ارزیابی پهنه‌بندی روستاهای در معرض خطر سیلاب با استفاده از مدل HEC-Geo RAS در محیط GIS
مطالعه موردی: روستاهای حوزه گرگانرود

عبدالرضا رکن‌الدین افتخاری *

طاهره صادقلو **

علی احمدآبادی***

حمدالله سجاسی قیداری****

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۹/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/۸

چکیده

توسعه مناطق روستایی در حاشیه رودخانه‌ها، بستر و حواشی دشت‌های سیلابی بدون شناخت و توجه به شرایط هیدرولوژیکی و دینامیکی رودخانه‌ها و قسمت‌های بالادست حوزه که موجب افزایش خطر سیلاب و خسارات جانی، مالی و زیربنایی ناشی از آن می‌شود، توسعه را با ناآگاهی مواجه می‌سازد. از اینرو اهمیت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب که کاربرد بسیاری در مدیریت دشت سیلابی دارد، مشخص می‌گردد. در این مقاله با توجه به شرایط اقلیمی و نیمرخ عرضی و توپوگرافی اطراف رودخانه و دشت سیلابی، زمان تداوم بارش و دوره بازگشت سیل به تعیین پهنه سیل با دوره بازگشت مشخص در مسیر رودخانه گرگانرود پرداخته تا نقاط روستایی در معرض خطر سیل شناسایی شده و مسئولان در سطوح مختلف بتوانند تدابیر برنامه‌ریزی و مدیریتی لازم برای کاهش خطر پیش از وقوع خطر سیل بیاندیشیند، تا بدین طریق آسیب‌های ناشی از سیلاب در مناطق روستایی به حداقل ممکن کاهش یابد. بنابراین به‌منظور پهنه‌بندی خطر سیلاب و تعیین ضریب خطرپذیری نقاط روستایی در حریم رودخانه گرگانرود از ماژول مدل HEC-GeoRAS در محیط GIS و به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای +ETM لندست، مدل رقومی ارتفاع، مقاطع عرضی در رودخانه، مقاطع طولی به‌همراه شیب متوسط هر مقطع استفاده گردید. نتایج مطالعه حاضر نحوه گسترش پهنه‌های سیلابی در بازه مورد مطالعه را به‌خوبی نشان می‌دهد و ضمن تأیید کارایی مدل و کاربرد آن را در برنامه‌ریزی روستایی و مدیریت توسعه توصیه می‌نماید.

کلیدواژه‌ها: مدیریت و برنامه‌ریزی روستایی، پهنه‌بندی خطر سیل، HEC-GeoRAS، GIS، حوزه گرگانرود.

---

* دانشیار گروه علوم جغرافیایی دانشگاه تربیت مدرس. Reftekhari_reza@yahoo.com

** دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه تهران.

*** دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تربیت مدرس.

**** دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه تربیت مدرس.

مقدمه

طغیان رودخانه یکی از فراوان‌ترین و مهم‌ترین مخاطرات محیطی است که می‌تواند منجر به خسارات شدیدی از قبیل مرگ‌ومیر شده و آثار اقتصادی اجتماعی طولانی مدتی را بر جای گذارد و ممکن است باعث تخریب املاک، ایجاد اخلال در نظام‌های ارتباطی و شستن زمین‌های کشاورزی شود (Acreman and Farquharson, 1992: 17). به‌عنوان نمونه در سال ۱۳۸٤ در کلاکه در استان گلستان سیل موجب ۳۲ کشته، ۷ مفقودی و تخریب ۲۰۰ واحد مسکونی شده و در ۳۵ نقطه مکان روستایی کاملاً از بین رفت و خسارت مالی حدود ۲۰ میلیارد تومان به بار آورد (بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، ۱۳۸۵: ۸). این فاجعه متأسفانه چند سال است به‌دلیل تجاوز دانسته و ندانسته مردم بومی روستاها به حریم رودخانه‌ها و ساخت‌وساز و انجام فعالیت‌های اقتصادی در فضا و قلمرو رفتاری جریان‌های سیلابی در کشور ما تکرار می‌شود. به‌همین دلیل پهنه‌بندی سیلاب و روستاهای در معرض سیل، در مهندسی آمایش روستاهای حاشیه رودخانه‌ها به‌عنوان ابزار اساسی برای برنامه‌ریزان و مدیران روستایی برای ارائه الگوهای مناسب فعالیتی و زیستی را با کمترین میزان خطر یاری می‌رساند. زیرا بر اساس الگوهای رفتاری تعامل انسان با محیط نمی‌توان یک نسخه واحد برای نقاط روستایی پیچید زیرا برنامه‌ریزی‌ها برای نقاط روستاهایی که در فاصله نزدیک به رودخانه‌ها قرار داشته و در دوره‌های کوتاه بازگشت سیل دائما در معرض سیل هستند متفاوت از سکونت‌گاه‌های روستایی است که در فاصله دورتری از بستر اصلی رود قرار دارند است. با این توصیف هدف از این مقاله از یک طرف پهنه‌بندی روستاهای در معرض خطر سیل از طریق تهیه نقشه حریم رودخانه[1] برای دوره بازگشت ۲۵ ساله در حوزه‌های روستایی با استفاده از ماژول[2] مدل HEC-GeoRAS در محیط GIS می‌باشد و از طرف دیگر تولید مدل ارتفاعی رقومی DEM و نقشه خطر سیل[3] و نحوه گسترش سیلاب در مناطق روستایی حاشیه گرگانرود با تاکید بر تصاویر ماهواره‌ای ETM^+ لندست می‌باشد، تا بر این مبنا برنامه‌ریزی و مدیریت روستایی در روستاهایی در معرض خطر سیل شناسایی و مدیریت امکان‌پذیر باشد. قابل ذکر

1 River Limits Map
2 Extension
3 Flood Risk Map

است ماژول Hec-GeoRAS با همکاری تحقیقاتی بین مرکز مهندسی هیدرولوژی (hydrologic engineering center(HEC)) و ESRI[1] ایجاد و گسترش یافته است.

مطالعه ادبیات موجود نشان می‌دهد که اولین فعالیت‌ها را در زمینه برقراری پیوند بین مدل‌های هیدرولوژیکی و GIS را باورز[2](۱۹۹٤) انجام داد که برآیند آن نرم‌افزاری با نام ARC/HEC2 بود و هیدرولوژیست‌ها را در تحلیل‌های مربوط به پهنه‌بندی سیلاب یاری می‌کند. این برنامه اطلاعات مربوط به عوارض زمین را از نقشه‌های کاربری زمین استخراج و به‌عنوان ورودی مورد استفاده قرار می‌دهد (Beavers, 1994: 18). در ارتباط با پهنه‌بندی خطر سیل و توصیف رفتار هیدرولوژیکی رودخانه‌ها نیز باید گفت مدل‌های زیادی توسط محققان مختلف در تحقیقات متعددی مورد استفاده قرار گرفته است. به‌عنوان مثال نیکی و پورتنر[3] (۱۹۹٤) در تحقیقی که با استفاده از مدل Mike-11 انجام دادند و ابعاد مناسبی برای مدیریت حوضه پیدا کردند. به‌عقیده آنها کنترل کامل سیل نه امکان‌پذیر است و نه مطلوب، بلکه باید روش‌های مدیریت سیلاب مد نظر قرار گیرد. در این راستا از نرم‌افزارهای MIKE11-GIS برای تهیه این‌گونه نقشه‌ها استفاده کرده‌اند که این نقشه‌ها به طراحان و برنامه‌ریزان برای عملیات حفاظتی در زمان خطر کمک کرده و حتی قادر است سیل‌ها را از نظر توسعه، عمق و احتمال تداوم آنها پیش‌بینی کند (Niki A.B. and portner, 1994: 407). سووان وراکامتورن (۱۹۹٤)[4] با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-1 و GIS اثرات تغییر کاربری اراضی کشاورزی بالادست حوضه را روی الگوی سیلاب در نواحی پایین دست حوضه مورد ارزیابی قرار داده و نشان داد موقعی که مساحت جنگل کاهش پیدا می‌کند، رواناب حوضه و زیرحوضه‌ها بیشتر می‌شود. به‌این‌ترتیب تأثیر تغییرات کاربری اراضی در بالادست حوضه، در تراز سیل پایین دست حوضه از اهمیت بالایی برخوردار است (Suwanwerakamtorn, 1994: 343).

