

توسعه پایدار شهری با تمرکز بر مدیریت سیلاب های شهری (مطالعه موردی شهر آق قلا)

حامد تقی زاده^{1*}، عباس نقوی²، امین حسنی³، سهند تقی زاده⁴

- 1- کارشناس ارشد مهندسی عمران، سازه های هیدرولیکی، شرکت مهندسی مشاور تراز آب جامع، tajengco@gmail.com
- 2- کارشناس ارشد مهندسی عمران، سازه های هیدرولیکی، شرکت مهندسی مشاور تراز آب جامع، tajengco@gmail.com
- 3- کارشناس ارشد مهندسی عمران، مدیریت منابع آب، شرکت آب منطقه ای استان گلستان، aminh85@yahoo.com
- 4- دانشجوی کارشناسی مهندسی شهرسازی، دانشگاه ارومیه، sahand_tag@yahoo.com

چکیده

موضوع سیلابهای شهری از جمله موارد مهمی است که در سالهای اخیر به عنوان مسئله ای جدی در شهرهای بزرگ مطرح و پیامدهای آن توسعه پایدار شهری را نیز تحت تاثیر قرار داده است. بررسی سیلابهای کشور از جمله مقایسه رفتار شناسی سیلابهای استان های آذربایجان شرقی، اردبیل، خوزستان، گلستان و مازندران نشان داده که از عوامل بسیار موثر در مدیریت سیلاب، انتخاب روش های مناسب بررسی رفتار سیلاب و شناخت سیلابهای منطقه ای است. در این تحقیق با تمرکز بر اصل اول مدیریت سیلاب به بررسی رفتار سیلاب شهری حوضه رودخانه گرگانرود در محدوده شهر آق قلا پرداخته شده است. نتایج حاکی از این می باشد که در سیلاب 111 ساله عمده شهر آق قلا دچار آبگرفتگی شده و مناطقی از شهر نیز با شاخص مخاطره بالا در معرض تهدید قرار دارند. همچنین با در دست داشتن خروجی های این تحقیق می توان با اطمینان بیشتری به مباحث مدیریت سیلاب شهری، تدوین برنامه واکنش سریع، تدوین بیمه نامه سیلاب و ... پرداخت.

واژه های کلیدی: توسعه پایدار شهری، مدیریت سیلاب، رفتارشناسی سیلاب، مدلسازی عددی

1- مقدمه

یک رودخانه به دفعات مقطع عرضی، پروفیل طولی، دوره جریان و الگوی خود را به وسیله فرآیندهای آب شستگی، انتقال و ته نشینی رسوب تغییر می دهد. به منظور پایدار نمودن توسعه فرهنگی و اقتصادی در مناطق مجاور یک رودخانه درک این فرآیندها ضروری می باشد. پدیده سیلاب به دلیل گسترش شهرهای بزرگ چهره جدیدی پیدا و تحت عنوان سیلاب شهری جایگاهی جدید را در مطالعات شهری باز نموده است. مدیریت سیلاب شهری به دلیل ویژگی خاص شهرها، بر یکپارچگی مدیریت داده ها استوار است که این یکپارچگی به کمک عوامل جغرافیایی و تکنیک های ارتباط داده ای محقق می گردد. چگونگی رفتار با ریسک سیلاب در مناطق پرجمعیت، به اندازه قدمت برخی از سکونتگاه های انسانی سابقه دارد. انسان همواره در کل تاریخ سهولت تامین آب را در جستجوی مکان های قابل سکونت مدنظر داشته و از این رو اولویت را به حاشیه رودخانه ها و دریاچه ها داده است. از این رو بیشتر شهرها در دره ها و سیلابدشت ها یا سواحل دریا قرار دارند.

مدیریت شهری و خدماتی در برخی از موارد با اهداف انتفاعی و استفاده از اراضی بستر و حاشیه رودخانه سبب کاهش ظرفیت عبوری آبراهه‌های طبیعی و حتی در موارد زیادی انسداد و تغییر کاربری آبراهه‌های طبیعی و مسیلهای موجود در سطح شهرها شده است. با گسترش و توسعه روز افزون شهرها و افزایش دامنه فعالیت‌های شهری، حریم رودخانه‌ها، مسیلهای و آبراهه‌هایی که از داخل محدوده شهرها از جمله شهر آق‌قلا در استان گلستان عبور می‌کنند همواره در معرض خطر قرار دارند و علیرغم تاکید قوانین موجود بر عدم هرگونه دخل و تصرف در حریم رودخانه‌ها و آبراهه‌ها، افراد یا سازمان‌های مختلف به انحاء گوناگون اقدام به ایجاد تغییراتی گاه عمده در حریم رودخانه‌ها و آبراهه‌های موجود در محدوده شهرها می‌نمایند. خطرات و خسارات ناشی از چنین تغییراتی در هنگام بارندگی‌های وسیع و وقوع سیل بسیار زیاد بوده و موجب ایجاد صدمات گاه جبران ناپذیری به تاسیسات شهری و مسکونی و جان و مال شهروندانی می‌شود که به نحوی با این آبراهه‌ها ارتباط دارند. لذا مطالعات جامع و به هم پیوسته هیدرولوژی، هیدرولیکی، شهرسازی، مدیریت شهری، مدیریت بحران و بیمه، به منظور ایجاد الگوی بهینه برای پیشگیری، مدیریت حین بحران و جبران خسارات وارده، امری ضروری و اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد [1-2-3-4].



