



## "مقاله پژوهشی"

# ارائه افزونه ارزیابی آسیب‌پذیری نواحی شهری در برابر سیلاب برای نرم‌افزار ArcGIS با بهره‌گیری از Python و ModelBuilder

علی خلیلی<sup>۱</sup>، آریان اسروش<sup>۲</sup> و مرتضی پورزارع<sup>۳</sup>

۱- دکتری مدیریت فناوری اطلاعات و ارتباطات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، (نویسنده مسوول: alikhahili57@yahoo.com)

۲- کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی

۳- استادیار دانشکده علوم پایه، دانشگاه امام علی (ع)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۱۴

صفحه: ۷۷ تا ۸۷

### چکیده مبسوط

**مقدمه و هدف:** حوادث سیلابی به‌عنوان زیان‌بارترین فاجعه طبیعی، طی ۲۰ سال گذشته ۴۷ درصد فجایع مرتبط با اقلیم دنیا را تشکیل داده‌اند. در ایران نیز حوادث سیلابی هر ساله خسارات گسترده‌ای به‌همراه داشته‌اند که اهمیت ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در برابر سیلاب را روشن می‌سازد. اما این ارزیابی‌ها که با بهره‌گیری از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی انجام می‌شوند، نیازمند تخصص نظری و تسلط بر تنظیمات پیشرفته نرم‌افزار ArcGIS هستند. این مشکلات، کاربرد گسترده چنین ارزیابی‌هایی در سراسر کشور را محدود می‌کنند و منجر به هزینه‌بر و زمان‌بر شدن آن‌ها و دشواری بهره‌ورسانی نتایج ارزیابی می‌شوند. در این پژوهش تلاش شده‌است تا با ارائه افزونه‌ای کارآمد برای نرم‌افزار ArcGIS ضمن توجه به مشکلات مذکور، خلاء نبود این افزونه‌ی بومی در کشور نیز مورد توجه قرار گیرد.

**مواد و روش‌ها:** بدین منظور ابتدا به روش اسنادی مقالاتی با محوریت تحلیل آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب که در مقیاس شهری تدوین شده بودند مرور شدند و تعداد تکرار معیارهای موثر بر آسیب‌پذیری در این مقالات مشخص گردید. در نتیجه شش معیار پرتکرار شناسایی شد و با توزیع پرسشنامه نظرات متخصصان در خصوص درجه اهمیت این معیارها نسبت به یکدیگر (مطابق روش AHP) اخذ شد. سپس معیارها با کمک نرم‌افزار ExpertChoice وزن‌دهی شدند. در گام بعد برای طراحی فرآیند پردازش‌های افزونه از ModelBuilder و برای ایجاد پردازش‌های مورد نیازی که در ArcGIS وجود نداشتند، از زبان برنامه‌نویسی Python استفاده شد.

**یافته‌ها:** افزونه طراحی‌شده متشکل از ۵۶ مرحله پردازش داده است که از ۱۵ ابزار موجود در نرم‌افزار ArcGIS و سه ابزار کدنویسی‌شده اختصاصی توسط محققین، از جمله یک ابزار منطقی-شرطی، تشکیل شده‌است. برای افزایش انعطاف‌پذیری افزونه، ضوابط معیارها به‌عنوان پیش‌فرض‌هایی قابل تغییر در افزونه وارد شده‌اند و برای خلق محیطی کاربرپسند، از زبان فارسی در پنجره اولیه افزونه، استفاده شده است. افزونه تولیدشده پس از اجرای پردازش‌ها، نقشه امتیاز آسیب‌پذیری نهایی و نقشه‌های مجزای معیارهای شش‌گانه را نمایش می‌دهد و فایل آن‌ها را در پوشه‌ای که کاربر (پیش از اجرا) مشخص کرده است، به صورت MXD و GDB ذخیره می‌کند. به‌منظور سنجش عملکرد افزونه، شهر چالوس مورد ارزیابی قرار گرفت و تمام پردازش‌ها ظرف نه دقیقه انجام و نتایج ارائه و ذخیره شدند. بر اساس نتایج ۱۴ درصد شهر در پهنه بسیار آسیب‌پذیر، ۵۶ درصد در پهنه متوسط و ۳۰ درصد در پهنه با آسیب‌پذیری کم واقع شده‌است.

**نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج سنجش عملکرد، پس از ورود داده‌ها و مشخص کردن پوشه خروجی توسط کاربر، پردازش‌های آسیب‌پذیری توسط افزونه بدون خطا انجام شد و خروجی‌ها به تفکیک مذکور در پوشه مشخص‌شده ذخیره گردید که نشان از عملکرد مناسب این افزونه است.

**واژه‌های کلیدی:** آسیب‌پذیری، سیلاب، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، AHP، ArcGIS، ModelBuilder، Python

### مقدمه

باعث شده است که جمعیت شهری بیش از پیش در معرض خطرات ناشی از سیلاب باشند.

در دهه‌های گذشته جمعیت شهری ایران رو به افزایش بوده‌است. به طوری که در سال ۱۳۹۵ حدود ۷۴ درصد جمعیت ایران (۵۹،۱۵ میلیون نفر) ساکن شهرها بوده‌اند (۲۹). این جمعیت همواره درگیر حوادث سیلابی متعدد بوده‌است به طوری که سیلاب‌های سال ۱۳۸۰ در استان گلستان و سال ۱۳۹۵ در استان خوزستان که پرتیانی‌ترین حوادث سیلابی کشور تا ابتدای سال ۱۳۹۶ محسوب می‌شوند، به ترتیب ۴۱۰ نفر و ۱۰۵۳۰ میلیارد ریال خسارت با خود به همراه داشته‌اند. این حوادث باعث شده است که ایران در زمینه حوادث طبیعی پس از چین و هندوستان، رتبه سوم را در آسیا را به خود اختصاص دهد (۱۴). برای ارتقای آمادگی در برابر آسیب‌های احتمالی این دست حوادث باید از روش‌های مدیریت بحران و مدیریت ریسک سیلاب استفاده کرد که ارزیابی آسیب‌پذیری نواحی مختلف در برابر سیلاب، از جمله اقدامات مهم مدیریت بحران پیش از وقوع حادثه محسوب می‌شود. مفهوم آسیب‌پذیری از ابعاد مختلفی قابل بررسی است. به طور کلی

سیلاب‌ها از معمول‌ترین، گسترده‌ترین و همچنین زیان‌بارترین حوادث طبیعی در دنیا محسوب می‌شوند. در دو دهه گذشته (۱۳۷۳-۱۳۹۳) حدود ۹۰ درصد فجایع، مرتبط با اقلیم<sup>۱</sup> بوده‌اند و نزدیک به ۴۷ درصد این فجایع را حوادث سیلابی تشکیل داده‌اند. در این دوره در حدود ۲،۳ میلیارد نفر تحت آثار سوء حوادث سیلابی قرار گرفته‌اند که ۹۵ درصد آن‌ها ساکن قاره آسیا بوده‌اند (۳۳). این حوادث هر ساله منجر به خسارتی نزدیک به ۴۰ میلیارد دلار در جهان می‌شوند (۲۴). رشد شهری سه دهه گذشته که در نتیجه گسترش شهرها، قطع جنگل‌ها و ... رخ داده‌است، زمینه‌ساز افزایش سطوح نفوذناپذیر و در نتیجه، کاهش شدید زمان به اوج رسیدن سرعت جریان آب در آبراهه‌ها شده است که به معنای افزایش ریسک وقوع سیلاب است (۲۸). انباشت سرمایه (گسترش شهرها، صنایع و ...) در دشت‌های سیلابی همراه با تغییرات اقلیمی که تغییر در الگوهای بارش را به همراه خواهد داشت، نشان‌گر خطر بالقوه جدی در آینده است (۲۴). این امر