ساها و همکاران (۱۹۹٦)[5]، فرانسیسکو و همکاران (۱۹۹۸)[6]، هوندشا و همکاران (۲۰۰۱)[7] و دونکر (۲۰۰۱)[1] همگی از GIS به‌عنوان یک ابزار قدرتمند برای تکمیل و تحلیل داده‌ها از منابع

---

۱ مرکز توسعه Gis و نرم‌افزارهای وابسته به آن

2 Beavers
3 Niki A.B. and portner (1994)
4 Suwanwerakamtorn (1994)
5 Shah and et al (1996)
6 Francisco and et al (1998)
7 Hundecha, Y. And et al (2001)

مختلف در مدیریت دشت‌های سیلابی استفاده کرده و با اتصال GIS با مدل‌های هیدرولوژی و هیدرولیکی، مناطق تحت تأثیر سیل را طبقه‌بندی و به نقشه تبدیل کرده و نتایج رضایت‌بخشی به‌دست آوردند (Shah and et al, 1996: 89) (Donker, 2001: 135) (Hundecha, Y. And et al, 2001: 363) (Francisco and et al, 1998: 229).

لیانگ و موهانتی (۱۹۹۸) در منطقه ماهاندای اوراسیای هندوستان، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، اقدام به پهنه‌بندی سیل کرده و مدیریت سیل بر اساس این نوع پهنه‌بندی را روش غیرسازه‌ای مفید در کنترل سیل معرفی کردند (Liang, S., and C.R.C. Mohanty, 1998). تیت (۱۹۹۸)، در مرکز تحقیقات منابع آب دانشگاه تکزاس، اقدام به انجام تحقیقی برای تلفیق نرم‌افزارهای ArcView و HEC-RAS و بررسی حریم بستر رودخانه وادرکریک در شهر آستین آمریکا کردند و در نهایت نتیجه گرفتند که این روش قابلیت بسیار زیادی در بررسی هیدرولیکی سازه‌های کنترل سیل در طول رودخانه دارد (Tate, 1998).

هیل (۲۰۰۱) در مقاله‌ای قابلیت‌های مدل کامپیوتری HEC-GeoRAS را در پهنه‌بندی خطر سیل و مزایای لینک شدن نرم‌افزارهای ArcView GIS و HEC-RAS را بیان کرد (Hill, 2001). تری بیر (۲۰۰۲)، در مقاله‌ای با نام کاربرد ابزارهای GIS ای در مدل‌سازی هیدرولیکی، عنوان کرد که یکی از مهم‌ترین مزایای استفاده از HEC-GeoRAS افزایش دقت و صرفه‌جویی، در هزینه‌های مهندسی رودخانه، به‌ویژه در حوزه‌های بزرگ و اعمال بهترین روش مدیریتی در منطقه است (Terry Barr, 2002: 19).

مونیرول و سادو[2] (۲۰۰۰) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای NOAA-AVHRR و کاربرد GIS نقشه خطر سیل را با استفاده از مؤلفه ضروری فراوانی سیل مؤثر[3] و عمق سیل[4] برای کشور بنگلادش تهیه کرده‌اند (Monirul and Sado, 2000: 1). ویچل و همکاران[5] (۲۰۰۵) یک سیستم مدیریت سیل را برای بخش استندال[6] در کشور آلمان طراحی کردند که در آن GIS به‌عنوان یک ابزار اصلی ارائه راهکار برای سیل به کار گرفته شد و سناریوهایی برای دوره‌های بازگشت مختلف ۲۰، ۵۰

1 Donker(2001)
2 Monirul and Sado
3 Floodaffected frequency
4 Flood water depth
5 Weichel, T. and et al
6 Stendal

و ۱۰۰ ساله سیل در منطقه ارائه شد (Weichel, T. and et al, 2005: 6). در مطالعه‌ای دیگر اومکاظم و سیم کینگ[1] با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر از ماهواره‌های ADARSAT و Landsat-5 در دوره زمانی ۲۰۰۲– ۲۰۰٦ به پهنه‌بندی سیل در استان سوختای کشور تایلند کردند. زیرا همه‌ساله در ماه‌های سپتامبر به‌دلیل باران‌های زیاد و شدید بخشی از شهر زیر آب رفته و خسارات فراوانی را به همراه دارد. آنها در مطالعه خود شهر را به چهار منطقه با آسیب‌پذیری خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم تقسیم‌بندی کردند که هر کدام از مناطق می‌تواند برنامه‌های خاص خود را برای مدیریت سیل داشته باشند (UAMKASEM And SIMKING, 2007: 6-1). بناویدوس و همکاران[2](۲۰۰۳) نیز با تلفیق مدل HEC-HMS و HEC-RAS در GIS به تجزیه و تحلیل گزینه‌های مختلف کنترل سیلاب و انتخاب گزینه برتر نمودند. همچنین کنبل و همکاران[3](۲۰۰۵) با تلفیق مدل‌های مذکور در حوزه سان آنتنیو[4] مدل منطقه‌ای برای سیلاب ارائه نمودند و کارایی مدل را در پیش‌بینی وقوع آن متذکر شدند.

افزون بر این مطالعات انجام شده در داخل کشور بیشتر به تعیین سیل‌خیزی زیر حوزه‌های مختلف با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیک و پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل‌های هیدرولیکی پرداختند که مطالعات شقایی فلاح (۱۳۸۰) در حوزه محمد آباد استان گلستان، خسروشاهی (۱۳۸۰) در آب‌خیز دماوند، جوکار (۱۳۸۱) در رودخانه شاپور با مدل HEC-HMS از مطالعاتی می‌باشد که کارایی مدل مذکور را تأیید می‌نمایند. همچنین صادقی و همکاران (۱۳۸۲) از تلفیق مدل HEC-RAS و GIS به‌منظور پهنه‌بندی سیلاب در رودخانه دارآباد استفاده نمودند که نتایج تحقیق دلالت بر کارایی مدل مذکور در پهنه‌بندی سیلاب دارد. حاجی‌قلیزاده (۱۳۸۳) نیز در تحقیقی به بررسی نقش دخالت‌های انسانی شامل پل‌ها، آبگذرها، آب‌شکن‌ها، شیب‌شکن‌ها در رودخانه کن تهران با استفاده از مدل HEC-RAS پرداخت. نتایج مطالعات دلالت بر تأثیر متفاوت هر یک از اقدامات سازه‌ای کنترل سیلاب بر عمق و سطح سیلاب‌های با دوره بازگشت مختلف در منطقه مورد مطالعه داشته است. عبدی و رسولی (۱۳۸۰) برای پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه آب‌خیز زنجانرود با دوره برگشت‌های ۲۵ و۵۰ ساله و همپوشانی لایه‌های مورد نظر، نهایتاً لایه پتانسیل تولید رواناب را با استفاده از روش SCS محاسبه و با چهار دامنه و شدت متفاوت در محیط GIS تحت مناطق با پتانسیل

