

تعیین نرخ بیمه سیل در مناطق شهری (روش‌ها و ابزار جدید در برآورد خسارت قابل پیش‌بینی سالیانه)

بهرام ملک محمدی و مسعود تجریشی
(از دانشگاه صنعتی شریف)

مقدمه

سیلاب‌های شهری هر از چندگاهی خسارت‌های بسیاری به ساختمان‌های مسکونی در کشور وارد می‌آورند. برای مثال، سیلاب شهر نکاء در مرداد ۱۳۷۸ به ۳۶۲۸ واحد مسکونی خسارت‌های زیادی وارد کرد. طبق آمار وزارت جهاد سازندگی در طی سال‌های ۱۳۳۱ تا ۱۳۷۵ سیل ۲۵۲۱۸۶ خانه را خراب کرده است، که توجه بیشتر به مدیریت سیلاب در مناطق مسکونی را مشخص می‌کند. در جوامع امروزی، بیمه یکی از وسایل تأمین و جبران خسارت‌های ناشی از حوادث طبیعی، از جمله سیلاب، به شمار می‌رود، اما میزان بهره‌گیری از آن در جوامع مختلف متفاوت است. گسترش استفاده از بیمه سیل منوط به تعیین نرخ عادلانه و این مشروط به تجزیه و تحلیل دقیق ریسک بیمه سیل است. خصوصیت‌هایی در وجوه خسارتی حوادث طبیعی (مانند سیل) وجود دارد که در حوادث غیرطبیعی نمی‌توان دید. بنابراین، بیمه به روش کلاسیک آن قادر به جبران خسارت ناشی از آن نیست و مدل‌های جبران خسارت مشخصی باید برای آن به کار رود.

۱. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مباحث منابع آب کاربرد بسیار یافته‌اند. این سیستم‌ها به علت کارایی بالا، ایجاد ابزار تصمیم‌گیری، نو نگه داشتن اطلاعات، محاسبات زیاد در زمان کوتاه و دقت بالا، به تصویر کشیدن و نمایش دقیق اطلاعات و

قابلیت‌های دیگری که دارند، در مطالعات منابع آب ابزار مناسب و مفیدی هستند. وجود این قابلیت‌ها در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی کمک می‌کند تا بتوان برای دشت‌های سیلابی، کرانه خطر سیل را دقیقاً مشخص کرد و پتانسیل و مقدار خسارت به وجود آمده در دشت را در صورت وقوع سیل با دوره بازگشت‌های مختلف تعیین کرد. برای هر منطقه شهری می‌توان یک بانک اطلاعاتی تشکیل داد و برای هر خانه مسکونی اطلاعات آن را به بانک داد و با ترکیب این لایه با لایه‌های پهنه خطر سیل و توپوگرافی منطقه و ارتباط با مدل خسارت، مقدار خسارت قابل پیش بینی سالیانه (EAD)^۱ و مشخصات دیگر را به دست آورد.

لایه‌های اطلاعاتی توپوگرافی و رقومی سطح زمین^۲، لایه کاربری اراضی، لایه کلاس‌بندی شده مدل رقومی سطح زمین^۳ و لایه پهنه سیلاب از جمله لایه‌های مختلفی هستند که در بررسی آثار سیلاب نقش دارند و در مدیریت دشت‌های سیلابی به کار برده می‌شوند [ماخذ ۵ و ۲۲]. وجود این لایه‌های اطلاعاتی برای یک منطقه کمک می‌کند تا بتوان در هنگام بروز سیل‌های وسیع براساس گزارش دریافت شده وضعیت و میزان آسیب دیدگی مناطق مختلف را تعیین کرد. این لایه‌ها در تعیین خطر نواحی مختلف از نظر سیل‌گیری کاربرد دارند. چنین نقشه‌هایی به شرکت‌های بیمه این امکان را می‌دهند تا نرخ بیمه را متناسب با خطری که هر یک از اراضی یا تأسیسات را تهدید می‌کند، تعیین کنند. برای مثال، ستاد مدیریت حوادث غیرمترقبه آمریکا با همکاری سازمان بیمه فدرال، اطلاعات موضوعی دشت‌های سیلابی را براساس نقشه‌های توپوگرافی سازمان زمین‌شناسی تولید کرده‌اند. با تهیه نقشه‌های نرخ بیمه سیلاب، نه تنها کارگزاران شرکت‌های بیمه، بلکه تمامی مردم می‌توانند از وضعیت خطر و میزان حق بیمه املاک خود، آگاه شوند. این فایل‌ها بر روی CD در دسترس قرار گرفته که با اغلب نرم‌افزارهای GIS قابل استفاده است [۱۲]. سیستم‌ها این قابلیت را دارند که با ایجاد اولین تغییر در محیط یا مورد بیمه شده (مانند ایجاد یک حفاظت سازه‌ای یا حفاظت غیرسازه‌ای) سریعاً می‌توان کل تغییرات را در نرخ‌ها اعمال کرد و نرخ‌های جدیدی برای آن به دست آورد.

معرفی و قابلیت‌های نرم‌افزار الویس^۱ (سیستم منسجم اطلاعات آب و زمین) [۱۷]: این نرم‌افزار را مؤسسه^۲ IIC هلند برای بهره‌گیری مطلوب از اطلاعات مورد نیاز در مدیریت و توسعه منابع آب ساخته است. بسته‌های جدید این نرم‌افزار تحت مایکروسافت ویندوز است و از این لحاظ قابلیت بالاتری دارند.^۳ این برنامه ضمن تحلیل مکانی و پردازش تصاویر، جدولی از اطلاعات پایه را برای انجام گرفتن هماهنگ عملیات GIS فراهم می‌کند. فایل‌های وکتوری، رستری، داده‌های جدولی و داده‌های سنجش از دور را در قالب‌های مختلفی می‌توان در این برنامه وارد و یا خارج کرد. روش‌های همپوشانی^۴ خیلی سریع همراه با تولید جدول‌های اطلاعاتی مربوط به هر پیکسل، یکی دیگر از ویژگی‌های اصلی این نرم‌افزار است.

۲. روش‌های تعیین نرخ بیمه سیل

این روش‌ها مبتنی بر به دست آوردن نرخ‌های تئوری (واقعی) هرچه دقیق‌تر برای بیمه سیل‌اند. گرچه بعضی از روش‌ها با توجه به نحوه اجرای بیمه سیل نرخ‌های متفاوتی در اختیار قرار می‌دهند، در کل این روش‌ها براساس رشته‌ای از روابط منطقی و استدلالی هستند. رشد و تکامل این روش‌ها با پیشرفت در مباحث هیدرولیکی، هیدرولوژیکی و اقتصادی حاصل شده است. این پیشرفت‌ها به تخمین دقیق خسارت سیل و تعیین هرچه دقیق‌تر نرخ‌های تئوری (واقعی) بیمه سیل منجر شده‌اند. با ابزاری که هم اکنون در دسترس است، می‌توان تخمین دقیقی از خسارت سیل انجام داد و نرخ‌های واقعی و مناسبی برای حق بیمه سیل برای هر خانه مسکونی در خطر سیل به دست آورد. پیشرفت این روش‌ها منوط به ارائه نرخ‌هایی است که به صورت عادلانه برای افراد تعیین شود و خانواده‌ها را برای خرید بیمه سیل تشویق کند. پرداخت خسارت نیز نباید به نحوی باشد که شرکت بیمه با توجه به نرخ دریافتی ضرر مالی داشته باشد.