فرسوده، موقعیت پل‌ها، تراکم جمعیت و کاربری اراضی و به‌کارگیری روش AHP محدوده شهر تهران را ارزیابی کردند. حمیدی و همکاران (۱۵) با استفاده از فازی AHP و به‌کارگیری معیارهای کاربری اراضی، فاصله از رودخانه، ارتفاع از سطح دریا، شیب و عمق آب‌بازرسی شهر نور را از نظر خطرپذیری سیلاب ارزیابی کردند. قهرمان و همکاران (۱۴) نیز با استفاده از روش SCS اصلاح‌شده و در محیط ArcMap سیل‌خیزی حوزه آبخیز کشف‌رود را با در نظر گرفتن معیارهای ارتفاع زمین، پهنه‌بندی بارش، تلفات بارش، کاربری زمین و آبراهه‌ها سنجیده است. این دست پژوهش‌ها به لحاظ شیوه ارزیابی و گزینش معیارهای موثر بر آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب، حائز اهمیت هستند. اما تسهیل و قابل‌تکرار کردن فرآیند ارزیابی آسیب‌پذیری را محوریت کار خود قرار ندادند. پژوهش‌های داخلی اغلب در این گروه قرار دارند. گروه دیگر پژوهش‌های مرتبط به موضوع، اقدام به ایجاد یک ابزار، افزونه یا مدل برای نرم‌افزار ArcGIS کردند که با هدف تکرارپذیر و تسهیل فرآیند ارزیابی آسیب‌پذیری یک محدوده در برابر حوادث مختلف انجام شده‌است. التویو و همکاران (۵) با مدل‌سازی در نرم‌افزار ArcGIS، ابزاری با قابلیت‌های مختلف برای ارزیابی خطرات ناشی از سیلاب ایجاد کردند که شامل عملکردهای پیش‌پردازش<sup>۸</sup> و پس‌پردازشی<sup>۹</sup> و مدول‌های<sup>۱۰</sup> پتانسیل سیلاب، پتانسیل خطر و خطرات سالانه احتمالی است. جبور و همکاران (۱۷) نیز با برنامه‌نویسی و مدل‌سازی مبتنی بر زبان پایتون<sup>۱۱</sup>، ابزاری چند-کاربردی<sup>۱۲</sup> برای نرم‌افزار ArcGIS ایجاد کردند که در پژوهش‌های مختلف از جمله بحران‌های طبیعی، پتانسیل‌های معدنی، رویکردهای هیدرولوژیکی و سایر کاربردهای مهندسی و محیط‌زیستی کاربرد دارد. این پژوهشگران با مدل‌سازی تحلیل‌های آماری دومتغیره<sup>۱۳</sup> نیاز به استفاده همزمان از نرم‌افزارهای متعدد برای انجام محاسبات را کاهش داده‌اند تا در زمان کمتر و با قطعیت بیشتر بتوان به پژوهش‌های مرتبط پرداخت. آلبانو و همکاران (۲) در پژوهش خود مشکلات ارزیابی خطر سیلاب ناشی از نقص فنی سدها را در کشور ایتالیا مورد توجه قرار داده‌اند. مشکل این پژوهش‌ها زمان‌بر و هزینه‌بر بودن قابل‌توجه و همچنین نیاز به مهارت‌های گسترده در این زمینه است. این پژوهشگران با استفاده از زبان پایتون ابزاری برای استفاده در نرم‌افزار ArcGIS ایجاد کردند تا جایگزینی برای مشکلات ارزیابی‌های سنتی ارائه دهند و امکان ارزیابی‌های سریع و پرتکرار را فراهم آورند. عمران و همکاران (۲۵) در پژوهش خود خطر ناشی از سیلاب‌ها را در حوضه‌های آبریز مورد توجه قرار داده‌اند و با استفاده از ModelBuilder، زبان پایتون و جاوا<sup>۱۴</sup>، ابزاری برای استفاده در نرم‌افزار ArcGIS ایجاد کرده‌اند. این ابزار با هدف خودکار کردن فرآیند تولید نقشه‌های پهنه‌بندی خطر ایجاد شده‌است و بر اساس ویژگی‌های هندسی ارتفاعی<sup>۱۵</sup> یک حوضه آبریز عمل می‌کند.

فصل مشترک پژوهش حاضر با پژوهش‌های داخلی، در محوریت قرار دادن ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در محدوده‌های شهری است. پژوهش‌های داخلی در ارزیابی

این مفهوم را می‌توان به عنوان پتانسیل یک میزان برای آسیب دیدن تعریف کرد (۱۳). بر اساس اسناد دفتر کاهش ریسک فجایع ملی متحد<sup>۱</sup>، آسیب‌پذیری به عنوان ویژگی‌ها و شرایط یک جامعه<sup>۲</sup> یا سیستم تعریف می‌شود که آن را در برابر آثار ویرانگر یک خطر، حساس<sup>۳</sup> می‌کند. در فرآیندهای مدیریت ریسک سیلاب، تلاش می‌شود تا آسیب‌پذیری، که برابر خسارات جانی و اقتصادی است، تا میزان مطلوبی کاهش یابد اما باید به این نکته نیز توجه داشت که امکان رفع کامل خسارات ناشی از سیلاب وجود ندارد (۳۲).

ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب یکی از اقدامات مؤثر پیش از وقوع حوادث سیلابی است که از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی<sup>۴</sup> (GIS) بهره می‌برد. این سیستم‌ها در کنار باقی سیستم‌های اطلاعاتی کاربردی (مانند سیستم‌های اطلاعات مدیریتی<sup>۵</sup>، سیستم‌های اطلاعات اسنادی<sup>۶</sup> و سیستم‌های اطلاعات ارتباطی<sup>۷</sup>) می‌توانند در فرآیندهای مدیریت بحران نقش مهمی ایفا کنند. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به دلیل کاربرد در پیش‌بینی و پیش‌گیری، برنامه‌ریزی، و مهار و بازگشت بحران به حالت عادی، در فرآیندهای مدیریت بحران و ارزیابی آسیب‌پذیری نقشی کلیدی دارند (۲۰). انجام پژوهش‌های ارزیابی آسیب‌پذیری سیلاب به دلیل محوریت تحلیل‌های فضایی، مبتنی بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی هستند و نرم‌افزار ArcGIS به عنوان رایج‌ترین نرم‌افزار این حوزه، از ارکان این ارزیابی‌ها محسوب می‌شود.

اما این ارزیابی‌ها نیازمند تخصص نظری و تسلط بر تنظیمات و دستورات پیشرفته نرم‌افزار ArcGIS برای انجام تحلیل‌های فضایی هستند. این مساله یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های فراگیر شدن این ارزیابی‌ها در سراسر کشور است چراکه علی‌رغم آموزش دانشگاهی این نرم‌افزار در کشور، گروه گسترده‌ای از کارشناسان این حوزه تخصص و تبحر لازم برای به‌کارگیری نرم‌افزار ArcGIS و انجام تحلیل‌های فضایی مورد نیاز برای ارزیابی‌های آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب را ندارند. این مهم منجر به زمان‌بر بودن و هزینه‌بر بودن این ارزیابی‌ها در سطح کشور می‌شود. از سوی دیگر نبود سیستمی یکپارچه برای ارزیابی آسیب‌پذیری نواحی شهری در برابر سیلاب در کشور نیز بر این مساله تأثیرگذار است. هدف پژوهش حاضر طراحی و ایجاد ابزار و افزونه‌ای کارا، منعطف و با قابلیت کاربست گسترده با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری نواحی شهری در برابر سیلاب‌ها و برای استفاده در نرم‌افزار ArcGIS است که بتوان با بهره‌گیری از آن، با تسلط معمول و رایج بر نرم‌افزار ArcGIS، در زمانی کوتاه این ارزیابی‌ها را برای محدوده‌های شهری متعدد انجام داد و هم‌گام با به‌روز شدن اطلاعات پایه ارزیابی، نتایج ارزیابی را نیز به سرعت و با سهولت به‌روز کرد.