1 UAMKASEM And SIMKING(2007)
2 Benavides
3 Knebl
4 San Antonio

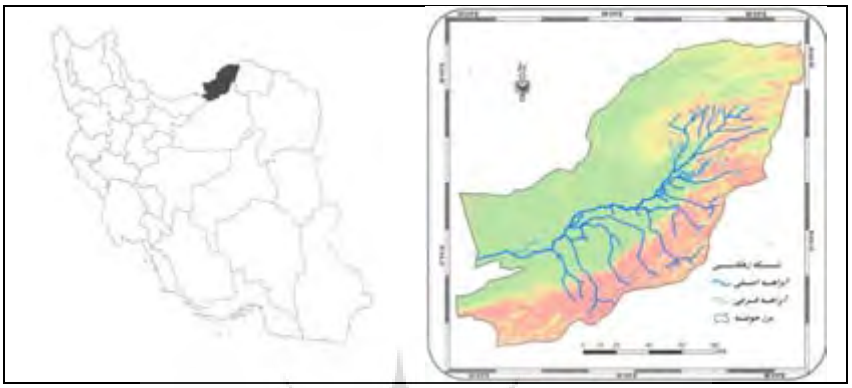
سیل‌خیزی کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد در قالب یک لایه رقومی طبقه‌بندی و تهیه کرده‌اند (عبدی و رسولی، ۱۳۸۰: ١٤-١).

بنابراین یکی از اساسی‌ترین گام‌ها در مدیریت خطر سیلاب در مناطق روستایی، از طریق پهنه‌بندی آن می‌باشد که دستیابی به این نتایج جز با استفاده از تحلیل‌های دقیق هیدرولیکی با پایه مدل‌های ریاضی امکان‌پذیر نیست. اما به‌طور معمول پهنه‌بندی سیلاب بر اساس مدل‌های هیدرولیک جریان در شرایط دائم به‌دست می‌آید که اساس آن حداکثر بده هیدروگراف سیل با دوره برگشت مشخص می‌باشد که نمی‌تواند تحلیل صحیح و دقیق‌تری از زمان عبور و پهنه سیلاب در محدوده‌های مناطق روستایی که مسکونی هستند ارائه دهد. به همین جهت در این مطالعه از مدل هیدرولیک جریان در شرایط غیردائم استفاده شد که اساس آن وسعت آب‌گرفتگی حاشیه رودخانه در زمان‌ها و دوره‌های مختلف است. از طرفی قابلیت GIS در ایجاد همپوشی در بین لایه‌های اطلاعاتی مختلف کمک زیادی در تشخیص نواحی روستایی در معرض خطر می‌نماید. حال پرسش کلیدی این است که آیا مدل HEC-GeoRAS در محیط GIS قابلیت تهیه و تفسیر نقشه پهنه‌بندی را برای مهندسی آمایش محیط دارد یا نه؟ برای پاسخ کارشناسی به سوال طرح شده، نخست به روش‌شناسی ترسیم وضعیت منطقه‌ای و سپس تحلیل نظریه‌ای و تجربی پرداخته می‌شود و در نهایت جمع‌بندی ارائه می‌شود.

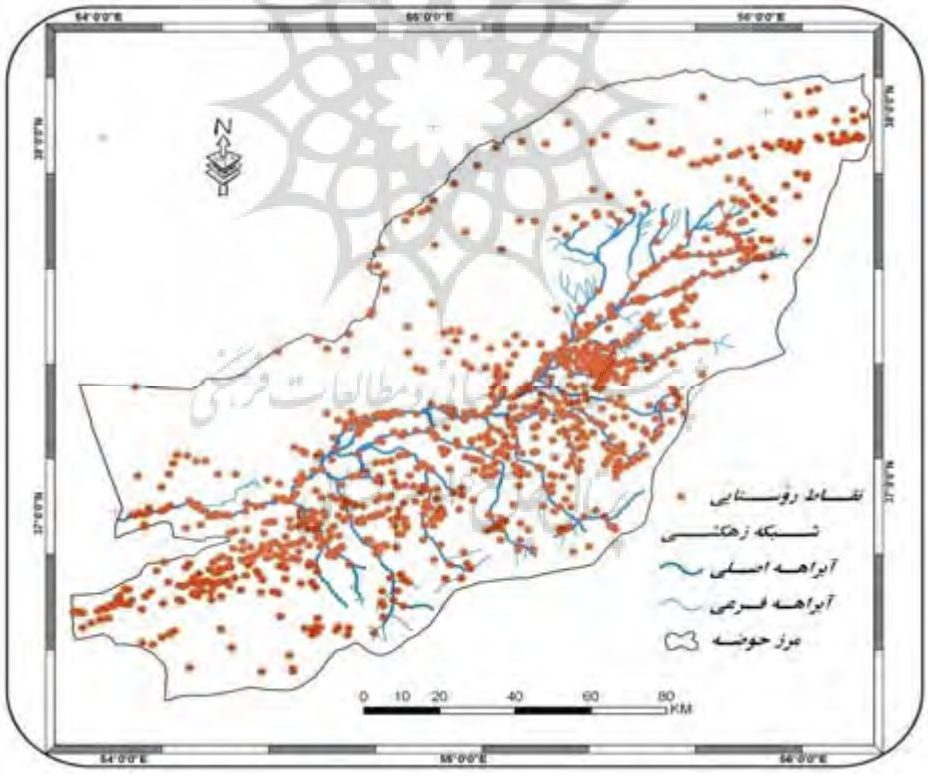
مواد و روش‌ها

در این مطالعه برای پوشش دادن کل حوزه گرگانرود و روستاهای موجود در این منطقه، روستاهای کل منطقه به‌عنوان جامعه آماری در نظر گرفته شد. زیرا بر اساس وجود آب و شکل‌گیری روستاها در منطقه مورد مطالعه غالب روستاها با فاصله نسبتاً اندکی با رودخانه‌ها قرار دارند و عمدتاً زمین‌های کشاورزی آنها از طریق همین رودخانه‌ها تغذیه می‌شوند. پس از استخراج شبکه زهکشی حوضه گرگانرود از روی نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، از تصویر ماهواره‌ای ETM^+ لندست (RGB: 4, 3, 2) به‌منظور تدقیق شبکه زهکشی استفاده گردید (شکل۱). با تعریف سیستم تصویر UTM زون ٤٠، لایه موقعیت مناطق روستایی نیز بر روی لایه شبکه زهکشی قرار گرفت (شکل۲).

شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه



شکل ۲: پراکنش فضایی نقاط روستایی در حوزه گرگانرود



در مطالعه حاضر بر اساس دوره بازگشت سیل ۲۵ ساله از روش گمبل به‌عنوان یکی از روش‌های عمده در تحلیل‌های آماری داده‌های هیدرولوژی و هواشناسی استفاده شده است. در این روش از تجزیه و تحلیل مقادیر انتهایی[1] یعنی مقادیر انتهایی حداکثرها یا حداقل‌های مشاهده شده استفاده می‌شود (علیزاده، ۱۳۷۸: ۵۰۹). همچنین استفاده از تصاویر ماهواره‌ای +ETM لندست و مدل رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک ۲۰ متر در ایجاد داده‌های ورودی به مدل کمک زیادی نموده است. همچنین نقشه مقاطع طولی و شیب هر مقطع و همچنین مقاطع عرضی با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با قدرت تفکیک ۲۰ متر تهیه شد و در برخی مقاطع به‌علت محدود بودن مقاطع و عدم تشخیص، برداشت محل صورت گرفته است. از طرفی دیگر با در نظر داشتن دوره بازگشت ۲۵ ساله و حداکثر بارش مطلق محتمل ناشی از آن در نهایت با استفاده از ماژول Hec-GeoRAS در محیط GIS پهنه‌های سیل به‌دست آمد و روستاهایی که در پهنه‌های خطر قرار دارند مشخص گردید.

