هدف‌آینده‌پژوهی تاب‌آوری شهری کلان شهر تبریز در برابر آشوب انجام شده است. به طور کلی تمامی‌مناطق ده گانهٔ شهر تبریز بخشی از قسمت میانی حوضهٔ مهرانرود محسوب می‌گردد که شیب متوسط آن بین ۸-۰ درصد می‌باشد (اشکال ۳، ٤ و ٥). طبیعتا در چنین فضایی مناطق واقع در بستر سیلابی‌این رودخانه، نخستین پهنه‌های سیل‌گیر محسوب می‌گردد.این مناطق که در نقشهٔ ریز پهنه‌بندی سیل (شکل ٦)گستره‌های با خطر خیلی زیاد پهنه‌بندی گردیده‌اند، در نقشهٔ ارزیابی خسارت (شکل ۷) نیز با خسارت خیلی زیاد تعیین شده‌اند که ۱۲/۷

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

درصد از مساحت کل شهر را دربرمی‌گیرند. مناطق پیرامونی‌این پهنه یعنی مناطق با خطر زیاد، به عنوان پهنه‌های با خسارت زیاد ۲۲/۵ از مساحت شهر را به خود اختصاص داده‌اند. بقیهٔ مناطق نیز با دور شدن از بستر اصلی و محدود شدن به دره‌ها و آبراهه‌های فرعی مهران رود مناطق با خطر متوسط (خسارت متوسط با سطحی معادل ۱۲/۱ درصد از مساحت کل شهر)؛ کم ( خسارت کم با سطحی معادل ۱۰/۱ درصد از مساحت کل شهر) و خیلی کم (خسارت خیلی کم با سطحی معادل ٤۲/٤ درصد از مساحت کل شهر) پهنه‌بندی شده‌اند.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

## References


- Abdollahzadeh, A., Ownegh, M., Sadoddin, A., & Mostafazadeh, R. (2016). "Constraints to residential land use development arising from flood and runoff coefficient in a land use planning framework, case study: Ziarat Watershed, Golestan Province". ***Watershed Engineering and*** **Management**, 8 (2), 221-235. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2016.106462.
- Baba Ali, H. R., & Dehghani, R. (2019). "Evaluvating the Performance of Wavelet Neural Network Models in Estimation of Daily Discharge". ***Journal of Irrigation Sciences and*** **Engineering**, 42 (3), 105-116 .[In Persian]. https://doi.org/10.22055/JISE.2017.22047.1580.
- Ghorbani, M. A., Dinpazhoh. Y., & Moayeri, M. M. (2019). "Uncertainty reduction of conceptual rainfall-runoff models using Joint ensemble Kalman filter (Case study: Behesht-Abad catchment)". ***Iranian Water Research Journal***, 12 (4), 123-130.[In Persian]. Retrieved from https://iwrj.sku.ac.ir/article_10618.html?lang=en.
- Lee, W. K., & Resdi, T. A. T. (2016). "Simultaneous hydrological prediction at multiple gauging stations using the NARX network for Kemaman Catchment, Terengganu, Malaysia". ***Hydrological Sciences Journal***, 61 (2), 2930-2945. https://doi.org/10.1080/02626667.2016.1174333.
- Liu, S., & Shi, H. (2019). "A recursive approach to long-term prediction of monthly precipitation using genetic programming". ***Water Resources Management***, 33 (3), 1103-1121. https://doi.org/10.1007/s11269-018-2169-0.
- Mohammadi, F., Fakherifard. A., Ghorbani, M. A., Dinpazhoh. Y., & Shahmorad, S. (2018). "Develepment of Cross wavelet- kalman filter isochrones lines model to analyze compound rainfall-runoff events". ***Journal of Water and Irrigation Management***, 8 (1), 39-53.[In Persian]. https://doi.org/10.22059/jwim.2018.249040.583.
- Mohammadi, F., Fakherifard. A., Ghorbani, M. A., Dinpazhoh. Y., & Shahmorad, S. (2019). "Simulation of rainfall - runoff events by applying phase differencesdiagrams and correcting effective rainfall components". ***Journal of Watershed Management Research***, 20, 97-108. [In Persian]. http://doi.org/10.29252/jwmr.10.20.97.
- Mostafazadeh, R., Sadeghi, S. H. R., & Sadoddin, A. (2015). "Modelling effects of land use type and spatial pattern on flow hydrograph variations". ***Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering***, 31, 51-58 .[In Persian]. Retrieved from https://jwmsei.ir/browse.php?sid=1&slc_lang=fa&mag_limit_start=5.
- Nikpour, M. R., & Abdollahi Asadabadi, S. (2020). "Monthly precipitation prediction of Ardabil province using ANN and WANN models". ***Journal of Irrigation and Water Engineering***, 10 (4), 241-257. [In Persian]. https://doi.org/10.22125/iwe.2020.110094.
- Nikpour, M. R., Sanikhani, H., Mahmodi Babelan, S., & Nastarani Amuqin, S. (2019). "Daily rainfall – runoff modeling of Darreh-Rud river in Ardabil province, Iran". ***Journal of Irrigation Sciences and Engineering***, 41 (4), 133-146.[In Persian].
- https://doi.org/10.22055/jise.2017.21053.1508.
- Nourani, V., & Komasi, M. (2013). "A geomorphology-based ANFIS model for multistation modeling of rainfall–runoff process". ***Journal of Hydrology***, 490 (9), 41-55.
- https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.03.024.
- Nourani, V., Sattari, M. T., & Molajou, A. (2017)." A hybrid decision tree association rules approach for long-term precipitation forecasting". ***Journal of Water and Irrigation Management***, 6 (2), 331-346. .[In Persian]. https://doi.org/10.22059/jwim.2017.63786.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024