در محاسبه نرخ بیمه روش‌های مختلفی ارائه و اجرا شده‌اند؛ از جمله، روش مخصوص ایستگاه اندازه‌گیری، روش حوضه رودخانه (حوضه آبریز)، روش صنعت بیمه و روش ناحیه‌ای ریسک - سیلاب. این روش‌ها از لحاظ نظری و عملی اشکالاتی

1. ILWIS (integrated land & water information system)

2. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences

۳. در این تحقیق از ورژن 2.1 ILWIS استفاده شده است.

4. overlaying (crossing)

دارند که در بیمه اجباری باعث ایجاد بی عدالتی و در بیمه اختیاری موجب دلسردی خانوارها برای خرید بیمه می شود. از این رو، این روش ها، چه به صورت اختیاری و چه به صورت اجباری موفق نخواهند بود و برای اجرا در شرایط هیدرولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی ایران مناسب نیستند. بنابر این، باید از روش مرکبی استفاده شود که دربرگیرنده چهار روش ذکر شده است.

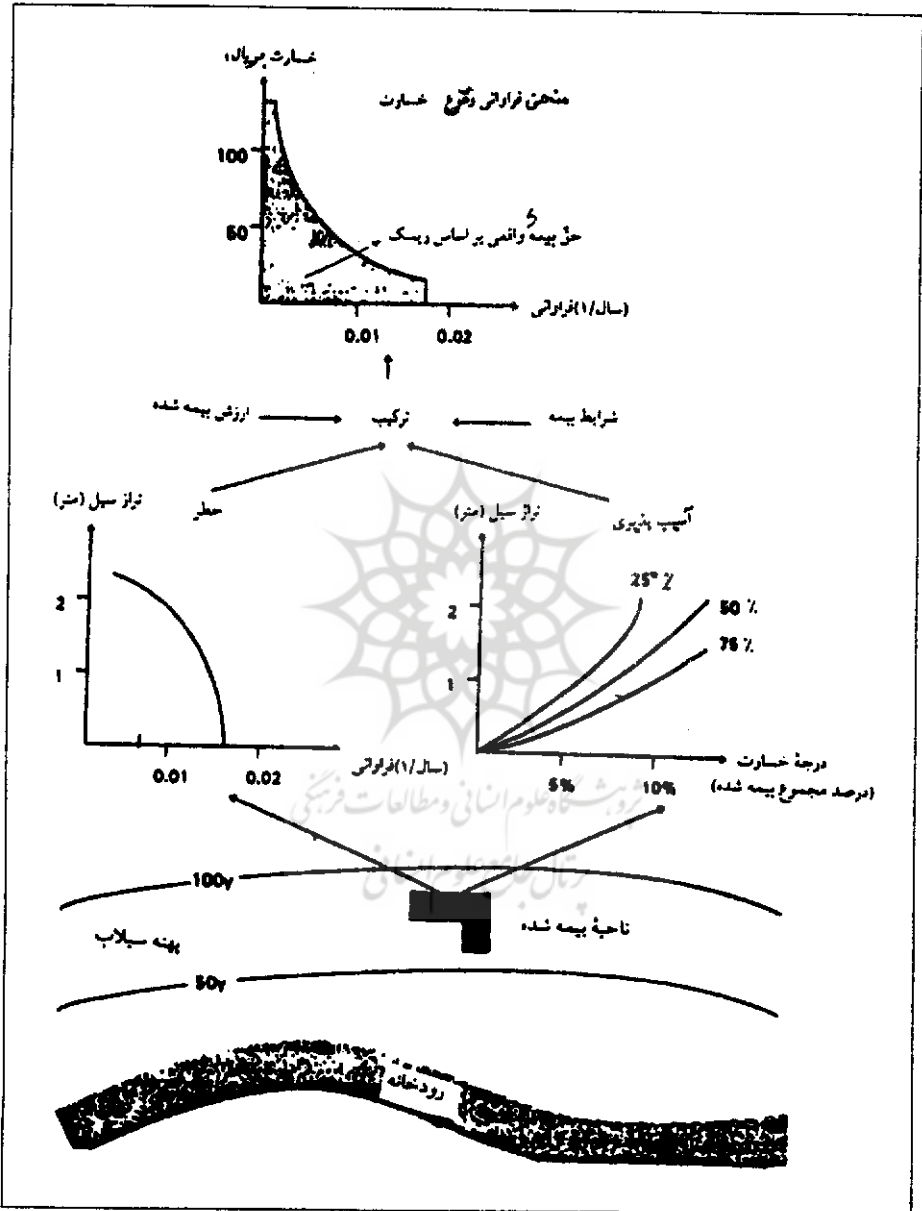
الف) روش مرکب در محاسبه نرخ بیمه سیل: در این روش محاسبه نرخ های اجزای هیدرولوژیکی هر ساختمان، در یک روش سیستماتیک با توجیه اقتصادی، طبق مراحل زیر انجام خواهد گرفت:

۱. منحنی تراز - خسارت برای ساختمان و محتویات آن برآورد و تخمین زده می شود.
۲. تناوب سیلاب در ایستگاه اندازه گیری مشخص و منحنی دبی فراوانی وقوع برای ناحیه مورد مطالعه به دست می آید.
۳. وضعیت زمین ها از نظر سیلاب با پهنه بندی سیلاب مشخص می شود. یعنی مقدار ریسک سیلاب در هر ناحیه مشخص و منطقه از لحاظ ریسک خطر تقسیم بندی می شود.
۴. نقشه توپوگرافی منطقه تهیه و ساختمان ها از نظر وضعیت سیلاب، میزان حفاظت اعمال شده در ساختمان ها (روش های غیرسازه ای اعمال شده در ساختمان) و ارتفاع کف ساختمان (تراز کف طبقه اول ساختمان) نسبت به زمین یا نقطه مبدأ بررسی می شود.

پس از این چهار مرحله و تهیه منحنی های مربوط می توان در نهایت مطابق روش هایی که در ادامه بیان می شود مقدار خسارت قابل پیش بینی سالیانه را برای هر خانه شخصی محاسبه و مقدار حق بیمه آن را مشخص کرد.

ب) ارزیابی ریسک در بیمه سیل: در این جا ریسک به معنای درجه مورد انتظار خسارت در طی یک حادثه طبیعی تعریف می شود. در یک پروژه واقعی این ریسک شامل حاصل ضرب هزینه ها، خسارت پذیری و دوره بازگشت از پدیده های خسارت بار طبیعی است. ارزیابی ریسک به معنای مشخص کردن پتانسیل خسارت برای مقادیر بیمه شده است. در بعضی موارد این ارزیابی با ارزیابی فراوانی ها و احتمال ها همراه می شود. تحلیل ریسک، اساس کار برای بیمه و بیمه مشترک است. ارزیابی غلط ریسک ممکن است به تعیین غیرمناسب نرخ ها منجر شود و در مورد حوادث مهم، شرکت های بیمه نتوانند خسارت های مورد نظر را پرداخت کنند [۲۱].