پژوهش‌های مختلف داخلی و خارجی در ارتباط با ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب تدوین شده‌اند که هدف آن‌ها غالباً ارزیابی یک محدوده جغرافیایی خاص بوده‌است. پژوهش قهرودی و همکاران (۱۲) از جمله این گروه پژوهش‌هاست که با در نظر گرفتن شش معیار شیب، شبکه آبراهه، بافت

1- The United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR)

2- Community

3- Susceptible

4- Geographic information system

5- Management Information System (MIS)

6- Documentary Information System (DIS)

7- Communication Information System (CIS)

8- Pre-function

9- Post-function

10- Module

11- Python

12- Multi-functional

13- Bivariate Statistical Analysis (BSA)

14- Java Script

15- Terrain geomorphometric characteristics

$$\text{Normalized value} = \frac{x - \min}{\max - \min} \quad (\text{رابطه ۱})$$

### ب) فرآیند طراحی افزونه

برای طراحی افزونه مورد نظر ابتدا لازم است تا جریان کار کلی پردازش‌ها و تلفیق داده‌ها طراحی شود. مقصود از جریان کار ارائه یک الگوی منسجم است که بتوان بر اساس آن، مراحل و سلسله پردازش‌های افزونه مطلوب را بر آن بنا نهاد. سپس بر اساس معیارهای وزن‌دهی شده و جریان کار کلی، ابزارهای متناسب پردازش هر یک از زیرمعیارها در مدل مطلوب انتخاب شده و چیش مراحل پردازش مشخص می‌شود. همچنین لازم است تا پیش از طراحی افزونه، قیود و ویژگی‌های موردنظر آن با توجه به هدف نهایی مشخص شوند تا پردازش‌ها در جهت برآوردن آن‌ها عمل کنند. برای طراحی فرآیند پردازش‌های افزونه از ModelBuilder و برای ایجاد ابزارهای مورد نیاز که در ArcGIS وجود نداشتند، از زبان برنامه‌نویسی پایتون استفاده شد که در ادامه به اختصار توضیحاتی ارائه شده‌است.

### پ) برنامه مدل‌ساز

مدل‌ساز یا ModelBuilder برنامه‌ای در فضای نرم‌افزار ArcGIS است که امکان تسلسل فرآیندهای پیچیده و پردازش‌های مختلف را فراهم می‌کند. در این برنامه ابزارهای تحلیلی و پایگاه‌های داده مختلف می‌توانند در یک جریان کار قرار گرفته و با یکدیگر ترکیب شوند (۳۰). قابلیت‌های کاربردی این برنامه از جمله تعیین خروجی یک ابزار به عنوان ورودی ابزاری دیگر، امکان تعیین متغیر برای پردازش‌های مختلف، تعیین پیش‌شرط‌ها، استفاده از ابزارهای منطق-مبنا، سفارشی‌سازی ابزارهای نرم‌افزار ArcGIS و ... آن را به برنامه‌ای مناسب برای ایجاد یک مدل در نرم‌افزار ArcGIS بدل می‌سازد (۸، ۷۶). در این برنامه سه دسته کلی از عناصر با یکدیگر ترکیب می‌شوند که عبارتند از رابط<sup>۱</sup>، ابزار<sup>۵</sup> و متغیر<sup>۶</sup> (۹). شکل ۱ انواع این عناصر را به تصویر کشیده است.

### ت) کدنویسی با پایتون

زبان پایتون به دلیل ویژگی‌هایی از جمله سوزنه-محور<sup>۷</sup> بودن، قابل تفسیر بودن<sup>۸</sup> (عدم نیاز به برنامه‌ای رابط برای اجرا شدن) و فرا-پلتفرم بودن<sup>۹</sup>، زبانی محبوب برای برنامه‌نویسی و کدنویسی است که در نرم‌افزار ArcGIS نیز کاربردی گسترده دارد (۳۴). در پژوهش حاضر از کدنویسی<sup>۱۰</sup> به زبان پایتون برای ایجاد ابزارهایی که در پردازش‌های افزونه لازم بوده‌اند اما در نرم‌افزار ArcGIS وجود نداشتند استفاده شده‌است تا افزونه با بیشترین کارایی ایجاد شود. از جمله ابزارهای کدنویسی شده در این پژوهش می‌توان به ابزار منطقی شرطی<sup>۱۱</sup> و ابزار نمایش خروجی اشاره کرد که در نرم‌افزار ArcGIS موجود نیست.

### ث) موردپژوهی

پس از تهیه و ارائه نتایج پژوهش، وضعیت شهر چالوس با هدف بررسی توانایی‌ها و خروجی مدل حاضر ارزیابی شده است. چالوس از شهرهای کهن استان مازندران است که در جلگه میانی کرانه دریای خزر جای گرفته‌است. شهر چالوس در شرق شهرستان چالوس قرار دارد. بر اساس آخرین

آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب، معیارهایی را به عنوان عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری برگزیده‌اند و بر اساس آن به ارزیابی محدوده‌های مشخص پرداخته‌اند. اما تفاوتی که بین پژوهش‌های داخلی و خارجی مشهود است، در خروجی و رویکرد پژوهش است. پژوهش‌های خارجی که مرور شدند با هدف ایجاد ابزار یا افزونه‌ای برای نرم‌افزار ArcGIS تدوین شده‌اند. در پژوهش حاضر نیز، خلاء نبود یک افزونه بومی برای ارزیابی آسیب‌پذیری نواحی شهری ناشی سیلاب مورد توجه قرار گرفته‌است که وجه تفرق آن با پژوهش‌های داخلی محسوب می‌شود. خروجی پژوهش حاضر به جای آن که معطوف به محدوده جغرافیایی مشخص و معینی باشد، ابزاری جامع و منعطف برای استفاده در نرم‌افزار ArcGIS خواهد بود که در نواحی مختلف جغرافیایی قابل اجرا است. همچنین رویکرد این پژوهش به جای آن که انجام یک ارزیابی واحد باشد، تلاش برای گسترش و تسهیل ارزیابی‌های متعدد در سطح کشور است تا محققان و نهادهای مربوط با صرف هزینه و زمان کمتر بتوانند محدوده‌های مورد نظر خود را ارزیابی کرده و در عوض سرمایه‌های زمانی خود را منعطف به ارائه راه‌حل‌های کارآمد کنند.

### مواد و روش‌ها

#### الف) نوع و روش پژوهش

پژوهش حاضر با توجه به هدف آن از نوع پژوهشی محسوب می‌شود و متشکل از دو بعد نظری و عملی است. بعد نظری پایه و اساس افزونه مورد نظر محسوب می‌شود چرا که پردازش‌هایی که در افزونه ارزیابی آسیب‌پذیری طراحی می‌شوند متأثر از نتایج بعد نظری است. برای تدوین بعد نظری ابتدا به روش کتابخانه‌ای، منابع مختلف داخلی و خارجی مرتبط با موضوع آسیب‌پذیری نواحی شهری در برابر سیلاب مرور شدند و معیارهای مؤثر بر ارزیابی در هر یک از پژوهش‌ها مشخص شدند. سپس پرتکرارترین معیارها بین منابع مرور شده به عنوان معیارهای مؤثر انتخاب شدند. در گام بعد برای وزن‌دهی معیارها نظرات متخصصین مختلف با استفاده از پرسشنامه اخذ شد. سپس بر اساس روش تحلیلی سلسله‌مراتبی AHP<sup>۱</sup> و با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice<sup>۲</sup> ضریب نهایی هر یک از معیارها مشخص شد. لازم به ذکر است که این ضرائب به صورت پیش‌فرض‌هایی قابل‌تغییر در افزونه استفاده خواهند شد. روش AHP با تفکیک مسائل پیچیده به عناصری ساده‌تر، امکان درک و ارزیابی بهتر آن‌ها را فراهم می‌کند. در این روش پس از تعریف مسئله و تدوین هدف تصمیم‌گیری، عوامل و عناصر تشکیل‌دهنده تحلیل ترسیم می‌شوند. پس از تفکیک هدف به عناصری خردتر، عناصر هم‌ردیف به صورت دو-دوئی با یکدیگر مقایسه شده و در آخر ضریب اهمیت (وزن) هر یک از زیرمعیارها به دست می‌آید (۳۵). پیش از آخرین گام پردازش که لایه‌های اطلاعاتی وزن‌دار شده با یکدیگر ترکیب خواهند شد، ضرورت دارد تا اختلاف مقیاس معیارها رفع شود تا نسبت به یکدیگر همسو شوند. بدین ترتیب برای همسو کردن معیارها از روش معکوس کردن (۱۸) و برای نرمال‌سازی یا رفع اختلاف مقیاس از رابطه زیر استفاده شده است.