شکل 1: سیلاب در شهر آق قلا و نمایی از حاشیه رودخانه گرگانرود در این منطقه

از جمله فعالیت‌های صورت پذیرفته در ارتباط با مدیریت سیلاب شهری می‌توان به تحقیق صورت پذیرفته توسط منیژه قهرودی تالی (1388) اشاره نمود که به بررسی سیل خیزی بخش‌هایی از شمال و شمال شرق تهران، شامل حوضه‌های درکه، دربند و جاجرود پرداخت. ایشان منطقه مورد نظر را به عنوان یک واحد مطالعه و مدیریت سیلاب در نظر گرفتند و به زیر واحدهای مدیریتی تقسیم کرد. در این تحقیق سایر عناصر فیزیکی شهر نیز از جمله مناطق مسکونی و شبکه خیابان‌ها در ساختار داده زیر واحدها قرار گرفت و المان‌های زیر حوضه، خطوط تمرکز و نقاط خروجی به عنوان عناصر ارتباطی در الگوی داده‌ای قرار گرفتند. تحلیل‌های انجام شده نشان داد که برای کاهش سیلاب در تهران می‌توان سیلاب‌های بالادست تهران را کنترل نمود [5]. مهدی ارشادی فارسانی و همکاران نیز در سال 1389 مطالعات هیدرولیک مسیل مهرانرود که از شریانهای مهم زهکشی سطحی شهر تبریز می‌باشد، به

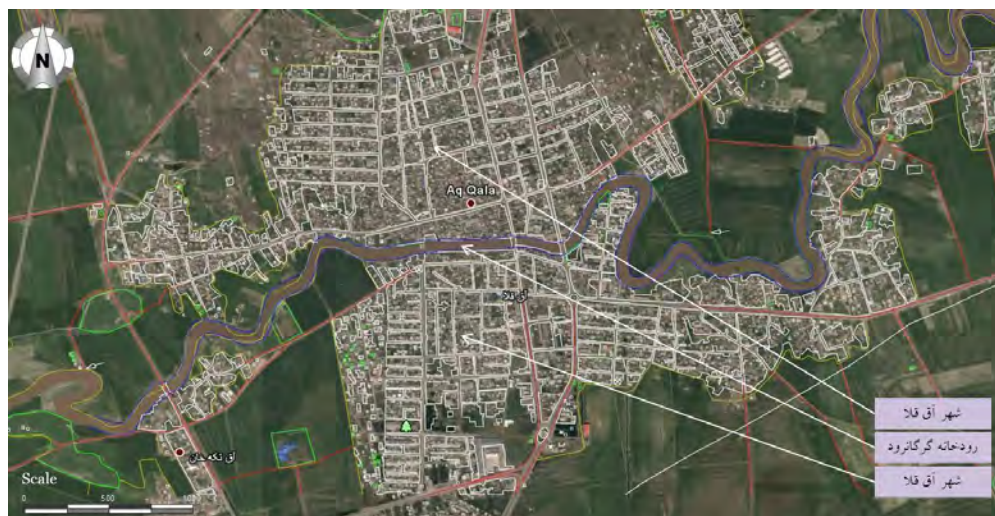
کمک مدل ریاضی مورد توجه قرار دادند و پس از پهنه بندی خطر سیلاب در شهر تبریز، مناطق آسیبپذیر آن بر اساس نوع کاربری زمین، سازه-ها و ساختمان‌های کنار رودخانه را مشخص نموده و در ادامه با استفاده از نرم افزار تحلیلگر HEC-FDA خسارات مورد انتظار سالیانه ناشی از سیلابهای این رودخانه را برآورد نموده و در نهایت راهکارهای مدیریتی جهت مهار و کاهش خطرات سیل با توجه به رژیم رودخانه و شرایط منطقه و کاربری اراضی و غیره را ارائه کردند [6].