تحلیل نظریه‌ای

طغیان آب و سرازیر شدن سیل به اماکن مسکونی از جمله حوادث و بلایای طبیعی است که حیات بشر را به مخاطره می‌اندازد. جراحات و زخمی شدن در اثر سیل چندان قابل ملاحظه نیست اما مرگ و میر و خرابی اماکن مسکونی بسیار بیش از سایر بلایای طبیعی است (Drabek & Hoetmer, 1383: 11). در موقعیتی که ساخت‌وساز در نواحی سیل‌خیز ضروری و اجتناب‌ناپذیر است، خانه‌ها باید توسط مصالح مقاوم در برابر خسارات سیل مقاوم و پایدار ساخته شود. آگاهی از مخاطره سیلاب می‌تواند در شیوه‌ها و آداب زندگی منعکس شود. از قبیل ساخت‌وساز مخازن و انبارهای مرتفع و ... . چرخه کشت می‌تواند با دوری از سیلاب‌های فصلی اصلاح شود و کشت محصولات مقاوم در برابر سیلاب مرسوم گردد. به‌علاوه اعضای اجتماع باید واقف باشند که گسترش فیزیکی انسان‌ساخت و جنگل‌زدایی می‌تواند باعث تشدید سیلاب شود (Bethke et al, 1997: 29). اگر جریان آب رودخانه برای یک مدت زمانی کوتاه بیش از جریان زمانی آن بوده و از بستر طبیعی خود تجاوز نموده، باعث اشغال اراضی پست و دشت‌های حاشیه رودخانه شود به آن سیل گفته می‌شود (کوشکی، ۱۳۸۵: ٤٨). سیل در حقیقت افزایش ارتفاع آب رودخانه و مسیل و بیرون زدن آب از آن و اشغال بخشی از

1 extreme

دشت‌های حاشیه رودخانه می‌باشد که می‌تواند با غرقاب نمودن منطقه باعث وارد آمدن خسارات بر ساختمان و تأسیسات عمومی شده و تلفات انسانی و دامی به‌همراه داشته باشد در مواردی نیز سیل می‌تواند ناشی از افزایش سطح آب رودخانه‌ها، دریاچه و یا دریا باشد که در این موارد جریان بادهای شدید تأثیر زیادی خواهد داشت. در هنگام بارش باران و برف، مقداری از آب جذب خاک و گیاهان می‌شود, درصدی تبخیر می‌شود و باقیمانده جاری شده و رواناب نامیده می‌شود. سیلاب زمانی روی می‌دهد که خاک و گیاهان نتوانند بارش را جذب نموده و در نتیجه کانال طبیعی رودخانه کشش گذردهی رواناب ایجاد شده را نداشته باشد. به‌طور متوسط تقریبا ۳۰ درصد بارش به رواناب تبدیل می‌شود که این میزان با ذوب برف افزایش می‌یابد. سیلاب‌هایی که به‌صورت متفاوت روی می‌دهد منطقه‌ای به‌نام دشت سیلابی را در اطراف رودخانه به‌وجود می‌آورند. سیلاب‌های رودخانه اغلب ناشی از بارش‌های شدید می‌باشد که در برخی موارد همراه با ذوب برف می‌باشد. سیلابی که بدون پیش هشدار یا پیش هشدار کمی در رودخانه جاری شود تندسیل نامیده می‌شود. تلفات جانی این تندسیلاب‌ها که در حوزه‌های کوچک به‌وقوع می‌پیوندند عموماً بیشتر از تلفات جانی سیلاب‌های رودخانه‌های بزرگ می‌باشند.

سیلاب یکی از بلایای عظیم طبیعی شناخته‌شده برای نوع بشر می‌باشد. تلفات سیلاب دارایی‌های اساسی خانوارها، اجتماعات محلی و ساکنین روستاها را با نابود کردن محصولات کشاورزی، مساکن، زیرساخت‌ها، و ساختمان و ماشین‌آلات کاهش می‌دهد. اگرچه زندگی در نواحی در معرض وقوع سیل تحت مخاطره مجموعه‌ای از اختلالات قرار دارد ولی آن همچنین دارای منافع و مزایایی برای ساکنین می‌باشد. دشت‌های سیل‌گیر با خاک حاصلخیز آبرفتی برای تولید محصولات بیشتر کشاورزی بسیار ایده‌آل می‌باشد و آسیب‌پذیری ساکنین دشت را در دامنه‌ای وسیع‌تر از سایر اختلالات کاهش می‌دهد. به این لحاظ دشت‌های سیلابی تراکم بالایی از سکونت‌گاه‌های انسانی را در خود جای داده‌اند. درک تأثیر و تاثر میان وقوع سیل، فرایند توسعه و فقر به‌منظور تعیین شیوه برنامه‌ریزی‌های آتی توسعه و هدایت اجرایی آنها، یا داشتن پتانسیل‌هایی برای کاهش آسیب‌پذیری و ریسک مخاطرات حیاتی می‌باشد. یک جمعیت ممکن است به‌واسطه فقر با سیل مواجه شود یا برعکس به‌علت استقرار در نواحی آسیب‌پذیر با سیل مواجه شود (APFM, 2004: 7). بنابراین در

چهارچوب مهندسی آمایش روستاهای حاشیه رودخانه‌ای مدیریت سیلاب یک ضرورت انکارناپذیر است.

- **مدیریت سیلاب**[1]

برابر متون مدیریت بلایای طبیعی از عمده‌ترین استراتژی‌های کاهش ریسک مخاطرات سیلاب و آب که شامل برنامه‌ریزی و کنترل کاربری اراضی برای اجتناب از استقرار تجهیزات آسیب‌پذیر در معرض پتانسیل پهنه‌های سیل‌گیر می‌باشد می‌توان نام برد. در واقع با این برنامه‌ها و از طریق حفظ و ابقاء دیواره‌ها و کناره‌های رودخانه‌ها، و کناره‌ها در طول سواحل دریا می‌توان سطوح بالای آب را از پهنه‌های سیل‌گیر دور نگه داشت. به سخن دیگر ساختارهایی که در پهنه‌های سیل‌گیر واقع شده‌اند باید با مقاومت بالا در برابر نیروی سیلاب بنا شوند و با سطحی مرتفع برای کاهش خسارات ناشی از سیلاب طراحی شوند. پهنه و گستره آب (مسیری که آب در یک حوزه آبریز را در بر می‌گیرد) می‌تواند از طریق ساخت آب انبار، افزایش سطح پوشش گیاهان برای کند شدن جریان و ساخت سیستم آب‌بند کنترل شود (Bethke and et al, 1997: 29). اما چالش‌های جدیدی نظیر افزایش ریسک سیلاب، افزایش تنوع و دگرگونی‌های اقلیمی و پتانسیل تغییرات، دست‌نیافتنی بودن به امنیت مطلق در برابر سیلاب و گسترش نگرانی‌های محیطی، تماماً مدیریت یکپارچه سیلاب را، الزامی می‌نماید. از اینرو ضرورت دارد اهداف این فرایند یعنی مدیریت یکپارچه سیلاب مشخص گردد: توسعه پایدار؛ توسعه متعادل نیازها و ریسک سیلاب؛ افزایش مزایا؛ تضمین امنیت ساکنین، تسکین و کاهش فقر در نتیجه کاهش آسیب‌پذیری؛ کاهش تلفات جانی و حفاظت محیطی است. این اهداف، یک رهیافت کل‌نگر در مدیریت یکپارچه سیلاب را که با پیوستگی و یکپارچگی در عناصر زیر همراه است را مطرح می‌سازد:

مدیریت منابع آب و زمین، توجه به عناصر سازه‌ای و غیرسازه‌ای، توجه به بالادست و پایین‌دست رودخانه، نگرش بلند و کوتاه‌مدت، توجه به سطوح محلی و اساسی معیارها، تصمیم‌گیری از بالا به پایین و پایین به بالا، تعاملی را ضروری می‌نماید که با پیوستگی در عملکرد نهادها و توسعه نیازها با در نظر گرفتن روابط اقتصادی و اکولوژیکی همراه باشد (اشکال ۳ و ٤).

1 Flood Management

شکل ۳: مدل مدیریت یکپارچه سیلاب (APFM, 2004: 17)

شکل ٤: ابعاد متفاوت مدیریت یکپارچه سیلاب (Fridolf, 2004: 18)

افزون بر موارد پیش‌گفته، می‌توان به مؤلفه‌های دیگر مدیریت سیلاب نیز که در فرایند برنامه‌ریزی مهندسی آمایش روستایی در حوضه‌های رودخانه‌ای به آنها توجه می‌شود، اشاره نمود و اینها عبارتند از:

- کنترل منابع برای کاهش جریان رواناب،
- ذخیره نمودن رواناب،
- افزایش توان و ظرفیت رودخانه (عمیق و گسترده‌تر نمودن رودخانه)،
- جداسازی حریم رودخانه از محل سکونت جمعیت (کنترل کاربری اراضی، سیل‌شکن‌ها، ...)،
- مدیریت اضطراری در طول جریان سیل (هشدار سیل، همکاری سریع برای بالابردن یا تقویت سیل‌شکن‌ها، تخلیه و ...)،
- بازسازی تلفات و ویرانی‌های حاصل از سیل (مشورت، جبران و بیمه) (APFM, 2004: 9).

آنچه در فرایند مدیریت سیلاب کانونی به‌نظر می‌رسد، اتخاذ سیاست مدیریت اطلاعات و تبادلات مکانیزم راه‌حل‌های غلبه بر آثار سیل است که می‌توان آن را در چندین سطوح و بخش سازماندهی نمود و این‌ها شامل فرایند مشارکت و مساعدت از سطوح بین‌المللی، تا ملی و استانی و محلی می‌باشد. سطوح ساخت این سیاست‌ها را می‌توان به‌صورت زیر طبقه‌بندی نمود:

- ارزیابی سیل و بازنگری نواحی مستعد وقوع سیلاب،
- پیش‌بینی و بازنگری سیل‌های منطقه‌ای،
- مدیریت مخازن ذخیره آب،
- ابزار و اقدامات کنترل سیلاب،
- آگاهی و آمادگی محلی برای کنترل سیلاب،
- ظرفیت‌ها و استراتژی‌های مدیریت سیلاب (RAP, 1999: 9).

برای مقابله مؤثر با جریان سیلاب و موقعیت اضطراری آن، یک مکانیزم و ظرفیت مناسب باید تأسیس گردد که در سطوح ملی و بخشی برای مقابله با ضروریات و طرح‌های چاره‌اندیشی بلندمدت برای کاهش و تخفیف خسارات سیلاب‌های مجدد مورد نیاز می‌باشد. برخی استراتژی‌های ملی مدیریت سیلاب شامل موارد زیر می‌باشد:

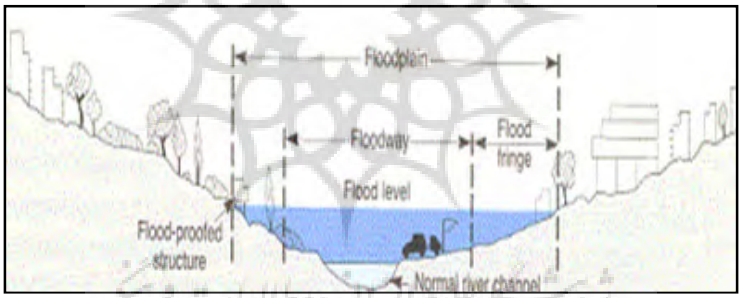
- طبقه‌بندی و ارزیابی از نواحی متاثر از سیلاب‌های منظم،
- بازنگری سیستماتیک برای ارزیابی زیربناهای مداوم نواحی تحت تأثیر سیلاب‌های سالانه (RAP, 1999: 10).

بنابراین در مهندسی مدیریت آمایش حوضه‌های رودخانه به‌ویژه مدیریت سیلاب، شناخت و آسیب‌شناسی قلمرو حوزه رودخانه از جمله دشت‌های سیلابی ضروری است.

- **دشت سیلابی**

دشت‌های سیلابی زمین‌های کم اطراف در کناره‌های رودخانه‌ها, دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها می‌باشند. سیلاب دشت‌ها با دروه برگشت سیلابی که آنها را زیر آب ببرد، از یکدیگر متمایز می‌شوند. برای مثال دشت سیلابی ۱۰ ساله در سیلاب با دوره بازگشت ۱۰ سال زیر آب می‌رود. شکل ۵ نمونه‌ای از یک دشت سیلابی است.

شکل ۵: مقطع شماتیک از یک دشت سیلابی



روشی مورد اطمینان، برای اینکه پیش‌بینی شود که سیلاب بعدی چه زمانی به‌وقوع می‌پیوندد و ابعاد آن در چه مقیاسی است وجود ندارد. با این وجود سیلاب‌های گذشته سرنخ‌ها را از آنچه محتمل است به‌دست می‌دهد. مهندسین با مطالعه سیلاب‌های گذشته و استفاده از علم آمار احتمال وقوع سیلاب‌هایی با ابعاد مختلف را برآورد می‌نمایند. احتمال وقوع سیلاب تقریباً در تمامی نواحی بسته به شرایط موجود دارد. واضح است که در برخی مناطق احتمال سیلاب بزرگتر و وسیع‌تر از دیگر مناطق است که با پهنه‌بندی مناطق سیل‌گیر مرزهای دقیق آن را مشخص کرده و برنامه‌ها و مدل‌های متناسب

را برای کاهش و کنترل سیل و اثرات زیان‌بار آن ارائه داد. بر این اساس پهنه‌بندی سیلاب به تعیین ناحیه‌هایی در داخل دشت سیلابی اطلاق می‌گردد که برای کاربری‌های مختلف از قبیل فضاهای باز تفریحی، کشاورزی، محوطه‌های صنعتی و مسکونی و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند. تمامی نواحی دشت سیلابی به قسمت‌هایی با خطرپذیری متفاوت به‌منظور کنترل کاربری و توسعه اراضی تقسیم می‌شوند. پهنه‌بندی، برای مشخص کردن میزان خطر پذیری به سیلاب از طریق تهیه نقشه‌های خطر سیل برای استفاده‌کنندگان متحمل سیل، شناسایی ناحیه‌ها برای بیمه سیل و ایجاد محدودیت‌های اجباری کاربری در مناطق خطرپذیر قابل استفاده می‌باشد.