1- Analytic Hierarchical Process

2- Workflow

3- Preconditions

4- Connector

5- Tool

6- Variable

7- Object-oriented

8- Interpretable

9- Cross-platform

10- Scripting

11- Logical / Conditional tool

گسترش سیلاب شهری شود و رابطه‌ای مستقیم با مقدار نفوذ آب و جریان سطحی دارد و افزایش شیب افزایش خطر گسترش سیلاب را با خود به همراه خواهد داشت. معیار ارتفاع زمین در هدایت آب‌های سطحی مؤثر است، چراکه حجم بیشتری از آب‌های جاری در ارتفاعات پایین‌دست جمع خواهد شد. نزدیکی به آبراهه و مسیل نیز می‌تواند منجر به افزایش خطر طغیان جریان‌های آب به هنگام بارش شدید شود. معیار بافت‌های فرسوده شهری عاملی متأثر از ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی محسوب می‌شود که منجر به آسیب‌پذیری بیشتر این بافت نسبت به سایر نواحی شهر می‌شود. بنا بر مصوبه شورای عالی شهرسازی و معماری ایران بافت‌های فرسوده بر اساس مساحت قطعات، کیفیت بنا و عرض معابر مشخص می‌شوند. معیار کاربری اراضی به دلیل تأثیرگذاری بر فضاهای باز و پوشش گیاهی بر میزان آسیب‌پذیری تأثیرگذار است. معیار تراکم جمعیت نیز به دلیل منعکس کردن تعداد نفرات در خطر در هر محدوده عاملی مؤثر بر آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب شهری محسوب می‌شود. در شکل ۲ مدل نظری پژوهش منعکس شده است.

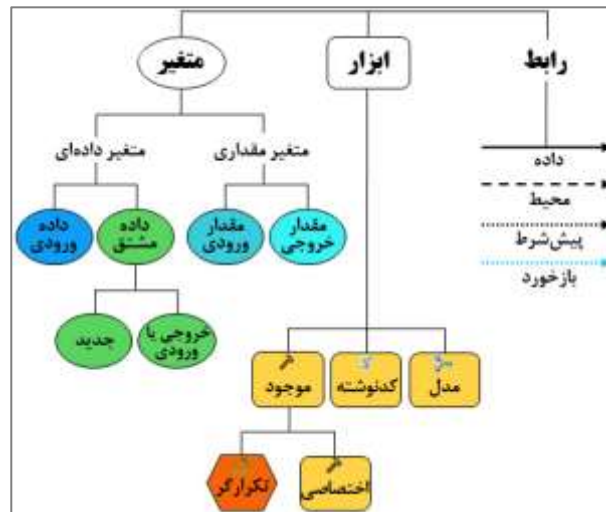
سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ شهر چالوس با جمعیتی بالغ بر ۶۵۱۹۶ نفر پرجمعیت‌ترین شهر غرب مازندران بوده‌است. شهر چالوس با میانگین بارش سالانه ۷۸۵ میلی‌متر، در قیاس با میانگین ۶۳۱ میلی‌متری استان مازندران و میانگین ۳۴۳ میلی‌متری کشور ایران، شهری پربارش در استان و کشور محسوب می‌شود.

## نتایج و بحث

### گام اول، تعیین معیارهای مؤثر بر آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب شهری و مدل نظری پژوهش

با توجه به آن‌که افزونه مطلوب این پژوهش ممکن است در مناطق مختلف به کار بسته شود، جامعیت معیارهای مورد نظر این افزونه، عاملی مهم محسوب می‌شود. بدین ترتیب با مرور پژوهش‌ها و منابع مختلف شش معیار، که پرتکرارترین معیارها در بین این منابع بوده‌اند، برای طراحی ابزار برگزیده شدند.

هر یک از معیارهای منتخب تأثیری متفاوت بر آسیب‌پذیری دارند. معیار شیب زمین می‌تواند منجر به



شکل ۱ - عناصر مختلف مورد استفاده در برنامه ModelBuilder  
Figure 1. ModelBuilder elements



شکل ۲ - مدل نظری عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب‌های شهری  
Figure 2. The theoretical model of the urban flood vulnerability assessment

جدول ۱ - تعداد تکرار معیارهای آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب شهری در منابع مختلف

Table 1. Frequency of flood vulnerability indicators in different researches

منابع	معیارهای موثر بر آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب	فاصله تا ابراهه یا مسیل	شیب زمین	کاربری اراضی	تراکم جمعیت	ارتفاع زمین	باقث فرسوده و زاغه‌نشینی
مجموع تکرار معیار در منابع	۱۱	۱۱	۱۰	۸	۵	۶	
محمودزاده و همکاران (۴۱)	✓	✓	✓	✓	-	✓	
امیراحمدی و همکاران (۳)	✓	✓	✓	✓	-	✓	
نوراللهی و همکاران (۲۳)	✓	✓	-	-	✓	-	
رفیعی و همکاران (۲۶)	✓	✓	-	-	✓	-	
قزواتی (۱۱)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
قهرودی تالی و همکاران (۱۱)	✓	-	✓	✓	✓	✓	
قهرودی تالی و همکاران (۱۰)	✓	✓	✓	✓	-	✓	
صفاری و همکاران (۲۷)	✓	✓	✓	-	-	-	
شاخص آسیب‌پذیری سیلاب یونسکو (FVI) (۴۷)	✓	✓	✓	✓	-	✓	
مؤدده و همکاران (۲۲)	✓	✓	-	✓	-	-	
هپلی و همکاران (۱۶)	-	✓	-	✓	-	-	
لوپز والنسیا (۱۹)	-	-	✓	✓	✓	✓	
ایببی و همکاران (۱)	✓	✓	✓	✓	✓	-	

منبع: محققین بر اساس منابع مذکور



شکل ۳ - نتایج ضرائب پیش فرض معیارهای شش‌گانه ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب، حاصل از روش تحلیلی سلسله‌مراتبی  
Figure 3. Default weight of the six indicators of flood vulnerability assessment tool

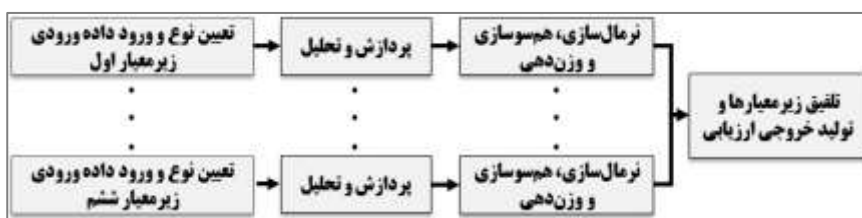
داشته‌باشد. از طرفی سادگی مدل نباید منجر به عدم انعطاف آن شود. یکی از عناصر تاثیرگذار بر انعطاف‌پذیری افزونه، قابلیت تغییر ضریب معیارهای شش‌گانه برای تطبیق با نمونه‌موردی‌های مختلف است. بنابراین ضریب معیارها که به روش AHP به دست آمدند، باید به سادگی قابل تغییر باشند تا شرایط پیش فرض به پژوهشگران تحمیل نشود.

به طور کلی مدل مطلوب را می‌توان متشکل از چهار گام کلی دانست که عبارت‌اند از (۱) تعیین نوع و ورود داده متناسب هر زیرمعیار، (۲) انجام پردازش‌ها و تحلیل‌های متناسب هر زیرمعیار، (۳) هم‌سوسازی و نرمال‌سازی لایه‌ها، (۴) تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و تولید خروجی ارزیابی. پردازش و تحلیل متناسب هر زیرمعیار متفاوت است، اما به دلیل ثابت بودن برخی مراحل برای تمامی زیرمعیارها می‌توان جریان کار را با توجه به این مراحل ثابت و مراحل چهارگانه کلی تنظیم کرد. در شکل ۴ نمودار مفهومی مراحل کلی پردازش‌های افزونه نمایش داده شده‌است.