صدیقه محبوبی و ابوذر کوشکی در سال 1389 به بررسی وضعیت سیل خیزی شهر پلدختر پرداختند و سپس عوامل به وجود آورنده و تشدید کننده این مخاطره را تعیین و با استفاده از تکنیکهای جدید و نرم افزار ARC GIS و روش مرزبندی رودخانه، مناطقی از شهر که دارای پتانسیل طغیان هستند شناسایی کردند [7]. پرویز روزخ و همکاران نیز در سال 1389 به بررسی اثرات ناشی از دست یازی به حریم رودخانه‌ی کن در شمال باختری تهران با ایجاد ترانس مصنوعی و محدودیت برای جریان طبیعی رودخانه و تاثیر آن بر مورفولوژی رودخانه پرداختند [8].

با توجه به خلاء مطالعات دقیق و اساسی رفتارشناسی سیلابهای شهری، در این مقاله با گردآوری آمار و اطلاعات سیلاب های رودخانه گرگانرود که از شهر آق قلا عبور می‌کند، به بررسی و مطالعه رفتار سیلاب های مخرب محتمل در داخل و محدوده این شهر پرداخته شده است. اهمیت این مطالعات زمانی آشکار می‌شود که با داشتن خروجی کافی و دقیق حاصل از این مطالعات، ابزاری مناسبی در دست خواهد بود که با اطمینان بیشتری وارد مباحث مدیریت سیلابهای شهری و توسعه پایدار شهری شد.

2- محدوده مورد مطالعه

استان گلستان از مناطق سیلخیز ایران است. طی سالهای اخیر چندین مورد سیل مخرب در استان گلستان رخ داده که موجب تلفات انسانی و خسارات اقتصادی فراوانی گردید و نگرانی شدید مردم و مسئولین را سبب شد. رودخانه گرگانرود یکی از مهمترین شاخه‌های سیل خیز استان گلستان می‌باشد. این رودخانه با طول حدود 311 کیلومتر و با حوضه آبریزی به وسعت 11251 کیلومتر مربع از دامنه‌های شمالی البرز شرقی و دامنه‌های غربی ارتفاعات استان خراسان شمالی سرچشمه می‌گیرد و از به هم پیوستن رودهای زاو، دوغ، چهل چای، زرین گل، تیل آباد، رامیان، محمدآباد و ... تشکیل می‌شود. جهت جریان آب این رودخانه‌ها از شرق به غرب می‌باشد و شاخه‌های آن از رشته کوه البرز سرچشمه گرفته و از جنوب به شمال جریان دارند و پس از عبور از شهرهای گنبد کاووس و آق قلا در غرب خواجه نفس با تشکیل دلتای بزرگی به دریای خزر می‌ریزد. متوسط آبدهی سالانه آن حدود 921 میلیون متر مکعب می‌باشد که حدود 421 میلیون متر مکعب آن به مصرف کشاورزی می‌رسد. شهرستان آق قلا بین 54 درجه و 14 دقیقه تا 54 درجه و 51 دقیقه طول شرقی و 36 درجه و 55 دقیقه تا 31 درجه و 37 دقیقه عرض شمالی در شمال استان گلستان و در دو طرف رودخانه گرگانرود واقع شده است و با جمعیتی در حدود 119 هزار نفر، یک هزار و 763 کیلومترمربع وسعت دارد [9].



شکل 2: محدوده مدلسازی مورد مطالعه

3- مدلسازی عددی

3-1 روش المان محدود

روش اجزاء محدود یا روش المان محدود که به اختصار FEM نامیده می‌شود، روشی است عددی برای حل تقریبی معادلات دیفرانسیل جزئی و نیز حل معادله‌های انتگرالی. کاربرد عملی اجزای محدود معمولاً با نام تحلیل اجزا محدود (FEA) خوانده می‌شود. اساس کار این روش یا حذف کامل معادلات دیفرانسیل یا ساده سازی آنها به معادلات دیفرانسیل معمولی، که با روشهای عددی مثل اویلر حل می‌شوند، می‌باشد. در حل معادلات دیفرانسیل جزئی مسئله مهم رسیدن به معادله ساده‌ای که از نظر عددی پایدار است می‌باشد. به این معنا که خطا در داده‌های اولیه و در حین حل آنقدر نباشد که به نتایج نامفهوم منتهی شود. روشهایی با مزایا و معایب مختلف برای این امر وجود دارد، که روش اجزاء محدود یکی از بهترین آنهاست. این روش در حل معادلات دیفرانسیل جزئی روی دامنه‌های پیچیده (مانند جریان‌های رودخانه‌ای)، یا هنگامی که دامنه متغیر است، یا وقتی که دقت بالا در همه جای دامنه الزامی نیست و یا اگر نتایج همبستگی و یکنواختی کافی را ندارند، بسیار مفید می‌باشد [11-11].