- **روش‌های مختلف پهنه‌بندی دشت سیلابی**

همان‌طوری‌که پیشتر بیان شد سیلاب یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی است که که خسارات وارده از آن به انسان از سایر بلایا نظیر خشکسالی و قحطی بیشتر است (Green and et al., 2000: 7). مطالعات مختلف دلالت بر این موضوع دارد که عدم توجه به حریم مسیل‌ها و رودخانه‌ها باعث ایجاد یک رشد نمایی در فراوانی وقوع سیلاب و میزان خسارات وارده گردیده است و در این میان مناطق روستایی حاشیه رودخانه‌ها بیشترین پتانسیل خطرپذیری از سیل را دارا می‌باشند. با توجه به اینکه حفاظت کامل از خطر سیلاب امکان‌پذیر نمی‌باشد (more and et al., 2005: 13)، زیستن در کنار سیلاب و اعمال سیاست‌های جدید در خصوص مدیریت آمایش روستایی از جمله مدیریت کاربری اراضی و توسعه مناطق مسکونی حریم رودخانه به‌منظور کاهش اثرات تخریب آن امری ضروری است. بنابراین، تعیین حریم و بستر از لحاظ فنی و حقوقی در کشور بسیار پراهمیت و پیچیده می‌باشد، یکی از مهم‌ترین کاربردهای نقشه‌های پهنه‌بندی سیل، تعیین حدود گذرگاه سیل و اراضی سیل‌گر حاشیه می‌باشد. خصوصاً آنکه نقاط روستایی حاشیه رودخانه‌ها و اراضی آنها از یک سو به‌علت دسترسی به منابع آبی بسیار پرارزش بوده و از سوی‌دیگر به‌علت مجاورت با رودخانه در معرض خطر سیل و طغیان رودخانه می‌باشد که خسارات ناشی از آن شامل خسارت محسوس[1] و خسارت نامحسوس[2]

1 Tangible Losses
2 Intangible Losses

می‌باشد. خسارت محسوس خود به دو صورت مستقیم[1] و غیرمستقیم[2] طبقه‌بندی می‌گردند. خسارات محسوس مستقیم شامل موارد زیر می‌تواند باشد:

- تلفات و ضایعات انسانی،
- آب‌گرفتگی منازل و اماکن مسکونی و صنعتی،
- آب‌گرفتگی مزارع و از بین رفتن محصولات کشاورزی و تلفات دامی،
- تخریب تاسیسات زیربنایی نظیر جاده‌ها و پل‌ها و خطوط انتقال برق و شبکه‌های آب و گاز،
- خسارت محسوس را می‌توان به راحتی کمّی کرده و در محاسبات توجیه اقتصادی مدنظر قرار داد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1 Direct
2 Indirect

جدول ۱: خسارات ناشی از سیل در بخش‌های مختلف مناطق روستایی

بخش خسارت دیده	خسارت محسوس		خسارت نامحسوس
	خسارت مستقیم	خسارت غیر مستقیم	
مناطق مسکونی	هزینه‌های ایجاد مسکن موقت		احساس عدم امنیت
	پاک‌سازی منطقه مسکونی و احداث مجدّد		ایجاد آشفتگی‌های اجتماعی
	احیاء سیستم خدماتی مانند آب و برق		
کشاورزی	فرسایش خاک و ازبین رفتن کامل اراضی کشاورزی	هزینه احیاء اراضی و راه‌ها	
	از بین رفتن محصولات زراعی و باغی	هزینه عدم تولید و یا تاخیر در تولید	ایجاد عدم امنیت در سرمایه‌گذاری
		خسارات صنایع و خدمات وابسته	
		تخریب مراتع	
تاسیسات زیر بنائی	تخریب انهار و شبکه‌های آبیاری و زهکشی	هزینه لایروبی	پرشدن مخازن از رسوب
کشاورزی	تخریب قنوات	تاخیر در آبیاری اراضی و کاهش تولید	
	آسیب‌دیدگی ایستگاه‌های پمپاژ		
	آسیب‌دیدگی سرریز سد و بند انحرافی		
دامداری	تلفات دامی	شیوع بیماری	ایجاد عدم امنیت
		کاهش بازدهی محصولات دامی	اختلال در چرخهٔ زیست محیطی
صنعت	کارخانه‌ها	کاهش تولید	ضایعات زیست محیطی
	ایستگاه‌های پست آب و برق		
	ضایعات مربوط به مواد اولیه		
خدماتی	خسارت به شبکهٔ راه‌ها، پل‌ها و راه‌آهن		ایجاد رعب و وحشت
	تخریب ساختمان‌های خدمات عمومی	اختلال در حمل و نقل	
	تخریب خطوط انتقال نیرو و تلفن	احداث راه‌های موقت	
	خسارت وارده به شبکهٔ آب آشامیدنی	پاک‌سازی راه‌ها	
بهداشتی	بازسازی واحدهای بهداشتی	شیوع بیماری‌ها	زیان‌های درازمدت بهداشتی
	هزینه درمان و واکسیناسیون	تلفات جانی	ضایعات روانی
	هزینه حمل مجروحین	سالم‌سازی	
	احداث درمانگاه‌های اضطراری		
زیست محیطی	تغییرات شرایط فیزیکی حوضه	فرسایش خاک	افزایش دبی اوج سیل‌های بعدی
	ایجاد باتلاق‌های جدید	تغییر ویژگی‌های بیولوژیکی آب	مهاجرت روستاییان
	شیوع بیماری‌ها	تغییر در زیستگاه‌های آبی	ازبین رفتن تالاب‌ها
		بایرشدن زمین‌ها	

ماخذ: یافته‌های تحقیق

از اینرو در این مناطق تعیین میزان پیشروی سیلاب و ارتفاع آن نسبت به سطح زمین و نیز تعیین خصوصیات سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف که تحت‌عنوان پهنه‌بندی سیلاب صورت می‌گیرد، حائز اهمیت فراوان است و می‌تواند منجر به کاهش خسارات ناشی از سیل در مناطق روستایی گردد.

زیرا با این دیدگاه، پهنه‌بندی سیلاب در روستاهای در معرض سیل، پیش‌نیاز توسعه مناسب اقتصادی، اجتماعی و مبنای تعیین اثرات اکولوژیک و زیست محیطی روستاهای در خطر سیل بوده و میزان ریسک سرمایه‌گذاری را هم برای مردم و هم مدیران و برنامه‌ریزان مشخص می‌کند. بر این اساس، کاربردهای نقشه‌های پهنه‌بندی در مدیریت سیلاب عبارتند از: ۱) تعیین حریم و بستر رودخانه‌ها، ۲) مطالعه و توجیه اقتصادی طرح‌های عمرانی، ۳) پیش‌بینی، هشدار و عملیات امداد و نجات، ٤) بیمه سیل.