برای تعیین وزن هر یک از زیرمعیارها، ابتدا با طراحی و توزیع پرسشنامه مقایسه زوجی (دو-دوئی) از کارشناسان و متخصصان متعدد درخواست شد مبتنی بر سلسله‌مراتب شکل ۲، مطابق با اصول روش تحلیلی سلسله‌مراتبی<sup>۳</sup> و مقیاس نه کمیته توماس‌ال‌ساعتی<sup>۴</sup> به معیارها و زیرمعیارهای موثر بر آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب امتیاز بدهند. سپس با استفاده از نرم‌افزار Excel مقادیر میانگین هندسی امتیازات محاسبه شد و برای محاسبه وزن نهایی هر یک از زیرمعیارها از نرم‌افزار Expert Choice بهره گرفته شد و وزن‌های نهایی با نرخ ناسازگاری<sup>۵</sup> ۰/۰۰ محاسبه شدند. نتایج نهایی وزن‌های معیارهای شش‌گانه در شکل ۳ نمایش منعکس شده‌است.

### گام دوم، تعیین قیود افزونه و طراحی جریان کار پردازش‌ها

کاربر نهایی این مدل فردی با دانش متوسط نرم‌افزار ArcGIS است که بر تنظیمات و دستورات پیچیده این نرم‌افزار تسلط ندارد. در نتیجه افزونه نباید تنظیماتی پیچیده



شکل ۴ - نمودار مفهومی ساده‌شده مراحل پردازش افزونه  
Figure 4. Simplified structure of the tool process flow

1- Flood Vulnerability Index (FVI)  
4- Thomas L. Saaty

2- Pair-wise  
5- Consistency Ratio

3- Analysis Hierarchical Process (AHP)

پهنه‌ای) که این مساله محدودیتی محسوب می‌شود که باید رفع شود. از آنجایی که کاربر نهایی، فردی با دانش متوسط این نرم‌افزار است و ممکن است تسلط و توانایی تبدیل نوع داده‌ها و تطبیق آن با ورودی لازم را نداشته باشد. لذا افزونه باید به صورت هوشمند نوع داده‌ها را تشخیص بدهد و در صورت نیاز پردازش‌های تبدیل نوع داده‌ها را اعمال کند. اما چنین ابزاری در نرم‌افزار ArcGIS وجود ندارد. برای حل این مشکل با استفاده از زبان پایتون یک ابزار منطقی-شرطی برای داده ورودی محدوده شهر کد نویسی و به کار گرفته شد تا افزونه با اجرای هوشمند این فرآیند، کاربر را از تبدیل نوع داده‌ها بی‌نیاز کند. همچنین نمایش خروجی‌های نهایی به تفکیک زیرمعیارها و خروجی ارزیابی نهایی با نام فارسی نیز از چالش‌های دیگری بود. ضرورت این امر، ضمن اهمیت نمایش لایه‌ها به زبان فارسی، در افزایش امکان تحلیل نقشه نهایی ارزیابی با مقایسه با نقشه تحلیل هر یک از زیرمعیارها است. برای حل این مساله نیز ابزاری مناسب به زبان پایتون کد نویسی و استفاده شد.

در این افزونه در نهایت پس از پردازش و آماده‌سازی داده‌ها، در گام آخر تمامی لایه‌ها بر اساس ضریب خود با استفاده از ابزار محاسبه‌گر رستر با یکدیگر تلفیق می‌شوند و خروجی ارزیابی را تولید می‌کنند. برای امکان تحلیل بهتر نقشه خروجی، پیش‌شرط نمایش نقشه به صورت طیف رنگ خاصی برای مدل تعریف شده است تا با نمایش طیف رنگی وسیع‌تر، تمایز مقادیر مختلف امتیازات آسیب‌پذیری بیشتر شده و خوانش و تحلیل نقشه ساده‌تر گردد. در آخر نیز برای راحتی استفاده از نتایج، فایل mxd تحلیل باید در محلی که کاربر مشخص می‌کند ذخیره شود. برای این کار نیز از کد نویسی به زبان پایتون استفاده شده است.

بدین ترتیب این مدل از ترکیب ۵۶ گام، ۱۵ ابزار و ۱۳ متغیر طراحی شده است که سه ابزار آن توسط محققین به زبان پایتون کد نویسی شده است. شکل ۶ روابط عناصر افزونه طراحی شده (شامل متغیرها، ابزارها و رابطها) را نشان می‌دهد.

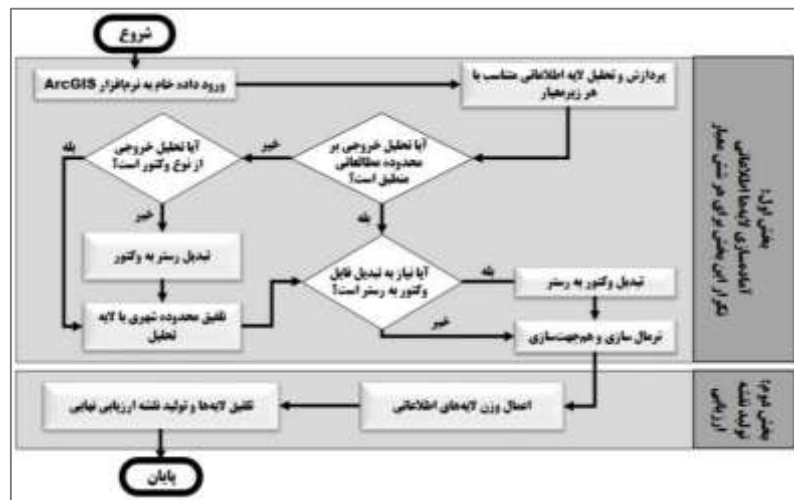
یکی از مراحل که در پردازش‌های مختلف تکرار می‌شود، تبدیل داده‌های رستر به وکتور و بالعکس است چرا که برخی پردازش‌ها تنها بر یکی از این دو نوع داده قابل اجرا هستند. مرحله ثابت دیگر برای همه زیرمعیارها، به محدودیت ابزار تلفیق لایه‌ها (ابزار محاسبه‌گر رستر) در گام آخر باز می‌گردد. در این ابزار لایه‌های اطلاعاتی مختلف با اعمال ضریب، روی هم‌اندازی<sup>۲</sup> شده و خروجی نهایی ایجاد می‌شود. برای این مرحله خروجی تمام پردازش‌ها باید با یکدیگر کاملاً منطبق باشد. بنابراین پردازش‌های انطباق خروجی پردازش‌ها با محدوده مطالعاتی باید در نظر گرفته شود. بدین ترتیب با توجه به گام‌های کلی چهارگانه و مراحل ثابت برای همه لایه‌های اطلاعاتی می‌توان جریان کار افزونه را طراحی کرد که در شکل ۵ ارائه شده است.

پس از بررسی جریان کار تحلیل برای تک‌تک معیارها، مراحل سیال (رنگ آبی در شکل ۵) مطابق نیاز پردازش هر معیار به صورت مراحل ثابت طراحی خواهد شد.