3-2 معادلات حاکم بر جریان

برای حل میدان جریان از معادلات رینولدز متوسط گیری شده در عمق (Depth-Average) استفاده شده است و برای شبیه سازی معادلات انتقال آشفستگی از دو مدل صفر معادله گرانیروی چرخابه سهمی شکل (Parabolic Eddy Viscosity) و مدل طول اختلاط (Mixing Length) و نیز مدل دو معادله ای $k-\epsilon$ استفاده شده است. گسسته‌سازی معادلات میدان جریان و انتقال رسوب با استفاده از روش مبتنی بر المان محدود (FEM) صورت می‌گیرد و حل معادلات جبری میدان و انتقال رسوب به ترتیب با استفاده از روشهای تصحیح سرعت و تکرار گوس-سایدل و حداکثر ضمنی (Strongly Implicit Procedure) انجام می‌شود. در روابط زیر معادلات پیوستگی و حرکت نشان داده شده است [11-11].

الف) معادله پیوستگی

(1)

$$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0$$

ب) معادلات حرکت

(2)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{1}{h} \left(\frac{\partial(h \tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(h \tau_{xy})}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{bx}}{\rho h} + f_{cor}^v$$

(3)

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial z}{\partial y} + \frac{1}{h} \left(\frac{\partial(h \tau_{yx})}{\partial x} + \frac{\partial(h \tau_{yy})}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{by}}{\rho h} + f_{cor}^u$$

که در این معادلات، u و v مولفه سرعت در عمق میانگین به ترتیب در جهت x و y می‌باشد. G شدت نیروی ثقل، z تراز سطح آب، ρ چگالی آب، h عمق آب، f_{cor} پارامتر کوریولیس، τ_{xx} ، τ_{xy} ، τ_{yx} و τ_{yy} نیروی رینولدز انتگرال گیری شده در عمق و τ_{bx} و τ_{by} نیروی برشی سطح بستر در راستای x و y می‌باشند [11-11].

ج) معادلات آشفتگی

برای شبیه سازی اثر آشفتگی بر الگوی جریان و بستن سیستم معادلات حاکم از مدل استاندارد و توانمند $k-\varepsilon$ بهره گرفته شده است. در این مدل k برای انرژی جنبشی آشفتگی و ε برای نرخ پراکندگی انرژی آشفتگی تعریف می‌شود. در ذیل معادلات مربوط به این مدل ترکیبی آمده است [11-11].

(4)

$$k = \frac{1}{2} \overline{u'_i u'_i}$$

(5)

$$\varepsilon = \mu_t \frac{\partial u'_i}{\partial x_i} \cdot \frac{\partial u'_j}{\partial x_j}$$

3-3- گسسته‌سازی میدان حل

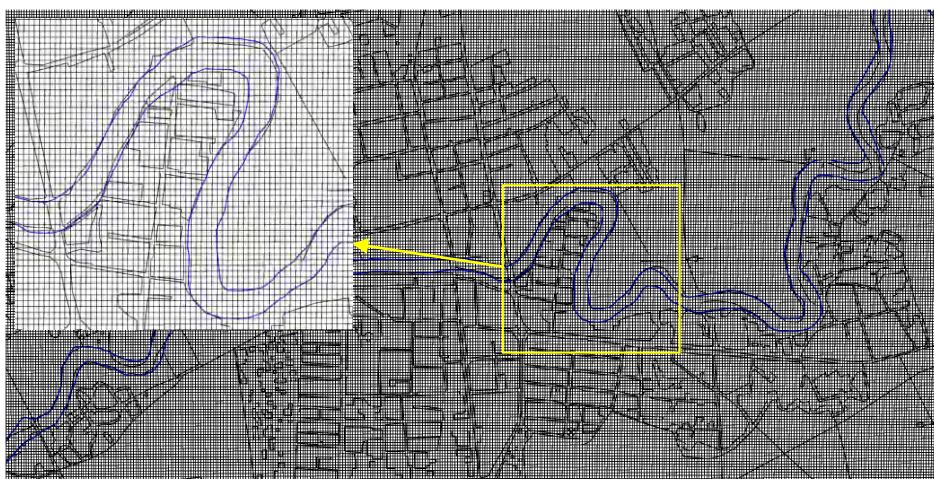
محدوده مورد مطالعه شامل رودخانه عبوری از شهر آق قلا و مناطق مسکونی در جناح‌های چپ و راست رودخانه، دارای وسعت تقریبی 17/5 کیلومترمربع می‌باشد. با توجه به وجود مناطق مسکونی و حساسیت مطالعات از المان‌های بسیار ریز برای گسسته‌سازی میدان حل استفاده شده است. این امر با اینکه باعث افزایش قابل توجه هزینه‌های زمانی و سخت‌افزاری برای حل معادلات حاکم می‌شود، لکن دستیابی به نتایج دقیق‌تر و جزئی در اولویت می‌باشد. در جدول شماره 1 اطلاعات گسسته سازی میدان حل آورده شده است.