روش‌های موجود برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی را می‌توان به ۵ گروه عمده به‌شرح زیر تقسیم‌بندی نمود:

الف) روش مشاهده‌ای و استفاده از داغاب سیلاب: این روش را به‌عبارتی می‌توان روش سنتی اطلاق نمود. در این روش پس از فروکش نمودن سیلاب اثر داغاب سیل روی پل‌ها، ساختمان‌ها، درخت‌ها و زمین علامت‌گذاری شده و با توجه به موقعیت تقریبی این داغاب‌ها بروی نقشه‌های توپوگرافی و اتصال آنها به یکدیگر پهنه‌بندی مربوطه مشخص می‌گردد. متأسفانه این روش با وجود دقت پایین به‌دلیل عدم نیاز به وسایل و ابزار جدید و دانش فنی خاص کماکان در بعضی از مناطق مورد استفاده قرار می‌گیرد. معایب و محدودیت‌های این روش را می‌توان در موارد ذیل خلاصه کرد:

- این روش مستلزم کار صحرایی زیاد است زیرا باید در نقاط مختلف این داغاب‌ها ثبت و با رنگ علامت زده شود که با صرف هزینه و زمان زیادی توام است.
- دقت انتقال داغاب‌ها بر روی نقشه‌ها توپوگرافی پایین می‌باشد و کوچک‌ترین اشتباه باعث بروز اختلاف بین علامت ثبت شده و علامت انتقال داده شده می‌شود.
- در این روش تنها پهنه سیل‌گیر برای حداکثر دبی عبوری قابل ثبت است و به معنای واقعی تهیه نقشه پهنه‌بندی برای دوره بازگشت‌های مختلف بسیار مشکل است. بنابراین، با توجه به کار صحرایی زیاد و دقت کم، این روش جز در موارد اضطراری توصیه نمی‌شود.

ب) مقایسه عکس‌های هوایی منطقه: موفقیت این روش بستگی زیادی به‌وجود عکس‌های هوایی رودخانه و اراضی حاشیه آن در زمان سیلاب دارد. در این روش چنانچه عکس‌های هوایی منطقه در زمان وقوع پیک سیل یا مدت کوتاهی بعد از آن وجود داشته باشد (مثل عکس‌های هوایی سیل خوزستان در سال‌های ٤٦، ٤٧ و ٥٧)، محدوده سیل‌گیر از این عکس‌ها به روی نقشه توپوگرافی منتقل می‌شوند. گرچه در این روش حجم عملیات صحرایی نسبت به روش قبل کاسته می‌شود ولی به‌دلیل مسائل اجرایی امکان پرواز و تهیه عکس هوایی به‌هنگام از منطقه معمولاً با دشواری‌های زیای همراه است. مضافاً اینکه در رودخانه‌های مرزی و محدوده آنها عملاً کاربرد این روش غیرممکن است.

ج) استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور: در این روش باید اطلاعات با قدرت تفکیک بالا در اختیار باشد و به‌علاوه این اطلاعات در زمان‌های قبل از وقوع سیل، همزمان با واقعه سیل یا بعد از جاری شدن سیل، برداشت شده باشد. برای بررسی مناطق و حوزه‌های آب‌خیز کوچک می‌توان اطلاعات دورسنجی هوایی که توسط هواپیما تهیه می‌شود را مورد استفاده قرار داد. لیکن برای بررسی و پوشش مناطق وسیع، سنجنده‌های ماهواره‌ای تنها ابزار ممکن می‌باشد.

د) محاسبه‌دستی: از این روش برای تعیین حریم و بستر رودخانه و پس از تعیین سیلاب با دوره برگشت معین استفاده می‌شود و به‌عبارتی نمی‌توان آنرا جزء روش‌های مهندسی و دارای دقت برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل محسوب نمود و قطعاً نتیجه حاصل جز یک محاسبه‌دستی ساده نیست و فقط در موارد محدود و برای مقاصد خاص قابل قبول است.

ه) استفاده از مدل‌های ریاضی: در این روش به کمک مدل‌های ریاضی، جریان سیلاب شبیه‌سازی شده و پس از برداشت پروفیل‌های عرضی و طولی مدل، پهنه‌های مختلف سیل حاشیه رودخانه برای دوره بازگشت‌های مشخص تعیین می‌گردد. این روش در مقایسه با سایر روش‌ها از دقت بالایی برخوردار و نتایج محاسبات خصوصاً پس از واسنجی مدل قابل اعتماد می‌باشد. نتایج پس از تعیین رقوم تراز آب برای دوره بازگشت‌های معین بر روی مقاطع عرضی مختلف رودخانه منتقل می‌گردد. در نهایت با توجه به شیب طولی رودخانه در هر بازه و با درونیابی رقوم دو مقطع پهنه سیل‌گیر برای دبی با دوره بازگشت مورد نظر تعیین و نقاط و خطوط به یکدیگر متصل می‌گردند. تفاوت عمده بین این روش‌ها در نحوه تعیین پروفیل سطح آب می‌باشد.

- **طبقه‌بندی دشت سیلابی از نظر خطر سیل**

ویژگی عمومی دشت سیلابی آن است که تمامی نقاط آن به یک اندازه در معرض خطر سیل‌گرفتگی[1] قرار ندارند. هر چقدر به سمت کرانه دشت سیلابی نزدیکتر شویم، عمق آب کاهش یافته و سرعت جریان کم می‌شود و در نتیجه از میزان خطر سیل کاسته می‌شود. بر عکس در محدوده سیل‌راه، جریان سیلاب بیشتر بوده و سرعت جریان در آن از شتاب بیشتری برخوردار است. این منطقه از خطر سیل بالائی برخوردار است. بر این اساس، منطقه سیلاب‌دشت از نظر خطر سیل به سه نوع خطر کم، متوسط و پر خطر تقسیم می‌گردد. در منطقه کم خطر سیل، لازم است مردم و اموال‌شان به کمک کامیون تخلیه گردد. افراد بزرگسال و توانمند در موقع به آب زدن و فاصله گرفتن از منطقه سیل‌گیر مشکلات کمی خواهند داشت و خطر مرگ و جراحت پایین خواهد بود. در منطقه خطر سیل متوسط، پتانسیل زیان و خطر مرگ و یا جراحت متوسط خواهد بود. در این منطقه به‌منظور سیل‌ستیزی[2] و هشدار سیل لازم است تدابیر و تاسیساتی به‌کار گرفته شود. در این منطقه باید یک برنامه حساب شده برای تخلیه مردم از قبل طرح‌ریزی گردد. در منطقه پر خطر سیل، جریان سیلاب زیان‌های قابل توجهی به ساختمان‌های مسکونی وارد کرده و تعداد زیادی از آنها را تخریب خواهد کرد. تخلیه با کامیون و سایر وسایل مشکل و با خطر همراه خواهد بود. امکان از دست رفتن حیات مردم، جراحت و آشفتگی جامعه وجود داشته و خسارت‌های مالی زیاد خواهد بود (ESCAP, 1991).

تحلیل تجربی

پس از تعیین مقاطع طولی و شیب مقاطع و همچنین مقاطع عرضی بستر که با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک ۲۰ متر (H) و همچنین برداشت‌های محل صورت گرفت، و مقاطع در مدل Hec-HMS پهنه‌بندی گردید. نتایج پهنه‌بندی در حاشیه حوزه گرگانرود نشان می‌دهد که به پهنه با ریسک بالا شامل روستاهایی می‌شود که عمدتاً در نواحی دشتی حوزه قرار گرفته و دارای شیب بسیار کمی هستند و با کوچک‌ترین آب‌گرفتگی یا افزایش حجم آب در اثر بارش یا ذوب برف در بالادست حوزه دچار سیل‌گرفتگی شده و خسارات جبران‌ناپذیری را متحمل می‌شوند. این روستاها به‌دلیل اینکه در مناطق حاصل‌خیز آبرفتی و همچنین مخروط افکنه رودخانه‌های شکل گرفته‌اند و