شکل ۱. نحوه ترکیب اجزای بیمه سیل در ارزیابی ریسک و تأثیر دادن ریسک‌های شخصی بر این اجزا



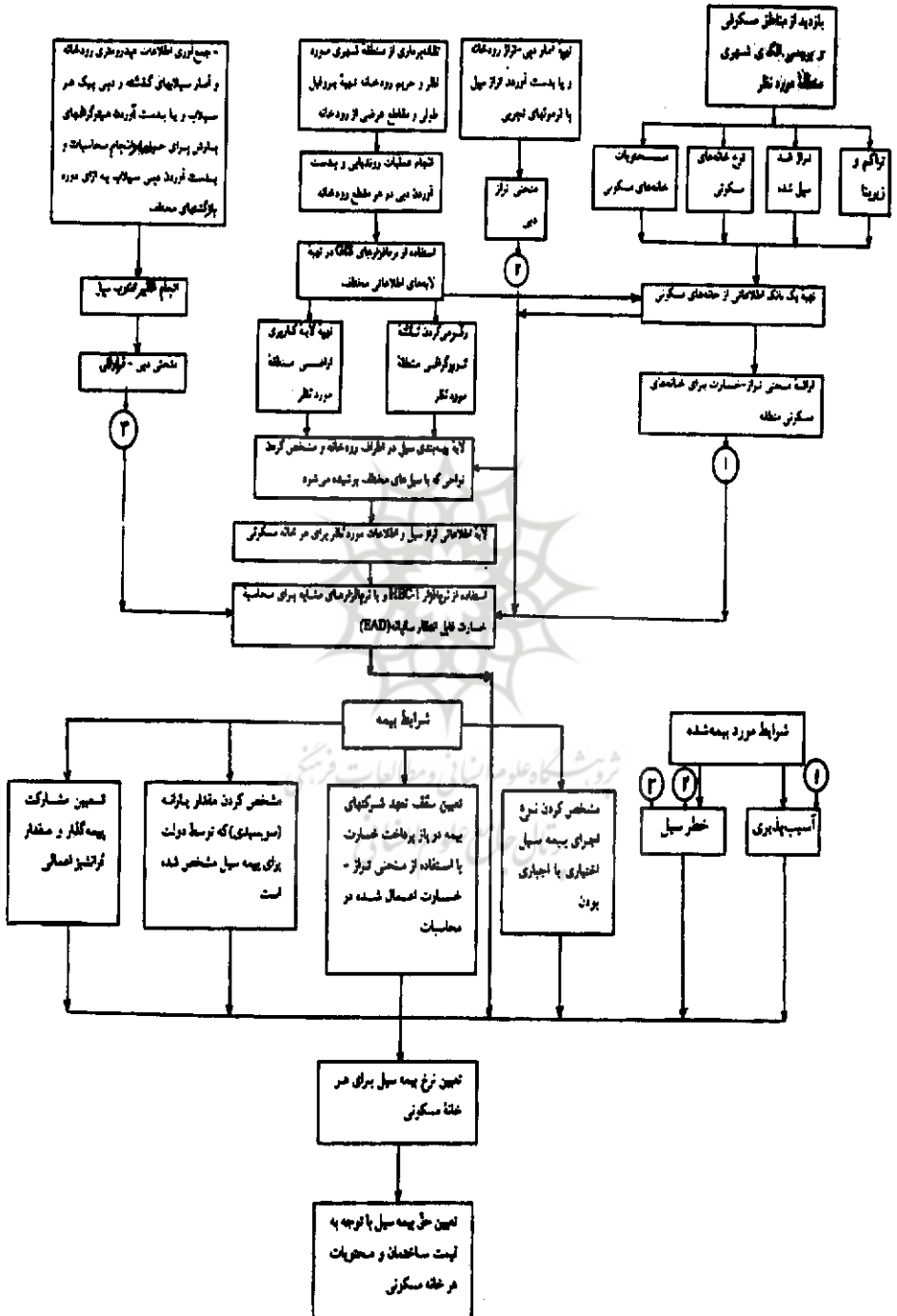
خطر سیل نیز از جمله مواردی است که در صورت وقوع، خسارت‌های بسیار در پی خواهد داشت و نمی‌توان خسارت ناشی از آن را با خسارت خطرهای معمولی نظیر آتش‌سوزی و انفجار مقایسه کرد. در آتش‌سوزی ممکن است یک یا چند واحد تجاری و

صنعتی دچار خسارت شوند، در حالی که بر اثر وقوع سیل ممکن است هزاران خانه ویران شوند و میزان خسارت به اندازه‌ای باشد که حجم زیادی از درآمد شرکت بیمه را طلب کند. روش محاسبه EAD، ریسک سیلاب را تا حدودی در خود وارد می‌کند ولی ارزیابی کامل ریسک برای آن مستلزم وارد کردن دقیق خصوصیات موارد بیمه شده و شرایط بیمه است. با در نظر گرفتن دو عامل خطر سیل و آسیب‌پذیری و تقسیم‌بندی این دو و وزن دادن به هر کدام می‌توان ریسک حاصل را به دست آورد. بر این اساس می‌توان نقشه مناطق هم ریسک را به دست آورد. در این نقشه مناطقی نیز که احتمال بالایی برای وقوع بلایای طبیعی دارند، مشخص می‌شوند. در شکل طرح گونه شماره ۱ نحوه به دست آوردن منحنی فراوانی خسارت برای یک ریسک شخصی نشان داده شده است. براساس ارتباط بین مختصات جغرافیایی و ارتباط تراز - دبی در نزدیک رودخانه، تراز سیلی که برای ساختن پیش‌بینی می‌شود از این الگوریتم تهیه شده است. براساس تراز آب در ساختمان، درجه‌های متفاوتی از خسارت‌ها از ارتباط بین فراوانی و خسارت به دست آمده است.

۳. خسارت‌های سیل

تخمین خسارت‌های سیل در بسیاری از موارد مشکل و با خطای بسیار همراه خواهد بود. فقدان قطعیت‌های هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، اقتصادی و اجتماعی خطای این تخمین‌ها را چندین برابر می‌کند. در بعضی موارد شدت خسارت‌های ناشی از سیل بسیار بالاتر از مقداری است که قبلاً تخمین زده شده است. با این حال مطالعات اقتصادی سیل و مقایسه پروژه‌های کنترل سیل، به انتخاب شاخص‌هایی برای خسارت سیل و ارزیابی آن‌ها نیاز دارد. اجرای برنامه بیمه سیل نیز به تعیین مقدار دقیق خسارت سیل نیاز دارد. تخمین کل خسارت‌های سیل مشکل و ناممکن است، بنابراین با تقسیم‌بندی خسارت‌ها به اجزای تشکیل دهنده آن بر حسب نیاز، هر قسمت از خسارت تخمین زده می‌شود. خسارت‌های اصلی مستقیم را که به خانه‌های مسکونی وارد می‌شود می‌توان بهتر از بقیه اجزای خسارت تخمین زد و به صورت ریالی بیان کرد، زیرا برای خانه‌های مسکونی می‌توان الگوی مناسبی تشخیص داد و براساس الگو و شاخص خسارت مورد نظر مقدار خسارت را بیان کرد. در این جا تراز سیل به منزله شاخص خسارت سیل انتخاب و منحنی‌های تراز - خسارت با روشی که در زیر بیان می‌شود، تهیه شده است.