جدول 1: مشخصات گسسته سازی میدان حل

125111	تعداد المان‌های موجود در کل میدان
12m	متوسط اندازه المان‌های میدان
1/11	متوسط ضریب نرمی شبکه‌بندی
k-ε	مدل آشفتگی
611111 ثانیه	زمان واقعی حل

5 ثانیه	گام های زمانی حل معادلات
56 ساعت	زمان لازم برای حل معادلات حاکم

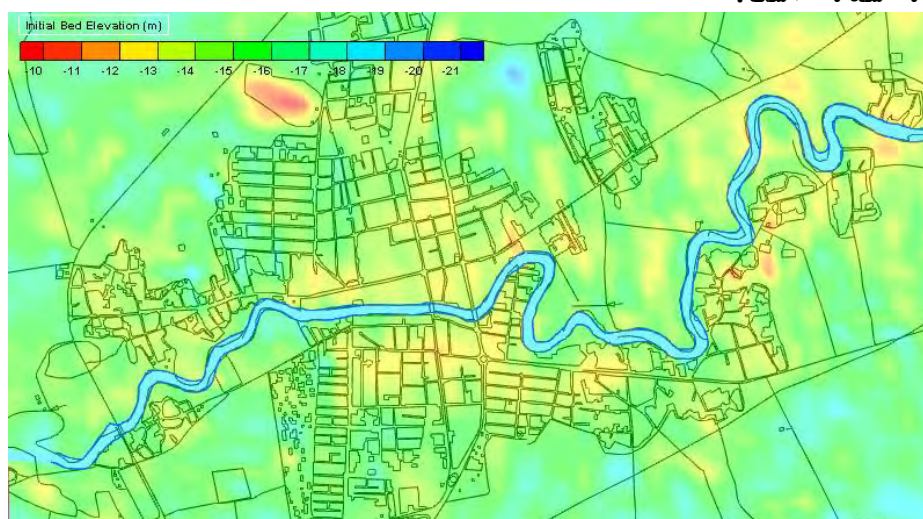
در شکل شماره 3 نحوه گسسته سازی میدان حل در محدوده شهر آق قلا نشان داده شده است.



شکل 3: گسسته سازی میدان مورد مطالعه برای حل معادلات حاکم

3-4- مشخصات فیزیوگرافی و هیدرولیکی

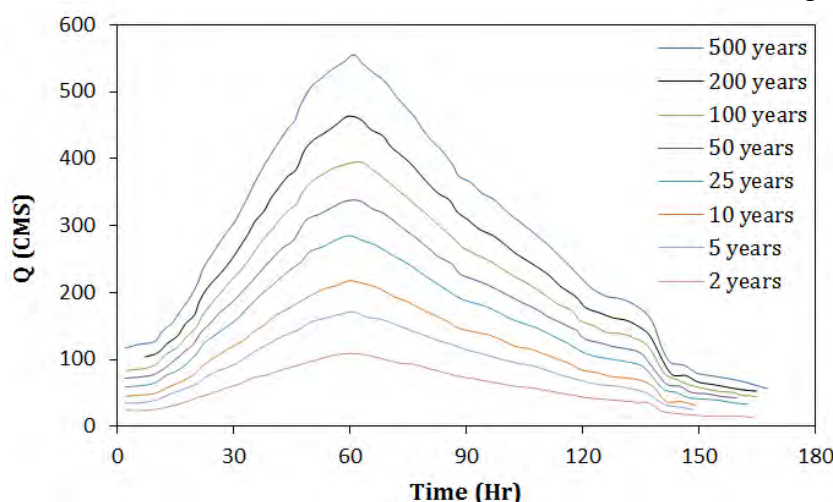
با توجه به اینکه گسسته سازی میدان حل در ارتباط مستقیم با مدلسازی دقیق تر توپوگرافی منطقه می باشد، استفاده از المان های ریز در محدوده مورد مطالعه این نگرانی را رفع کرده است. در شکل شماره 4 توپوگرافی منطقه مورد مطالعه بعد از اعمال شبکه بندی میدان حل نشان داده شده است.



شکل 4: توپوگرافی منطقه مورد مطالعه بعد از اعمال شبکه بندی میدان حل

با توجه به گستردگی سیلاب های رخ داده در محدوده مورد مطالعه هم از لحاظ شدت هم از لحاظ زمانی، هیدروگراف های سیل رودخانه گرگانرود که در محل ایستگاه آبرسانی آق قلا با دوره بازگشت های مختلف استخراج شده مورد استفاده قرار می گیرد. تعیین دوره بازگشت بستگی به سرمایه گذاری دولت برای حفظ جان مردم و حفاظت تاسیسات و

همچنین اقتصاد ملی دارد. مهمترین مساله تعیین دوره بازگشت سیل این است که هر چه جمعیت انسانی و سرمایه گذاری بیشتر باشد، سیل با دوره بازگشت بیشتری تعیین و مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای حفاظت اراضی کشاورزی، سیل با دوره 7-11 سال تعیین می‌گردد. برای حفاظت روستاها سیل با دوره بازگشت 5-21 سال مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهمترین گزینه از لحاظ اقتصادی شاید مهار کردن سیل با دوره بازگشت 61-111 ساله باشد که برای این منظور می‌بایست سیل را با دوره بازگشت مورد نظر برآورده نموده و سازه های مهار سیلاب را بر اساس آن طراحی نمود [9].