### گام سوم، ساخت افزونه

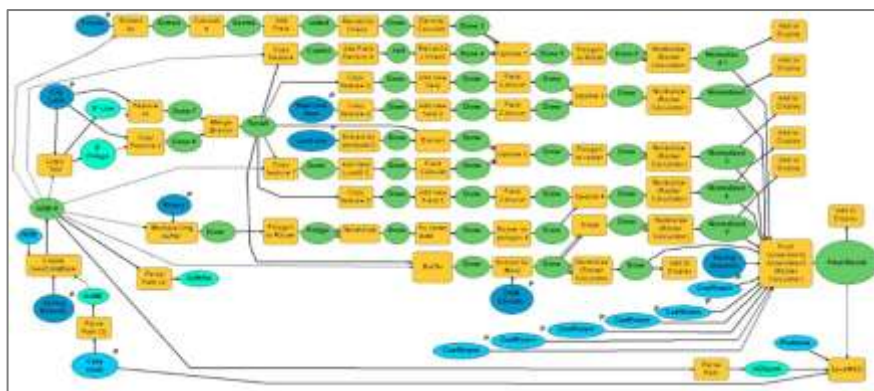
بر اساس جریان کار، ورود داده و پردازش آن اولین مراحل در افزونه مطلوب است. هر یک از معیارهای شش‌گانه بین پنج تا هشت مرحله پردازش می‌شوند که با توجه به نوع و مفهوم مورد انتظار از هر یک، مراحل متفاوت هستند. همچنین با توجه به ضرورت تطبیق محدوده مطالعاتی با خروجی پردازش‌ها، داده مربوط به محدوده مطالعاتی نیز علاوه بر معیارهای شش‌گانه در افزونه به عنوان ورودی ضروری در نظر گرفته شده است. عملیات تطبیق محدوده برای هر زیرمعیار در پنج تا شش مرحله پردازش انجام می‌شود. البته لازم به ذکر است که زیرمعیارهای شیب و ارتفاع ورودی مشترک دارند، در نتیجه برای اجرای افزونه شش ورودی داده‌ای از کاربر نهایی درخواست می‌شود.

در پردازش‌های نرم‌افزار ArcGIS هر ابزار تنها پذیرای نوع خاصی از داده‌ها است. بدین ترتیب نوع داده‌های ورودی باید متناسب با ابزارها باشد. اما ممکن است یک داده در انواع مختلفی وجود داشته باشد (برای مثال به شکل خطی و



شکل ۵- جریان کار پردازش و تلفیق داده‌ها در افزونه

Figure 5. The conceptual workflow of the tool processes



شکل ۶- روابط عناصر و ابزارهای افزونه طراحی شده  
Figure 6. The actual workflow and elements of the tool

پیش فرضی قابل تغییر در مدل ذخیره شده‌اند و در صورتی که کاربر به دلیل شرایط خاص محدوده مطالعاتی نیاز به تغییر ضرائب داشته باشد، به سادگی می‌تواند تغییرات را انجام دهد. پس از معرفی لایه‌های اطلاعاتی به ابزار توسط کاربر، نتایج تحلیل افزونه در قالب نقشه‌ای رنگی تولید و نمایش داده می‌شود که درجات آسیب‌پذیری کم تا زیاد را به ترتیب با طیف رنگی آبی، سبز، زرد و قرمز نمایش خواهد داد. خروجی افزونه طراحی شده با فرمت‌های TLX در دسترس است که امکان اضافه شدن ساده این افزونه را به مجموعه ابزارهای<sup>۲</sup> نرم‌افزار ArcGIS فراهم می‌کند. ظاهر ابزار را برای کاربر نهایی و شکل ۸ جایگاه آن را در مجموعه ابزار نرم‌افزار نشان می‌دهد.

کاربر نهایی با پنجره‌ای ساده و کاربرپسند روبرو می‌شود که تنها برای معرفی داده‌های ورودی به افزونه از آن استفاده می‌کند. در پنجره ابزار طراحی شده، سعی شده‌است با توضیحات و راهنمایی به زبان فارسی، محیطی آشنا برای کاربر ایجاد شود. بدین ترتیب در صفحه اولیه اجرای افزونه ابتدا نام محدوده مطالعاتی به زبان فارسی از کاربر دریافت می‌شود تا خروجی‌ها و اطلاعاتی که تولید خواهند شد در یک پایگاه داده<sup>۱</sup> با همین نام و در پوشه‌ای که در قسمت بعد توسط کاربر مشخص می‌شود، ایجاد و ذخیره شوند. همچنین فایل mxr خروجی نیز در همین پوشه با نام محدوده مطالعاتی و ساعت اتمام پردازش ذخیره خواهد شد. در ادامه نیز کاربر لایه‌های اطلاعاتی ورودی را به افزونه معرفی می‌کند. همچنین ضرائب هر یک از معیارها به صورت



شکل ۸- افزونه طراحی شده در مجموعه ابزار نرم‌افزار ArcGIS  
Figure 8. The tool in the ArcToolbox

لایه‌های اطلاعاتی به ابزار معرفی شدند، و ضرائب معیارها بدون تغییر در افزونه تایید شدند. اشکال ۹ تا ۱۴ خروجی‌های مربوط به زیرمعیارهای شش‌گانه را نشان می‌دهد.



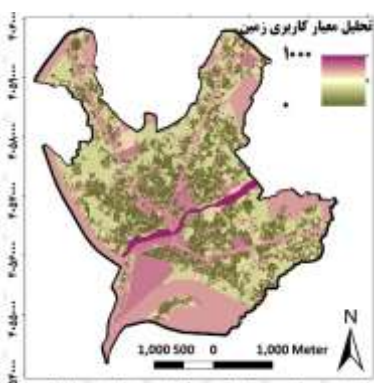
شکل ۷- ظاهر (رابط کاربری) افزونه طراحی شده برای کاربر نهایی  
Figure 7. Dialog box shown to the user

### پایه‌سازی و سنجش نمونه‌موردی

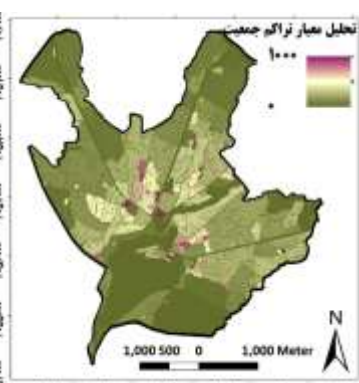
با هدف سنجش و به نمایش گذاشتن خروجی‌های افزونه طراحی شده، آسیب‌پذیری شهر چالوس با کمک این افزونه سنجیده شده است. پس از آماده‌سازی اولیه لایه‌ها، هر یک از

که در بخش‌هایی در شمال و جنوبی شهر چالوس به چشم می‌خورند. این مناطق اگرچه در اولویت آخر آسیب‌پذیری در برابر سیل هستند، اما نباید در اقدامات پیش از وقوع سیل از این نواحی نیز غافل شد یا چنین تصور کرد که هیچ خطری متوجه آنان نیست، بلکه اهمیت این نقشه به لحاظ اولویت‌بندی اقدامات لازم است. شکل ۱۵ خروجی نقشه ارزیابی آسیب‌پذیری شهر چالوس را نشان می‌دهد که با کمک افزونه محصول این پژوهش، انجام شده است. در جدول ۲ نیز مقادیر کمی پهنه‌های مختلف آسیب‌پذیری مشخص شده‌است. اطلاعات خروجی تولیدشده ارزیابی که شامل فایل‌های mxd و لایه‌های اطلاعاتی می‌شود به صورت خودکار در یک پایگاه‌داده با نام چالوس ذخیره شدند. شکل ۱۶ ذخیره این اطلاعات را نشان می‌دهد.