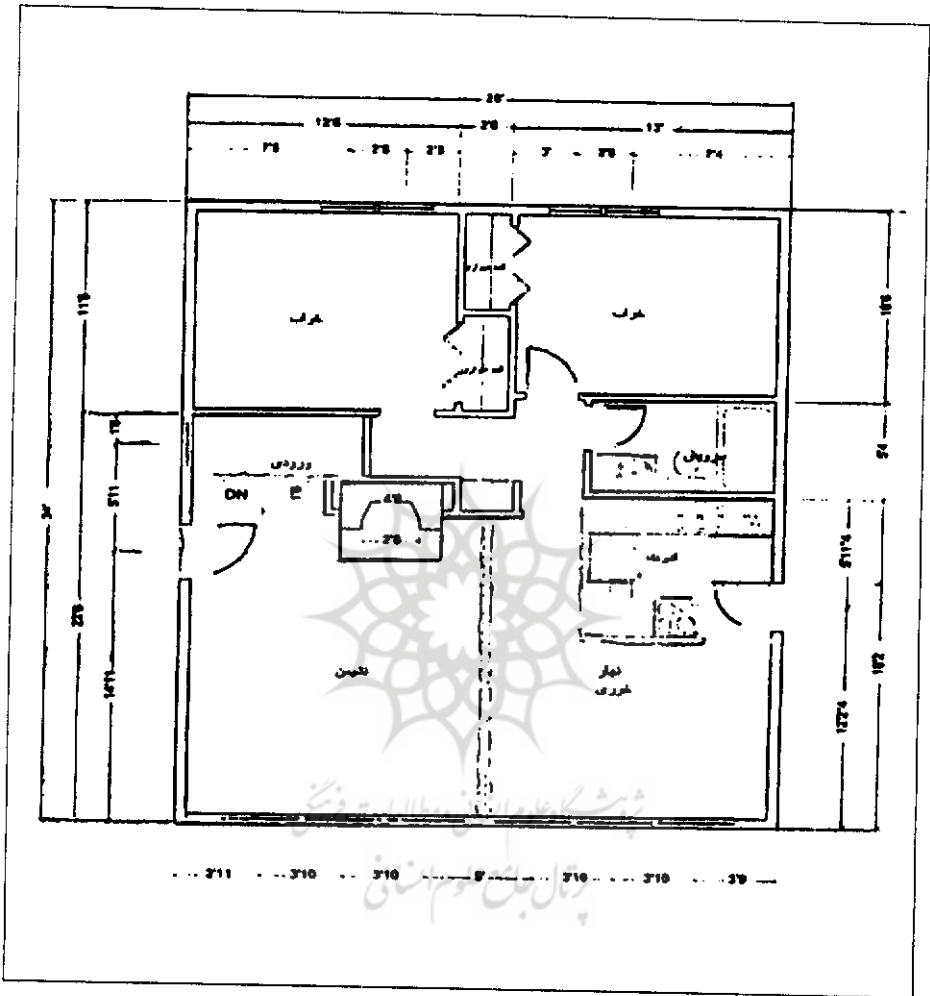
نمودار ۱. الگوریتم تعیین مقدار خسارت و نرخ بیمه سیل



الف) نحوه به دست آوردن منحنی های تراز - خسارت برای ساختمان های شهری ایران: نوع کاربری زمین، نوع ساختمان و ارزش و محتویات آن از عوامل مهم در به دست آوردن ارتباط تراز - خسارت برای یک منطقه است [۱۴]. سه شیوه مختلف برای محاسبه رابطه تراز - خسارت به کار رفته است [۱۳]. روش اول، فرمول های تجمعی: در این شیوه مقدار خسارتی که از سیل در منطقه به وجود می آید به صورت تابعی از تراز سیل، مساحت پوشیده شده با سیل و کل ارزش ساختمان ها بیان می شود؛ روش دوم، منحنی های خسارت تاریخی: این شیوه در مناطقی کاربرد دارد که آمار خسارت سیل های تاریخی گذشته به دقت محاسبه شده باشد؛ روش سوم، توابع تراز - خسارت تخمینی: در این شیوه به ازای تراز های مختلف سیل برای هر نوع ارزشی (مانند خانه های مسکونی، واحدهای تجاری، صنعتی، محصولات کشاورزی و غیره) با بازدیدهای محلی و قضاوت مهندسی، مقدار خسارت را محاسبه می کنند. این توابع در مناطق مختلف کاربرد دارند و به صورت عمومی تر استفاده می شوند.

در ایران منحنی ها یا الگوهای قابل قبولی برای توابع تراز - خسارت ارائه نشده است. در پروژه های کنترل سیل، در مواردی که مقایسه گزینه های مختلف انجام می گیرد از منحنی های فرضی استفاده می شود. به علت فقدان آمار کافی و محاسبه نادقیق خسارت های سیل، آمار مطمئنی برای برآورد این منحنی ها با توجه به آمار خسارت وجود ندارد. مراجعه به شرکت های بیمه نیز بیانگر این مطلب است که این شرکت ها تاکنون از خسارت های وارده به ساختمان های شهری بر اثر سیلاب گزارشی ارائه نکرده اند. بنابر این باید با روش سوم این منحنی ها را با دید و قضاوت مهندسی تخمین زد. با روش و الگویی که در ادامه بیان می شود، می توان برای منطقه مورد مطالعه منحنی های مناسبی به دست آورد. البته نمی توان ادعا کرد که منحنی های به دست آمده بیان کننده دقیق ارتباط بین تراز سیل و خسارت برای ساختمان های مسکونی ایران هستند، اما می توان از این روابط قابل قبول در گزینه های مختلف کنترل سیل، مطالعات خسارت و بیمه سیلاب استفاده کرد. برای به دست آوردن این منحنی ها مقدار خسارتی که به ساختمان مسکونی و محتویات آن وارد می شود، با هم تلفیق و میزان (درصد) خسارت وارده معلوم می شود. در به دست آوردن توابع مورد نظر، ارتفاع کف ساختمان ها و سطح طبیعی زمین، یکسان در نظر گرفته شده است. بدین منظور برای حداکثر ۲ متر آب گرفتگی در داخل ساختمان، خسارت ها محاسبه شده است.