شکل 5: هیدروگراف های سیل رودخانه گرگانرود در محل ایستگاه آبسنجی آق قلا با دوره بازگشت های مختلف [9].

با توجه به توضیحات ذکر شده در این بخش هیدروگراف سیل با دوره بازگشت 111 ساله برای شبیه سازی سیلاب مورد استفاده قرار گرفته است.

4- نتایج

4-1- الگوی جریان

با نزدیک شدن سیلاب به مناطق مسکونی و افزایش عمق و سرعت جریان، سیلاب در مناطقی فرصت خروج از مسیر رودخانه را پیدا کرده و وارد زمینهای کشاورزی و مناطق شهری می‌شود. بعد از گذشت نزدیک به 51 ساعت از زمان سیلاب و رسیدن به نقطه پیک هیدروگراف، جریان سیلاب با شدت بیشتری مناطق مسکونی جناح راست رودخانه را احاطه می‌کند. از طرفی ارتفاع ساختمانهای مسکونی و سایر تاسیسات بخصوص در قسمت متمرکز شهر در مقابل سیلاب مقاومت می‌کنند ولی آنچه اتفاق افتاده نشان می‌دهد که این سیلاب در زمان پیک خود و ساعاتی پس از آن نیز مسیر خود را از خیابان های اصلی و فرعی شهر باز کرده و تقریباً بیشتر تاسیسات شهری را در بر می‌گیرد. بحرانی‌ترین وضعیت از حدود 2/5 روز بعد از سیلاب شروع شده و به مدت 35 ساعت ادامه پیدا می‌کند. شکل شماره 6 نشان دهنده الگوی جریان شکل گرفته ناشی از سیلاب با دوره بازگشت 111 ساله می‌باشد.



Time: 0(d): 0(h): 0(min)



Time: 1(d): 10(h): 43(min)



Time: 2(d): 7(h): 33(min)



Time: 4(d): 12(h): 20(min)



Time: 5(d): 3(h): 36(min)



Time: 6(d): 19(h): 53(min)

شکل 6: الگوی سیلاب شکل گرفته در شهر آق قلا با کانتورهای دبی

4-2- عمق جریان

عمق جریان یکی از مهمترین فاکتورهای مورد نیاز برای بررسی اثرات یک سیلاب می‌باشد. با توجه به این که شاخص مخاطره تابعی از عمق جریان می‌باشد برای تخمین مقدار کمی آن تعیین عمق جریان در هر نقطه ای از محدوده مورد مطالعه ضروری می‌باشد. تعاریف گوناگونی برای شاخص مخاطره وجود دارد که معمولا به صورت زیر تعریف می‌شود [1].

(6)

$$HR = f(h, V) \approx h(V + 0.5)$$

که در رابطه 6، d عمق جریان سیلابی بر حسب متر و V سرعت جریان سیلابی بر حسب متر بر ثانیه می‌باشد.

در حالت کلی مناطق خطر پذیر به 4 درجه خطر پذیری کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی می‌شوند. در جدول شماره 2 طبقه‌بندی خطر پذیری بر اساس شاخص مخاطره درج و توصیف شده است.

جدول 2: نمونه یک جدول [1].

توصیف مخاطره	خطر پذیری	درجه مخاطره سیل	HR
هشدار	کم	1	$>1/75$

خطرناک برای برخی افراد (کودکان)	متوسط	2	-1/25 1/75
خطرناک برای بیشتر افراد	زیاد	3	1/25-2/5
خطرناک برای همه	خیلی زیاد	4	<2/5

در شکل شماره 7 عمق جریان ایجاد شده در بازه زمانی سیلاب 111 ساله رخ داده نشان داده شده است.