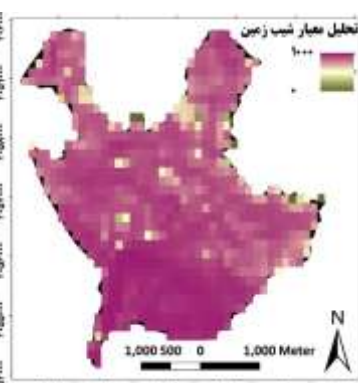
با توجه به خروجی افزونه، بخش میانی و مرکزی شهر چالوس بیشترین خطرپذیری در برابر سیلاب را دارد که با رنگ قرمز و نارنجی مشخص شده است که در حدود ۱۴ درصد شهر را پوشش می‌دهند. این نواحی باید در اولویت رسیدگی پیش از وقوع سیل قرار گیرند. بخش‌های نیمه‌ی شمالی شهر چالوس که با رنگ‌های زرد تا سبز مشخص شده‌اند، آسیب‌پذیری متوسط در برابر سیلاب دارند. این نواحی که در بخش شمالی شهر چالوس متمرکز هستند با پوشش دادن حدود ۵۶ درصد از سطح شهر بیشترین سهم پهنه‌های آسیب‌پذیری را به خود اختصاص داده‌اند. این مناطق باید در اولویت دوم رسیدگی‌های پیش از وقوع سیل باشند. در آخر نیز بخش‌هایی که با رنگ آبی روشن و تیره مشخص شده‌اند، در قیاس با سایر نواحی شهر، کمترین آسیب‌پذیری در برابر سیل را دارند



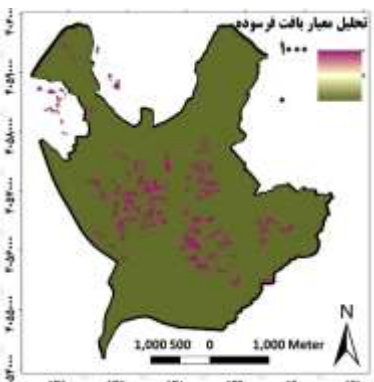
شکل ۹ - امتیاز خروجی تحلیل معیار کاربری اراضی توسط افزونه  
Figure 9. The land-use analysis of extension output



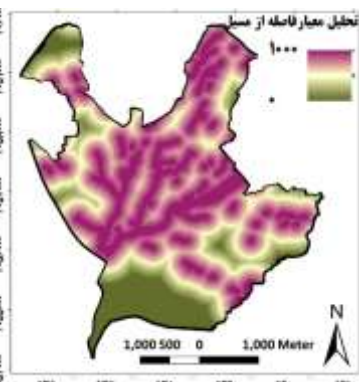
شکل ۸ - امتیاز خروجی تحلیل معیار تراکم جمعیت توسط افزونه  
Figure 8. The population density analysis of extension output



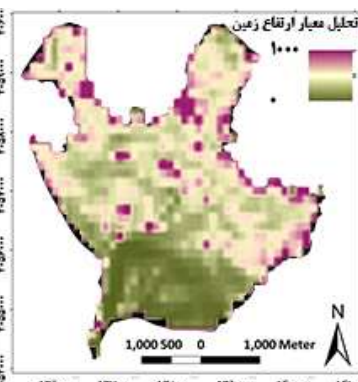
شکل ۷ - امتیاز خروجی تحلیل معیار شیب توسط افزونه  
Figure 7. The slope analysis of extension output



شکل ۱۲ - امتیاز خروجی تحلیل معیار بافت فرسوده توسط افزونه  
Figure 12. The deprived area analysis of output extension



شکل ۱۱ - امتیاز خروجی تحلیل معیار نزدیکی به مسیل یا آبراهه توسط افزونه  
Figure 11. The buffer analysis of extension output



شکل ۱۰ - امتیاز خروجی تحلیل معیار ارتفاع زمین توسط افزونه  
Figure 10. The height analysis of extension output

جدول ۲ - نتایج کمی سطوح پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهر چالوس در برابر سیلاب

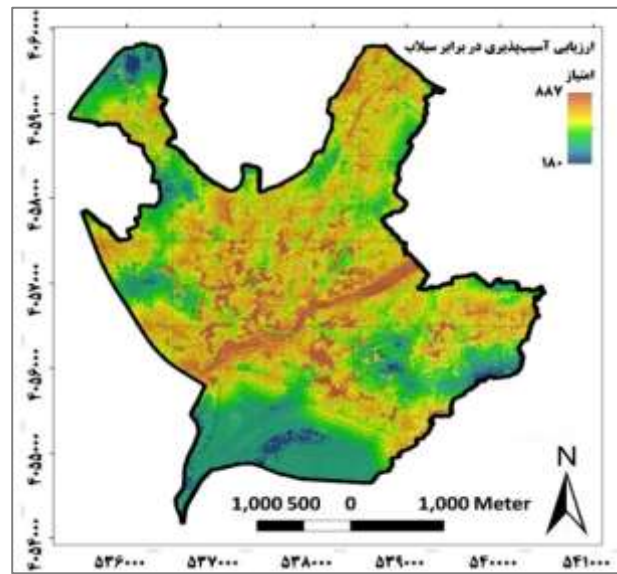
Table 2. Vulnerability assessment results of Chaloos city based on the tool outcomes

پهنه آسیب‌پذیری در شهر چالوس	تعداد سلول در پهنه	سهم از کل
خیلی کم	۴۹۷۷	۸/۲۸
کم	۱۲۴۵۵	۲۰/۷۳
متوسط	۳۴۱۳۲	۵۶/۸۱
زیاد	۷۹۷۵	۱۳/۲۷
بسیار زیاد	۵۴۷	۰/۹۱

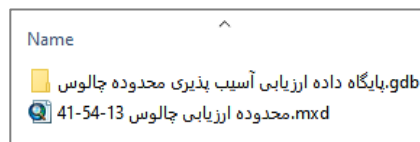


همچنین زمان تنظیم و مشخص کردن برخی تنظیمات برای اجرای صحیح ابزارها است که با استفاده از این افزونه و اتوماسیون فرآیندهای تکراری کاهش خواهند یافت. همچنین با استفاده از این افزونه تیم پژوهشی می‌تواند با تعداد اعضای کمتری به ارزیابی محدوده مورد نظر بپردازد و منابع زمانی و مالی ذخیره شده را بر راه‌حل‌های خلاقانه کاهش آسیب‌پذیری متمرکز کند و یا در صورت نیاز نتایج را به سادگی و با هزینه اندک به‌روز.

پس از نصب و اجرای افزونه در نرم‌افزار ArcGIS، مراحل پردازش داده‌ها، تحلیل و روی هم‌اندازی آن‌ها ظرف مدت نه دقیقه انجام شد. این زمان در مقایسه با حالتی که فرآیند مشابه که بدون استفاده از این افزونه صورت بپذیرد (حالت سنتی) بسیار کمتر است که غالباً این فرآیند در پژوهش‌های داخلی به صورت سنتی انجام می‌شود. این تفاوت زمان عمدتاً به دلیل زمان مورد نیاز برای تدوین مبانی نظری، تعیین معیارها، فاصله زمانی بین انجام مراحل مختلف توسط کاربر و



شکل ۱۳- نقشه ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب شهر چالوس با استفاده از ابزار طراحی شده  
Figure 13. The final flood vulnerability assessment tool output



شکل ۱۴- اطلاعات ذخیره شده با نام و آدرس مشخص شده توسط کاربر و زمان لحظه‌ای اتمام پردازش  
Figure 14. Storage of outputs using user-defined case study name, directory and actual process time

## منابع

1. Abebe, Y., G. Kabir and S. Tesfamariam. 2018. Assessing urban areas vulnerability to pluvial flooding using GIS applications and bayesian belief network model. *Cleaner Production*, 174(1): 1629-1641.
2. Albano, R., L. Mancusi, J. Adamowski, A. Cantisani and A. Sole. 2019. A GIS tool for mapping dam-break flood hazards in Italy. *Geo-Information*, 8(250): 1-23.
3. Amir-Ahmadi, A., S. Keramati and T. Ahmadi. 2011. Flood risk zoning of Neishabour city for urban development, *Research and Urban Planning*, 2(7): 91-110 (In Persian).
4. Azami Rad, M., B. Ghahreman and K. Esmaeili. 2018. Investigation Flooding Potential in the Kashafrud watershed, Mashhad the Method SCS and GIS. *Journal of Watershed Management Research*, 9(17): 26-38 (In Persian).
5. Eleutério, J., D. Martinez and A. Rozan. 2010. Developing a GIS tool to assess potential damage of future floods. *7th International Conference on Computer Simulation of Risk Analysis and Hazard Mitigation*, 8 p, Algarve, Portugal.
6. Esri. 2015. Getting to know ArcGIS ModelBuilder supplement for ArcGIS 10.3. 1st edn., Esri Press, New York, USA, 336 pp.
7. Esri. 2016. What is ModelBuilder? Retrieved from ArcGIS for Desktop: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/analyze/modelbuilder/what-is-modelbuilder.htm>
8. Esri. 2016. A quick tour of advanced techniques in ModelBuilder. Retrieved from ArcGIS for Desktop: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/analyze/modelbuilder/a-quick-tour-of-advanced-techniques-in-modelbuilder.htm>