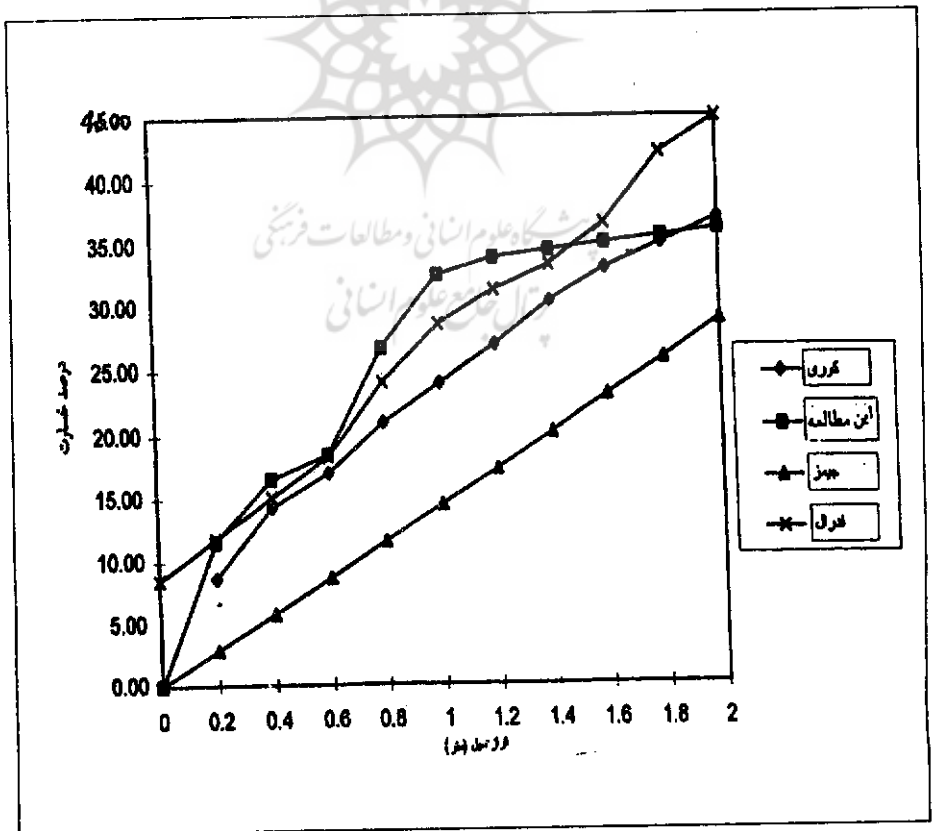
شکل ۲. پلان خانه مورد نظر در محاسبه خسارت سیل



براساس نتایج طرح آمارگیری از فعالیتهای ساختمانی بخش خصوصی (سال ۱۳۷۵) مهم‌ترین ویژگی‌های کالبدی ساختمان‌های نوساز در نقاط شهری کشور به دست آمده است [۹۶، ۴]. براین اساس متوسط مساحت زیربنای واحدهای مسکونی جدید در نقاط شهری ۱۰۳/۲ متر مربع بوده است. با توجه به این اطلاعات متوسط ارزش ساختمان‌های شهری برابر ۷۲۵۰۰۰۰۰۰ ریال است. در شکل شماره ۲ پلان خانه مورد نظر نشان داده شده است. میزان محتویات خانه‌ها براساس الگوی خانه‌های شهری و آمار منتشر شده مرکز آمار ایران در مورد درصدی از خانوارها که از لوازم خانگی با

ارزش بهره می‌برند، محاسبه [۷] و قیمت محتویات و تجهیزات خانه‌ها براساس قیمت آخرین مدل ایرانی آن وسیله در بازار در نظر گرفته شده است. در جدول شماره ۱، محتویات داخل خانه، ارتفاعی که آن مورد به طور کامل از بین می‌رود و درصد خانواده‌هایی که چنین وسیله‌ای دارند، آورده شده است. در این جدول با توجه به الگویی که برای محتویات خانه‌ها وجود دارد تراز از سیل که هر نوع اثاث خانه از بین می‌رود برآورد و برای هر وسیله تعداد، قیمت و درصد خانواده‌های برخوردار مشخص شده است. با توجه به این جدول، متوسط کل ارزش محتویات خانه ۲۲۴۸۰۰۰۰ ریال تخمین زده می‌شود. براین اساس نسبت ارزش محتویات خانه به ارزش ساختمان برابر ۳۱ درصد خواهد بود. با توجه به مطالب مذکور در فوق و محاسبات، روابط تراز - خسارت در عمق‌های مختلف در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. در این جدول مقدار درصد خسارت نسبت به کل ارزش محتویات و ساختمان ارائه شده است.

شکل ۳. مقایسه نتایج به دست آمده با منحنی‌های پیشنهادی تراز - خسارت



جدول ۱. تخمین و ترازوی از سیل که هر نوع اثاث خانه را از بین می برد

وسیله	تعداد	تراز خسارت کامل از کف خانه (cm)	قیمت (۱۰۰۰۰ ریال)	درصد خانوارهای دارای لوازم خانگی	حاصل ضرب قیمت و درصد خانواده‌ها (۱۰۰۰۰ ریال)
(موتور) یخچال	۱	۲۰	۱۵۰	۹۶	۱۴۴
(موتور) فریزر	۱	۲۰	۱۵۰	۲۳	۳۵
(موتور) ماشین لباسشویی	۱	۲۰	۲۰۰	۵۰	۱۰۰
اجاق گاز	۱	۱۰۰	۱۳۰	۹۶	۱۲۵
فرش	۴	۰	۸۰۰	۱۰۰	۸۰۰
تلویزیون رنگی	۱	۷۰	۳۰۰	۲۹	۱۴۷
ویدیو	۱	۴۰	۱۴۰	۱۴	۲۰
ضبط صوت	۱	۶۰	۱۲۰	۸۱	۹۸
مبل	۶	۵۰	۳۰۰	۵۰	۱۵۰
میز و صندلی	۸	۵۰	۱۶۰	۵۰	۸۰
کمد	۳	۱۰۰	۱۶۰	۸۰	۱۲۸
تخت خواب	۴	۵۰	۲۰۰	۸۰	۱۶۰
چرخ خیاطی	۱	۵۰	۱۵۰	۷۳	۱۱۰
تلویزیون سیاه و سفید	۱	۷۰	۸۰	۵۰	۴۰
جاروبرقی	۱	۴۰	۱۸۰	۲۵	۸۱
کامپیوتر	۱	۱۰۰	۵۰۰	۸	۴۰
جمع					۲۲۴۸

ب) مقایسه نتایج با منحنی‌های موجود: در شکل شماره ۳ مقایسه نتایج با منحنی‌های پیشنهادی نمایش داده شده است. ملاحظه می‌شود که روند تغییرات منحنی به دست آمده با منحنی جیمز و کوری و اداره فدرال بیمه آمریکا یکسان است. برازش تابع خطی بر این منحنی‌ها با ضریب همبستگی کمی همراه است. برازش تابع درجه ۲ نیز بر منحنی به نظر تا تراز کمتر از ۲ متر مناسب است. بنابراین منحنی درجه ۳ بهتر به نظر می‌رسد، چون از تراز ۲ متر به بالا روند ثابت برای خسارت را نشان می‌دهد. برازش