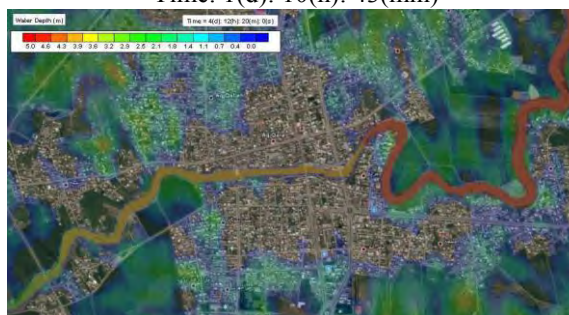
Time: 0(d): 0(h): 0(min)



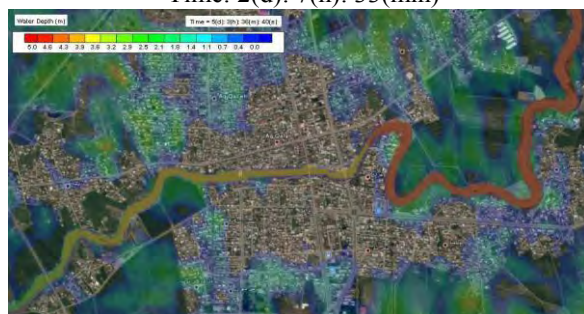
Time: 1(d): 10(h): 43(min)



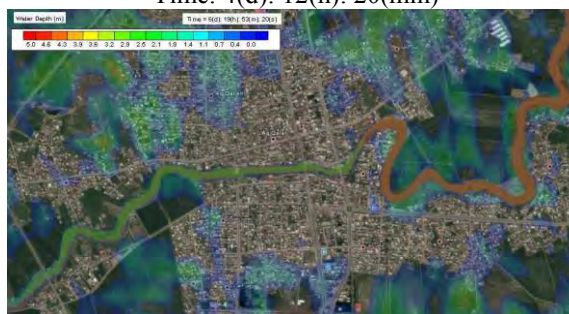
Time: 2(d): 7(h): 33(min)



Time: 4(d): 12(h): 20(min)



Time: 5(d): 3(h): 36(min)



Time: 6(d): 19(h): 53(min)

شکل 7: عمق جریان ایجاد شده در بازه زمانی سیلاب رخ داده

3-4- سرعت جریان

همانگونه که از شکل شماره 8 مشخص می‌باشد، علاوه بر مسیل رودخانه سرعت‌های بالایی از جریان در نواحی خارج از مسیل رودخانه رخ داده است. این نواحی نسبت به سایر محدوده سیل گرفته در معرض بیشترین خطرات و تخریب می‌باشد.

بیشترین سرعت‌های رخ داده در زمان نزدیک شدن به پیک سیلاب و در جناح چپ رودخانه شکل می‌گیرد. مهمترین دلیل این امر توپوگرافی آن ناحیه می‌باشد. از طرفی در این محدوده پیچ رودخانه به سمتی شکل گرفته است که در زمان ورود سیلاب به آن دقیقاً با این ناحیه هم‌جهت شده و علاوه بر تشدید سرعت آن فرصت مناسبتری برای خروج از مسیل اصلی خود را پیدا می‌کند. نکته مهمی که مطرح است این مساله است که

با شناسایی این نواحی می‌توان به انجام اقدامات پیشگیرانه‌ای از جمله ساخت دایک و دیواره‌های سیلگیر پرداخت.



Time: 0(d): 0(h): 0(min)



Time: 1(d): 10(h): 43(min)



Time: 2(d): 7(h): 33(min)



Time: 4(d): 12(h): 20(min)



Time: 5(d): 3(h): 36(min)



Time: 6(d): 19(h): 53(min)

شکل 8: سرعت جریان در بازه زمانی سیلاب رخ داده

4-4- مدیریت سیلاب

توسعه پایدار با مدیریت سیلابهای شهری ارتباط بسیار نزدیکی دارد. زیرا مدیریت سیلاب های شهری نه تنها باعث امنیت و رفاه شهرهایی می‌شود که در مسیر سیلابها قرار دارند بلکه با پیش‌بینی این سیلابها و جهت پیشروی آنها و همچنین میزان اثرات آنها، می‌توان جهت مناسب توسعه‌ی شهرها را تعیین نمود و با استفاده از روش های پیشگیری مناسب از خطرات جانی، اقتصادی و... و آسیب رسیدن به تاسیسات مهم شهری جلوگیری نمود و همچنین امنیت نسلهای آینده را نیز تضمین کرد [1-2-3-4]. علاوه بر توجه به شاخصهای دیگر توسعه، چنین شهرهایی باید در جهتی رشد یابند که در مسیر سیلاب های خطرناک قرار نگیرند و این جهات توسعه را که مکان های امنتری هستند، می توان با به کار گیری شاخص مخاطره پیش‌بینی و خطرات ناشی از تهدید سیلاب ها را به حداقل رساند. علاوه بر موارد اشاره شده تخصیص فضاهای شهری نیز حائز اهمیت است، بدین صورت که در تخصیص فضاها،

خطرات احتمالی سیلابها در نظر گرفته شود و از تخصیص فضاهای با شاخص مخاطره بالا به کاربریهای با درجه اهمیت بیشتر ممانعت به عمل آید. واضح است که موارد ذکر شده بدون وجود یک مدیریت شهری قوی و متخصص و کارآمد با مشکل مواجه خواهد شد. حال با توجه به توضیحات بیان شده در دست داشتن اطلاعات دقیق در ارتباط با سیلابهای شهری اهمیت خود را نشان می‌دهد. اطلاعاتی که نه تنها شامل تعیین پهنه‌ی یک سیلاب بوده بلکه دارای خروجی‌هایی برای تعیین شاخصهای مخاطره بوده و ابزاری مناسب در اختیار قرار می‌دهند تا به تدوین برنامه واکنش سریع، میزان تقریبی خسارات وارده، تدوین بیمه نامه سیلاب و ... پرداخت.