- Sadeghi, S. H. R., & Mostafazadeh, R. (2016). "Triple diagram models for changeability evaluation of precipitation and flow discharge for suspended sediment load in different time scales". ***Environmental Earth Sciences***, 75 (9), 843-856. https://doi.org/10.1007/s12665-016-5621-6.
- Samantaray, S., Tripathy, O., Sahoo, A., & Ghose, D. (2020). "Rainfall forecasting through ANN and SVM in Bolangir Watershed, India". ***Smart Intelligent Computing and Applications***. 159 (5), 767-774. https://doi.org/10.1007/978-981-13-9282-5_74.
- Shafeizadeh, M., Fathian, H., & Nikbakht Shahbazi, A.R. (2019). "Continuous rainfall-runoff simulation by artificial neural networks based on selection of effective input variables using partial mutual information (PMI) algorithm". ***Iranian Water Research Journal,*** 15 (2), 144-161.[In Persian]. https:// doi.org /20.1001.1.17352347.1398.15.2.12.1.
- Sofian, I. M., Afandi, A. K., Iskandar, I., & Apriani, Y. (2018). "Monthly rainfall prediction based on artificial neural networks with backpropagation and radial basis function". ***International Journal of Advances in Intelligent Informatics***, 4 (2), 154-166.
- https://doi.org/10.26555/ijain.v4i2.208.
- Tetzlaff, D., Soulsby, C., & Birkel, C. (2010). "Hydrological connectivity and microbiological fluxes in montane catchments: The role of seasonality and climatic variability". ***Hydrological Processes***, 24 (2), 1231-1239. https://doi.org/10.1002/hyp.7680.
- Yadav, A. K., Chandola, V. K., Singh, A., & Singh, B. P. (2020). "Rainfall-runoff modelling using artificial neural networks (ANN) model". ***International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences***, 9 (3), 127-135. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.903.016.
- Yaseen, Z. M., Ebtehaj, L., Kim, S., Sanikhani, H., Asadi, H., Ghareb, M. L., Bonakdari, H., Mohtar, W. H. M., Al-Ansari, N., & Shahid, S. (2019). "Novel hybrid data-intelligence model for forecasting monthly rainfall with uncertainty analysis". ***Water (MDPI)***, 502 (11), 1-23.
- https://doi.org/10.3390/w11030502.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 11:36 IRST on Sunday October 6th 2024