جدول ۲. مقدار درصد خسارات وارده به خانه‌های شهری با زیرزمین و بدون زیرزمین

خانه‌های بدون زیرزمین					خانه‌های با زیرزمین			
تراز (متر)	خسارت وارده به ساختمان (۱۰۰۰۰ ریال)	خسارت وارده به محتویات خانه (۱۰۰۰۰ ریال)	جمع کل خسارت (۱۰۰۰۰ ریال)	درصد خسارت	خسارت وارده به ساختمان (۱۰۰۰۰ ریال)	خسارت وارده به محتویات خانه (۱۰۰۰۰ ریال)	جمع کل خسارت (۱۷۰۰۰ ریال)	درصد خسارت
۰	۰	۰	۰	۰	۸۰	۱۳۰	۲۱۰	-
۰/۲	۴۰	۸۰۰	۸۴۰	۱۱/۶	۱۲۰	۹۳۰	۱۰۵۰	۱۴۵
۰/۴	۸۰	۱۱۲۰	۱۲۰۰	۱۶/۵	۱۶۰	۱۲۵۰	۱۴۱۰	۱۹۴
۰/۶	۱۲۰	۱۲۲۰	۱۳۴۰	۱۸/۵	۲۰۰	۱۳۵۰	۱۵۵۰	۲۸۴
۰/۸	۱۶۰	۱۷۸۰	۱۹۴۰	۲۶/۷	۲۴۰	۱۹۱۰	۲۱۵۰	۲۹۶
۱	۲۰۰	۲۱۶۰	۲۳۶۰	۳۲/۵	۲۸۰	۲۲۹۰	۲۵۷۰	۳۵۴
۱/۲	۲۴۰	۲۲۲۰	۲۴۶۰	۳۳/۹	۳۲۰	۲۳۵۰	۲۶۷۰	۳۶۸
۱/۴	۲۸۰	۲۲۲۰	۲۵۰۰	۳۴/۵	۳۶۰	۲۳۵۰	۲۷۱۰	۳۷۳
۱/۶	۳۲۰	۲۲۲۰	۲۵۴۰	۳۵	۴۰۰	۲۳۵۰	۲۷۵۰	۳۷۹
۱/۸	۳۶۰	۲۲۲۰	۲۵۸۰	۳۵/۵	۴۴۰	۲۳۵۰	۲۷۹۰	۳۸۴
۲	۴۰۰	۲۲۲۰	۲۶۲۰	۳۶/۱	۴۸۰	۲۳۵۰	۲۸۳۰	۳۹

جدول ۳. محاسبه حق بیمه سیل برای خانه‌های مسکونی منطقه مورد مطالعه از منطقه شهری ۱

نوع خانه	مشخصات پهنه سیل	$H_{1..}$	$H_{1.}$	مقدار محاسبه شده EAD (ریال)	مقدار نرخ بیمه تئوری (در هزار)
خانه یک طبقه	واقع در پهنه سیل ۱۰ ساله	۱/۷۸	۰/۵	۲۵۰۰۰۰	۲/۶
بدون زیرزمین	واقع در پهنه سیل ۱۰۰ ساله	۰/۵۸	۰	۴۴۰۰۰۰	۰/۴۶
خانه یک طبقه	واقع در پهنه سیل ۱۰ ساله	۲/۵۸	۰/۶	۵۳۳۰۰۰	۵/۶
با زیرزمین	واقع در پهنه سیل ۱۰۰ ساله	۰/۱۸	۰	۵۳۰۰۰۰	۰/۵۶

یک تابع ثابت بر کل منحنی مناسب نیست و توصیه می‌شود که برای ترازهای مورد نظر از اعداد جدول‌ها درون‌یابی شود.

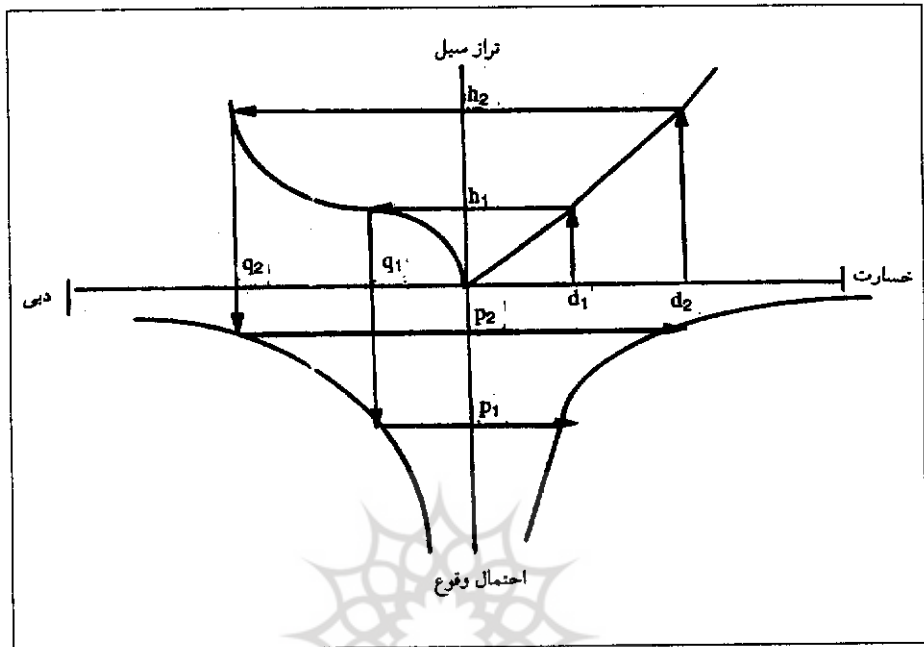
پ) EAD این مقدار یک انتظار آماری بر حسب ریال است، یا به عبارتی یک شاخص اندازه‌گیری خسارت با توجه به احتمال وقوع سیل و EAD ناشی از آن است. این امید ریاضی اثر ریسک در نتایج آینده را به صورت وزنی نشان می‌دهد. برای توجیه اقتصادی طرح‌های کنترل سیلاب و مقایسه این طرح‌ها، به صورت سازه‌ای یا غیرسازه‌ای، به محاسبه این مقدار نیاز است. در تعیین حق بیمه سیل نیز محاسبه این مقدار اهمیت خاصی دارد. برای به دست آوردن سیلاب طراحی در پروژه‌های کنترل سیل می‌توان مقدار کاهش EAD را با مقدار هزینه اختصاص داده شده مقایسه اقتصادی و سیلاب طراحی را انتخاب کرد.