5- نتیجه‌گیری

در این تحقیق محدوده شهر آق قلا که در مسیر یکی از سیل خیزترین رودخانه‌های کشور قرار دارد، بر اساس هیدروگراف سیلاب صد ساله مدل شد و نتایج زیر حاصل گردید:

- استفاده از مدل های عددی دو بعدی پیشرفته به جای مدل های یک بعدی می‌تواند نتایج بهتری را برای مدیریت سیلابهای شهری و تدوین برنامه واکنش سریع در اختیار قرار دهد.
- با توجه به اهمیت توسعه شهرها در مبحث توسعه پایدار و رابطه آن با سیلابهای شهری، در صورت گسترش مناطق شهری، توسعه شهر آق قلا به صورت عرضی و نه در جهت مسیل رودخانه امری ضروری به نظر می‌رسد.
- با توجه به الگوی سیلاب شکل گرفته در محدوده شهر آق قلا، یک سری نواحی در امتداد مسیر رودخانه پس از ورود سیلاب به سرعت تحت تاثیر قرار گرفته و سیلاب از این نواحی به مسیر فرعی وارد می‌شود. احداث سازه‌هایی مانند دایک و دیواره های سیل‌بند می‌تواند از خروج جریان در زمان سیل از این نواحی جلوگیری کند.
- در نهایت با توجه به اهمیت مدیریت سیلابهای شهری می‌توان با در دسترس داشتن اطلاعات کافی در باره الگوی سیلاب به مباحث مهمی همچون تدوین برنامه واکنش سریع، مدیریت بحران، تدوین بیمه نامه سیلاب و ... پرداخت.

مراجع

- [1] Urban flood management, Carlos E. M. Tucci, WMO/TD - No. 1372, Porto Alegre, 2006
- [2] Aronica, G. T. and Lanza, L. G. (2005) Drainage efficiency in urban areas: a case study: HYDROLOGICAL PROCESSES. 19, Published online in Wiley InterScience, p:1105-1119.
- [3] Inoue K, Kawaike K, Hayashi H. (1999) Inundation flow modeling in urban area. Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE 43:533-538
- [4] Vrouwenvelder A., Van der Veen, A., Stuyt, L.C.P.M and Reinders, J.E.A., (2003), "Methodology for Flood Damage Evaluation", Delft Cluster Seminar: The Role of Flood Impact Assessment in Flood Defense Policies, IHE, Delft, The Netherlands
- [5] منیژه قهرودی تالی، کاربرد مدل یکپارچه سیلاب شهری درکلان شهرها، مطالعه موردی: شمال شرق تهران، جغرافیا و برنامه ریزی منطقه ای، سال اول، پاییز و زمستان 1388.
- [6] مهدی ارشادی فارسانی و همکاران، ارزیابی خسارات سیل شهر تبریز و راهکارهای مدیریت آن، اولین کنفرانس ملی مدیریت سیلابهای شهری، 1389.

[7] صدیقه محبوبی و ابوذر کوشکی، مدیریت جامع شهری و تاثیر پارامترهای مختلف در مدیریت سیلابهای شهری مطالعه موردی شهر پلدختر، اولین کنفرانس ملی مدیریت سیلابهای شهری، 1389.

[8] پرویز روزخس و همکاران، بررسی وضعیت سیل گذری رودخانه ی کن در غرب تهران تحت تاثیر احداث پل، برداشت شن و ماسه و تجاوز به حریم رودخانه، اولین کنفرانس ملی مدیریت سیلابهای شهری، 1389.

[9] گزارش مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه گرگانرود از سد وشمگیر تا محل اتصال به دریای خزر، مطالعات هیدرولوژی، شرکت مهندسی مشاور سازه پردازی ایران، 1386

[11] Zhang, Y., Y. Jia and S.Y. Wang. 2007. A Conservative Multi-block Algorithm for Two-dimensional Numerical

[11] Wu, W. 2009. Two-dimensional Hydrodynamic and Sediment Transport Model For Unsteady Open Channel Flows Over Loose Bed (Version 2.1). Tech Report No. NCCHE- TR- 2001-3. NCCHE, University of Mississippi.