9. Esri. 2019. Model elements. Retrieved from ArcGIS Desktop: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/analyze/modelbuilder/model-elements.htm>
10. Ghahroudi-Tali, M., A. Majidi-Heravi, H. Hekmatnia, R. Farhoodi and M. Javeri. Urban flood vulnerability in western north of city of Tehran, *Geography*, 46(1): 181-201 (In Persian).
11. Ghahroudi-Tali, M., M. Servati, M. Sarrafi, M. Poormousa and K. Derafshi. 2012. Flood vulnerability assessment in city of Tehran. *Rescue and Relief*, 4(3): 79-73 (In Persian).
12. Ghanavati, E. 2013. Flood risk zoning of Karaj city employing fuzzy logic. *Geography and Natural Hazards*, 2(8): 113-132 (In Persian).
13. Green, C. 2004. The evaluation of vulnerability to flooding. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 13(4): 323-329.
14. Haile Erena, S. and H. Worku. 2019. Urban flood vulnerability assessments: the case of Dire Dawa city, Ethiopia. *Natural Hazards*, 97(1): 495-516.
15. Hamidi, N., M. Vafakhah and A. Najafi. 2013. Development of urban flood hazard map for nor city using analytical hierarchy process and fuzzy logic. *Journal of Watershed Management Research*, 7(14): 11-19 (In Persian).
16. Islamic parliament research center of the Islamic republic of Iran. 2017. Investigation of flood situation in the country; taken actions, and the experiences of other countries. Majlis research center Press, Tehran, Iran, 33 pp (In Persian).
17. Jebur, M.N., B. Pradhan, H.Z. Shafri, Z.M. Yusoff and M.S. Tehrany 2015. An integrated user-friendly ArcMap tool for bivariate statistical modelling in geoscience applications. *Geoscientific Model Development*, 8(3): 881-892.
18. Kalantari, K. 2017. Quantitative methods in planning (regional, urban, and rural). 1st edn., Farhang Saba Press, Tehran, Iran, 358 pp (In Persian).
19. López Valencia, A. 2019. Vulnerability assessment in urban areas exposed to flood risk: methodology to explore green infrastructure benefits in a simulation scenario involving the Cañaveralejo River in Cali, Colombia. *Natural Hazards*, 99(1): 217-245.
20. Mahmoodi, S. 2003. The role of information systems in crisis management. *Organizational Culture Management*, 4(1): 59-92 (In Persian).
21. Mahmoudzade, H., F. Yari and E. Vahedi. 2017. Application of remote sensing and GIS techniques for flood risk zoning in Urmia city employing a multi-criteria approach. *Physical Geography Research*, 102(1): 719-730 (In Persian).
22. Mundhe, N., S. Deshmukh and A. Vyas. 2017. GIS Based urban flood vulnerability analysis in western zone of ahmedabad city. *International Journal of Research in Geography*, 3(3): 41-51.
23. Nourolahi, Y., H. Yousefi, K. Soltani and Z. Javadzade. 2014. Flood risk zoning and presenting of management strategies for the first and third municipality regions of Tehran. *Eco Hydrology*, 1(3): 181-193 (In Persian).
24. OECD, 2016. Financial management of flood risk. 1st edn, OECD Publishing, Paris, France, 138 pp .
25. Omran, A., S. Dietrich, A. Abouelmagd and M. Märker. 2016. New ArcGIS tools developed for stream network extraction and basin delineations using Python and java script. *Computers and Geosciences*, 94(1): 140-149.
26. Rafiee, Y., A. Salehi, M. Farzad Behtash and M. Agha Babaie. 2013. Urban flood risk zoning employing GIS and Fuzzy AHP. *Environmental Studies*, 39(3): 179-188 (In Persian).
27. Safari, A., F. Sasanpoor and J. Mousavand. 2011. Flood vulnerability assessment of urban spaces employing GIS and fuzzy logic. *Applied Researches in Geographical Sciences*, 11(20): 121-151 (In Persian).
28. Siminovic, S.P. and N. Nirupama. 2007. Increase of flood risk due to urbanization: a Canadian example. *Natural Hazards*, 40(1): 25-41.
29. Statistical Centre of Iran. 2016. Abstract results of population and housing Census (In Persian).
30. Tomaszewski, B. 2015. Geographic information systems (GIS) for disaster management. 1st edn., CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 310 pp.
31. UNESCO. Flood Vulnerability Indices (FVI). Retrieved from UNESCO-IHE: <http://unihefvi.free.fr/indicators.php>
32. UNISDR. 2009. UNISDR terminology on disaster risk reduction. 1st edn., United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) Press, Geneva, Switzerland, 35 pp.
33. UNISDR; CRED. 2015. The human cost of weather-related disasters 1995-2015. 1st edn., United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) Press, Geneva, Switzerland, 30 pp.
34. Zandbergen, P.A. 2016. Python: scripting for ArcGIS. 1st edn., Esri Press, New York, USA, 360 pp.
35. Zebardast, A. 2001. The application of analytic hierarchical process (AHP) in urban and regional planning. *Fine Arts*, 10(1): 13-21 (In Persian).

## Creating Urban Flood Vulnerability Assessment tool for ArcMap Software using ModelBuilder and Python

Ali Khalili<sup>1</sup>, Arian Osroosh<sup>2</sup> and Morteza Poorzare<sup>3</sup>

1- Ph.D. Allameh Tabataba'i University, (Corresponding author: alikhali57@yahoo.com)

2- M.Sc. student, Shahid Beheshti University

3- Associate Professor, Imam Ali University

Received: 27 Jun, 2020 Accepted: 5 October, 2020

### Extended Abstract

**Introduction and Objective:** Over the past 20 years, flood disasters have consisted of 47% of the world's weather-related disasters, which has affected over 2.19 lives in Asia. Likewise, Iran has not been an exception and has always experienced severe damages due to floods. Hence, flood vulnerability assessment (FVA) is vital to mitigate incoming damages. However, the assessments require thorough theoretical knowledge and excellent software skills, limiting widespread usage of such evaluations and increasing financial and temporal requirements. This research aims to create an ArcGIS tool for non-expert ArcMap users to enable them to assess the flood vulnerability without any in-depth knowledge of the software.

**Material and Methods:** Firstly, different papers regarding urban FVA were reviewed, and accordingly, the most frequent assessment indicators were identified. Hence, to assign weights to the indicators, the questionnaire method has been employed to ask experts' opinions. Then, indicators were scored, employing the AHP method, using Expert Choice software. Afterward, to create the tool, ModelBuilder was used to design and arrange process flow, and Python language was used to create required ArcMap processing tools that are not built-in in the software.

**Results:** The created tool consists of 56 processes, 15 ArcMap built-in processing tools, and three Python scripted processing tools, namely a logical tool. To run the tool, users must determine six input files, a saving directory, and the name of the case study. The tool saves the outputs in a GDP named after the case study within the user-defined directory. Moreover, to increase the tool's usability for different case studies, the weights of the default indicators' weights can easily be changed in the dialog box. Moreover, the dialog box's language is Persian to provide a user-friendly interface. The tool generates an FVA map and six vulnerability indicator maps to enable users to analyze vulnerability status according to each indicator. The tool is available in TLX format and can be easily added to ArcToolbox. Furthermore, to test the tool's performance, Chaloos city was assessed using it. According to the results, 14 percent of the city, most of which are located proximate to the Chaloos river, is marked as highly vulnerable; 56 percent of the city is marked as vulnerable, and 30 percent of the city is marked as least vulnerable.

**Conclusion:** According to the performance test, the processes were completed in nearly nine minutes, and all the outcomes were generated and saved correctly.

**Keywords:** AHP, ArcMap, Flood vulnerability assessment, ModelBuilder, Python