نحوه محاسبه: مطابق شکل شماره ۴ با استفاده از چهار منحنی دبی - تراز، تراز - خسارت، تراز - فراوانی و فراوانی - خسارت (که از سه منحنی قبلی نتیجه می‌شود) می‌توان مقدار EAD را به دست آورد. برای محاسبه در ابتدا تراز سیل برای منطقه مورد نظر (ساختمان مسکونی مورد نظر) مشخص می‌شود. اگر فاکتور ارتفاع کف ساختمان‌ها مورد توجه باشد آن را در تراز سیل اعمال و عمق مؤثر سیلاب بر روی خانه را محاسبه می‌کنیم. با در نظر گرفتن بازه‌های مختلف برای تراز سیل در داخل ساختمان و پیدا کردن احتمال وقوع این ترازها، مقدار خسارت به وجود آمده در هر تراز در مقدار احتمال آن ضرب می‌شود و در نهایت با یکدیگر جمع می‌شوند. می‌توان منحنی خسارت - احتمال وقوع را تشکیل داد و از مساحت زیر این منحنی انتگرال عددی گرفت (مطابق شکل ۴). تعداد و محل نقاط مجزای مورد استفاده برای به دست آوردن ارتباطات تراز - فراوانی و تراز - خسارت، شکل ارتباط آن‌ها، درجه شباهت بین منحنی‌های تراز - فراوانی در یک خانواده از این گونه منحنی‌ها، بر مقدار EAD تأثیر بسیار دارد. در محاسبات باید به این فاکتورها توجه داشت.

۴. مطالعه موردی

حوضه آبریز طالقان در این مطالعه انتخاب شده است. این حوضه شیب بالایی دارد و مناطق مسکونی در آن چندان وسیع نیست، ولی نیاز به اطلاعات مناسب از منطقه مورد مطالعه برای بیان دقیق و روش و عملیات پهنه‌بندی سیل که قبلاً در این حوضه انجام گرفته [۸] دلیل انتخاب این حوضه بوده است.

شکل ۴. نحوه محاسبه EAD



h_1 تراز شروع خسارت

$$EAD = E(D) = d_1 * p_1 + d_2 * p_2 + d_3 * p_3 + \dots = \sum d_i p_i$$

$$E(D) = \int_{q_c}^{\infty} D(q_d) f(q_d) dq_d = \int_{q_c}^{\infty} D(q_d) dF(q_d)$$

q_c : مقدار دبی که به ازای آن خسارت وارد می شود

$D(q_d)$: خسارت سیلاب برای دبی های مختلف q_d

$f(q_d)$: تابع دانسیته احتمال (PDF) برای دبی q_d

$F(q_d)$: تابع تجمعی دانسیته احتمال (CDF) برای دبی q_d

حل این انتگرال به صورت عددی انجام می گیرد. با قاعده ذوزنقه ای داریم:

$$E(D) = \sum_{j=1}^n \frac{[D(q_j) + D(q_{j+1})]}{2} [F(q_{j+1}) - F(q_j)]$$

برای $q_c = q_1 \leq q_2 \leq \dots \leq q_n < \infty$

مأخذ: ۱۹ و ۲۴.

الف) روش عملیات: برای این حوضه با داشتن اطلاعات بارندگی و فیزیوگرافی حوضه و با به کارگیری مدل HEC-1 با دو روش «SCS» و موج سینماتیک مقدار جریان

سطحی مازاد ناشی از بارش‌های مورد نظر به دست آمده است. در مرحله بعد با به‌کارگیری مدل مایک و عمل روندیابی سیل در داخل رودخانه، حداکثر رقوم سطح تراز جریان برای دوره بازگشت‌های ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال به دست آمده است. با بهره‌گیری از قابلیت نرم‌افزار الویس و با تلفیق اطلاعات به دست آمده از مدل مایک ۱۱ و مدل ارتفاعی رقومی بستر و حریم رودخانه پهنه‌های خطر سیل برای دوره بازگشت‌های ۱۰ و ۱۰۰ ساله به دست آمده است. نقشه کاربری اراضی منطقه با استفاده از اطلاعات موجود به دست آمده، سپس با نقشه کلاس‌بندی شده مدل رقومی و نقشه سیلاب‌های ۱۰ و ۱۰۰ ساله تلفیق شده و نقشه تراز سیل در پهنه سیلاب به دست آمده است. براساس اطلاعات موجود برای حوضه، مقدار EAD برای هر یک از خانه‌های مسکونی همجوار خسارت‌پذیر محاسبه شده و در نهایت نقشه EAD به دست آمده و مقدار نرخ بیمه مورد نظر برای آن مشخص شده است.

ب) موقعیت و وسعت حوضه طالقان: حوضه آبخیز طالقان که یکی از زیر حوضه‌های مهم حوضه آبخیز سفیدرود به شمار می‌رود در دامنه جنوبی رشته کوه‌های البرز، در بخش شمال شرقی و در فاصله ۹۰ کیلومتری از شهر تهران واقع شده است. برای تعیین مشخصات هندسی رودخانه و حریم آن، عملیات نقشه‌برداری از مسیر مورد نظر به طول ۱۴/۳۶ کیلومتر انجام گرفته است. برای عملیات روندیابی در داخل رودخانه به فاصله ۵۰۰ تا ۷۰۰ متر از هم تعداد ۲۸ مقطع از رودخانه برداشت شده است. نقشه توپوگرافی رودخانه و حریم آن تهیه شده و سپس به صورت رقومی درآمده است.

پ) تهیه لایه‌های اطلاعاتی، همپوشانی لایه‌ها و تهیه نقشه تراز سیل برای خانه‌های مسکونی: لایه‌های اطلاعاتی پهنه سیل ۱۰ و ۱۰۰ ساله و لایه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه تهیه شده است. با همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی پهنه‌های سیل ۱۰ ساله و ۱۰۰ ساله نقشه خطر سیل محدوده و دوره بازگشت سیلی که هر منطقه را می‌پوشاند مشخص می‌شود. با همپوشانی این نقشه با مدل ارتفاعی رقومی کلاس‌بندی شده، نقشه مناطق هم رقوم و هم خطر از نظر سیل‌گیری مشخص می‌شود. با همپوشانی این نقشه با نقشه کاربری اراضی مناطق شهری، لایه اطلاعاتی مناطق مسکونی به دست می‌آید.

ت) محاسبه EAD برای خانه‌های همجوار خسارت‌پذیر و تعیین حق بیمه سیل: با در اختیار داشتن اطلاعات روندیابی در مقاطع مختلف رودخانه، به ازای دوره بازگشت‌های مختلف در هر مقطع دلخواه نمودار دبی - فراوانی را می‌توان تشکیل داد. برای هر تراز از سیل در هر قسمت، داده‌های منحنی تراز - خسارت انتخاب و با استفاده از منحنی تراز - دبی تعریف شده برای رودخانه مطابق روشی که ذکر شد مقدار EAD برای ترازهای مختلف سیل محاسبه می‌شود. داده‌های دبی - فراوانی به فایل ورودی به صورت درصد امکان تجاوز و دبی وارد می‌شود. در داده‌های ورودی باید برای مقدار خسارت صفر بزرگ‌ترین درصد امکان تجاوز را وارد کرد، ولی برنامه در این حالت نمی‌تواند میان‌یابی انجام دهد و در جواب، ایجاد خطا می‌شود. بنابر این، در کارت ورودی یک درصد امکان تجاوز بزرگ همراه با یک دبی کوچک در فایل ورودی شبیه‌سازی می‌شود.