# Simulation of the Rainfall-runoff Process in the Drainage Basin of Aharchay Using data Mining Techniques

Ali Ebrahimzadeh[1], Bita Bagheri Seygalani[2], Vahid Nourani[3]

1- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University of Marand, Marand, Iran
2- Assistant Professor, Department of Architecture, Islamic Azad University of Miyaneh, Miyaneh, Iran
3- Professor, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran

## Abstract

### Introduction

Rainfall-runoff simulation is an effective step in the management of water resources, watersheds, and floodwater control deficiency crises. The inherent complexity of the rainfall-runoff process, temporal and spatial variations, and influential factors make it difficult to perform simulations using physical or hydrologic models. Thus, it is necessary to select a model to predict the runoff of rainfall at an acceptable accuracy by using influential factors. To obtain the overall rainfall-runoff pattern, it is crucial to incorporate the influential watershed data. In recent years, metaheuristic algorithms, e.g., support vector machines (SVMs), gene expression programming (GEP), and artificial neural networks (ANNs) have been increasingly employed in hydrologic studies, particularly in the investigation of phenomena with no certain relationships. Such models are adopted in a wide range of hydrologic applications. The present study evaluates the SVM, GEP, and ANN approaches in the simulation of the rainfall-runoff process for Aharchay Watershed, Iran, at the hydrometric stations of Tazekand, Ravasjan, Oushdiliaq, Bermis, Owrang, and Kasin.

### Materials and methods

Aharchay Watershed lies in Northwest Iran and covers a significant portion of Aras Basin. It plays a key role in the development of the region as it supplies drinking, agricultural, and industrial water demands. Aharchay Watershed is a major sub-basin of the Aras Basin, and its main river is the Aharchay River. The Aharchay River joins the Gharesou River in the outlet of the watershed to form the Darrehrood River. This study develops rainfall-runoff simulation models for Aharchay Watershed at the hydrometric stations of Tazekand, Ravasjan, Oushdilaq, Bermis, Owrang, and Kasin.by using the SVM, GEP, and ANN approaches, estimating runoff data. These three approaches are evaluated in terms of performance. To determine a combination of inputs for the models, a list of runoff-related independent variables of each station was created. Then, suitable inputs were selected from the listed variables by using the Pearson correlation (PC) and partial mutual information (PMI). The input combinations obtained from these two criteria were evaluated for rainfall-runoff simulation at each hydrometric station. Also, modeling was performed using the related independent variables (total efficiency). Therefore, three input combinations were employed for each station. To evaluate model performance, the coefficient of determination ($R^2$), root-mean-square error (RMSE), and the Nash–Sutcliffe coefficient (E) were utilized.

### Discussion and conclusion

This study employed the SVM, GEP, and ANN models to simulate the rainfall-runoff process of Aharchay Watershed, Iran, at the hydrometric stations of Tazekand, Ravasjan, Oushdilaq, Bermis, Owrang, and Kasin. Furthermore, the PCI, PMI, and total criteria were employed to identify suitable combinations of inputs. The accuracy of the models was examined using the coefficient of determination ($R^2$), root-mean-square-error (RMSE), and the Nash–Sutcliffe coefficient (E) to identify the best model. The results revealed that the proposed models were acceptable accurate in watershed runoff simulation. The ANN model outperformed the two other models at the Tazekand, Oushdilaq, and Kasin Station. Also, the GEP model had better performance at the Ravasjan and Barmis Stations, while the SVM model yielded better results at the Owrang Station. Overall, it is concluded that the ANN approach is either the best model or almost the best one in simulating the runoff of Aharchay Watershed. Thus, it can be employed for the runoff simulation of Aharchay Watershed at acceptable accuracy.

**Keywords:** Artificial neural network, Gene expression programming, Hydrometric station, Support vector machine