مقادیر EAD برای هر خانه مسکونی براساس مقدار تراز سیل صد ساله محاسبه شده است. این مقدار خسارت مورد انتظار ناشی از سیل برای یک خانه است. بانک اطلاعاتی مربوط برای کل منطقه به دست می‌آید. با ضرب تعداد خانه‌ها در مقدار EAD برای آن‌ها و جمع کل مقادیر، مقدار EAD برای کل خانه‌های مسکونی منطقه به دست می‌آید. نرخ بیمه سیل براساس مقادیر EAD قابل محاسبه است. می‌توان مقدار EAD کل را نیز برای منطقه محاسبه و سپس آن را به نسبت بین خانوارها تقسیم کرد. در جدول شماره ۳ دو نمونه خانه در پهنه سیل ۱۰ و ۱۰۰ ساله در نظر گرفته شده و مقدار EAD آن‌ها برای دو حالتی که خانه زیرزمین دارد یا فاقد آن است محاسبه و به حق بیمه تبدیل شده است.

نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل حق بیمه ریسک سیل برای کل کشور، به مطالعات گسترده نیاز دارد. این مطالعات را بر پایه اطلاعات و روش‌هایی که در این مقاله ارائه شد می‌توان انجام داد و نتیجه‌گیری کرد. این مطالعات در هر منطقه به همراه مطالعات کنترل سیل برای آن توصیه می‌شود. در این مطالعات به استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی تأکید می‌شود تا بتوان در هر زمان اطلاعات جدید و مناسبی در دست‌رس و بانک اطلاعاتی هر منطقه را در اختیار داشت تا بتوان هر تغییری که مورد نیاز است در آن اعمال کرد.

توابع تراز - خسارت به دست آمده به صورت زیر خلاصه می شوند.

$$d = 1/58 x^3 - 16/87x^2 + 44/72x + 0.95, x <= 2$$

(الف) خانه های یک طبقه بدون زیرزمین:

$$d = 3/28 x^3 - 22/99x^2 + 51/2x + 2, x <= 2$$

(ب) خانه های یک طبقه با زیرزمین:

که در این جا $d =$ خسارت سیل (درصد) و $x =$ تراز سیل از کف خانه (متر) است.

استفاده از این معادلات در زمانی که مطالعه ای برای منطقه جهت به دست آوردن این

توابع انجام نگرفته است توصیه می شود. هم چنین، استفاده از این معادلات برای سیلابی

به عمق کمتر از ۲ متر مجاز و بهتر است که اعداد از جدول ۲ درون یابی شوند.

در بررسی ۴ منحنی اساسی سیلاب عدم قطعیت های مختلفی وجود دارد که با در

نظر گرفتن این عدم قطعیت ها و توزیع برای هر نمونه می توان مقدار EAD را به ازای

ریسک های مختلف به صورت دقیق تر تعیین کرد.

محاسبات مقدار EAD و حق بیمه سیل برای یک خانه مسکونی، یا یک منطقه

مسکونی را می توان مطابق محاسبات تشریح شده انجام داد. نحوه محاسبات به صورت

الگوریتمی، مرحله به مرحله ارائه می شود.

منابع

۱. بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران. بررسی الگوی مناسب بیمه خطر زلزله در ایران، طرح بسیج توان فنی کشور در بازسازی مناطق زلزله زده کشور، ۱۳۷۵.
۲. تجریشی، مسعود. مدیریت سیل در محدوده شهرها، ارزیابی هیدرولوژیکی - اقتصادی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۶.
۳. سازمان نقشه برداری کشور. سیستم های اطلاعات جغرافیایی، بهار ۱۳۷۵.
۴. شهرداری های کشور (جز تهران). اطلاعات پروانه های ساختمانی صادر شده، نیمه اول سال ۱۳۷۶.
۵. محمودیان، بهنام. نقش GIS در برآورد و مدیریت سیلاب، آب و توسعه، سال ششم، ش اول، ۱۳۷۷.
۶. مرکز آمار ایران. نتایج طرح آمارگیری از فعالیت های ساختمانی بخش خصوصی، ۱۳۷۶.
۷. نتایج تفصیلی آمارگیری از هزینه و درآمد خانوارهای شهری، ۱۳۷۵.
۸. وهابی، جلیل. پهنه بندی خطر سیل با به کارگیری سنجش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی در حوضه آب خیز طالقان، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۶.
۹. وزارت مسکن و شهرسازی، انتشارات مرکز مطالعات شهرسازی و معماری. مسکن و درآمد در تهران: گذشته، حال، آینده، ۱۳۷۰.

10. Bhavngari, V.S. and G.Bugliavello, *Flood Proofing in an Flood Plain: A Stochastic Model*, J Hydraulic Division ASCE, 1966.
11. C.Ruyan & C.Taisai, *Application of GIS Linked Flood - Inundation Model to Flood Damages Estimation*, National Cheng-Kung University Taiwan, 1996.
12. FEMA, "Releases Digital Flood Insurance Rate Map", 1995, *ARC News*, Vol. 15, No.3.
13. Grigg, N.S. and O.J.Helweg, "State-of-the-Art of Estimating Flood Damage in Urban Areas," *Water Resources Bulletin*, Vol.11, No.2, pp.379-390, April 1975.
14. Howard Kunreuther & John R.Sheaffer, "An Economically Meaningful and Workable System for Calculating Flood Insurance Rates", *WRR*, Vol.6, No.2, 1970.
15. Hydrologic Engineering Centre, "HEC-1 Flood Hydrograph Package Users Manual", Davis, California, September 1981.
16. Institute of Water Resources, *Physical and Economic Feasibility of Nonstructural Flood Plain Management Measures*, HEC-IWR, 1978.
17. ITC, *User Guide of Ilwis 2.1. for Windows*, Ilwis Department International Institute for Aerospace Survey & Earth Science Enschede, The Netherlands, ITC, October, 1997.
18. James and Lee, *Economic of Water Resources Planning*, McGraw -Hill, 1971.
19. Mays & Tung, *Hydrosystems Engineering and Management*, McGraw-Hill, Inc, 1992.
20. *Mike 11 Version 3.01 User Manual*, 2. Edition, Danish Hydraulic Institute, 1992.
21. Peter Hausman & Matthias Weber "Possible Contributions of Hydroinformatics to risk analysis in insurance", *Hydroinformatics*. 96. Muler (ed.), Balkema, Rotterdam, 1996.
22. S.J. Boyle, I.K. Tsanis, ASCE, and P.S.Kanaroglou, "Developing Geographic Information Systems for Land Use Impact Assessment in Flooding Conditions", *WRP. & M*, March/April, 1998.
23. U.S.Army Corps of Engineering, *Federal Perspective for Flood - Damage - Reduction Studies*, Hydrologic Engineering Center, Chapter 27, 1993.