1 Inundation
2 Flood fighting

به‌همین جهت اغلب ساکنان در حدود ۹٤/۲ درصد آنها دارای فعالیت‌های کشاورزی و فعالیت‌های مرتبط با زمین می‌باشند. بنابراین با کوچک‌ترین تغییر در وضعیت زمین در اثر جاری شدن سیل دچار خسارات جبران‌ناپذیری می‌شوند. که در وهله اول و شدیدترین نوع خسارات آنها از نوع اقتصادی و مالی که شامل از بین‌رفتن خانه‌ها، معابر، پل‌ها، جاده‌ها، زمین‌های کشاورزی، دام و طیور و ... است. در مرحله دوم خسارات محیطی و اکولوژیکی می‌باشد که شامل از بین رفتن پوشش گیاهی و جانوری، سنگلاخی شدن اراضی و ... می‌باشد. مرحله سوم خسارات جانی است که با شدیدتر شدن سیل میزان آن نیز افزایش می‌یابد و این به‌ویژه در نواحی روستایی پرجمعیت و با فاصله اندک نسبت به مسیل‌ها بیشتر از سایر روستاها است. با اجرای مدل در این مطالعه مشخص شد که در حدود ۱٥٦ نقطه روستایی در کل حوزه گرگانرود در معرض خطر شدید سیلاب‌ها قرار دارند و بنا به تجربه همه ساله اکثر این روستاها و مناطق تحت پوشش آنها دچار سیل‌گرفتگی شده و خسارات عمیقی را متحمل می‌شوند. بنابراین روستاهای این طبقه همگی در حریم بستر اصلی رودخانه قرار دارند (شکل٤).

شکل ٤: نقاط روستاها در معرض خطر شدید سیل در حوزه گرگانرود

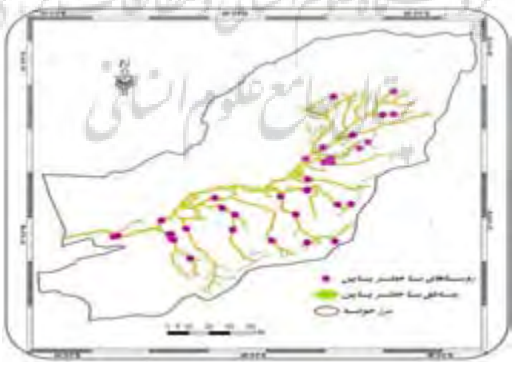
در پهنه دوم روستاهای با شدت احتمال سیل‌گیری متوسط قرار دارند. در این پهنه روستاها دارای فاصله متوسط نسبت به بسترهای رودخانه می‌باشند یا اینکه روستاها نسبت به بستر رودخانه در ارتفاع قرار دارند. مناطق روستایی در این پهنه زمان‌هایی دچار سیل‌گرفتگی و خسارات شدید می‌شوند که

ارتفاع آب خیلی بالا آمده باشد و رودخانه‌ها طغیان‌های حداکثری داشته باشند. تعداد نقاط روستایی که با اجرای مدل در این پهنه شناسایی شدند شامل ٤٤ نقطه روستایی می‌باشند (شکل۵).

شکل ۵: نقاط روستاها در معرض خطر متوسط سیل در حوزه گرگانرود

در پهنه سوم روستاهای با شدت احتمال سیل‌گیری پایین قرار دارند. در این پهنه عمدتاً نقاط روستایی فاصله بیشتری از بستر اصلی رودخانه دارند و در زمان‌هایی که شدت سیل و حجم آب به حداکثر رسید این روستاها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و امکان آسیب‌رسانی و ایجاد خسارت در این نقاط وجود دارد. نکته‌ای که اینجا باید به آن اشاره کرد این است که شدت خسارات وارده ناشی از سیل احتمالی قابل مقایسه با پهنه اول و دوم نبوده و مقدار آن بسیار کم می‌باشد. تعداد کل روستاهایی که در این محدوده قرار گرفتند ٣٦ نقطه روستایی می‌باشد (شکل٦).

شکل ٦: نقاط روستاها در معرض خطر پایین سیل در حوزه گرگانرود



بنابراین همه نقاط روستایی که در هر سه پهنه به‌عنوان روستاهای حادثه‌خیز از درجه روستاهای با خطر بالا، متوسط و تا کم شناسایی شده‌اند همگی در حاشیه و اطراف سرشاخه اصلی رودخانه‌ها قرار دارند. همان‌طوری که مشاهده می‌شود در تمرکز اکثریت روستاها در سرشاخه اصلی حوزه رودخانه گرگانرود می‌شود و این در نقاط روستایی با خطر سیل‌گیری بالا بیش از دو پهنه دیگر است. زیرا که آب‌های حاصل از بارش‌های ناگهانی که در سرشاخه‌ها اندک بوده در پایین دست رودخانه‌ها و در سرشاخه‌های اصلی با یکدیگر پیوند خورده و حجم و سرعت آب افزایش پیدا می‌کند و این دلیل اصلی برای آسیب‌پذیر بودن روستاهای اطراف سرشاخه‌های اصلی در این حوزه می‌باشد (شکل۷).

شکل ۷) پراکنش روستاهای در پهنه‌های مختلف خطر سیل‌خیزی

بنابراین مدیریت و کنترل سیل و خسارات ناشی از آن در مناطق روستایی حوزه گرگانرود نیاز به برنامه‌ریزی ویژه‌ای می‌باشد. به‌طوری‌که در مرحله نخست با استفاده از ابزارهای فناوری‌های جغرافیایی و کار کارشناسی و شناسایی و ترسیم پهنه‌بندی یک اندام است و سپس برای کاهش بلایای ناشی از سیل در مناطق روستایی به‌ویژه پایین دست رودخانه‌ها مشارکت و همکاری مردم روستایی حوزه‌های بالا دست و سرشاخه‌ها یک ضرورت انکارناپذیر است.

شکل ۸) پهنه‌های در معرض آب‌گرفتگی ناشی از سیلاب

پرتال جامع علوم انسانی

نتیجه‌گیری

بر اساس تجربیات تئوریک، یکی از شیوه‌های مناسب در جهت مدیریت سیلاب در روستاها، تعیین میزان پیشروی سیلاب و ارتفاع آن نسبت به سطح زمین و نیز تعیین خصوصیات سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف که تحت‌عنوان پهنه‌بندی سیلاب صورت می‌گیرد، است و می‌تواند منجر به کاهش خسارات ناشی از سیل در مناطق روستایی گردد. زیرا با این دیدگاه، پهنه‌بندی سیلاب در

روستاهای در معرض خطر سیل، پیش‌نیاز توسعه مناسب اقتصادی، اجتماعی و مبنای تعیین اثرات اکولوژیک و زیست محیطی روستاهای در خطر سیل بوده و میزان ریسک سرمایه‌گذاری را هم برای مردم و هم مدیران و برنامه‌ریزان مشخص می‌کند. از سویی دیگر، نتایج تحلیل تجربی پهنه‌بندی سیلاب در منطقه مورد مطالعه که با استفاده از مقاطع عرضی و طولی و حداکثر بارش ٢٤ ساعته با دوره بازگشت ۲۵ ساله و به‌کارگیری ماژول‌های Hec-GeoRAS به‌دست آمد، نشان می‌دهد که در مرحله نخست تلفیق ابزارهای فناوری جغرافیایی از جمله سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در تأیید مطالعات قبلی، دارای کارایی مناسبی برای پهنه‌بندی خطر سیلاب برخوردار هستند و دوم اینکه تعداد ١٥٦ روستا در پهنه با ریسک و خطر بالا، در پهنه با ریسک و خطر متوسط ٤٤ نقطه روستایی و در پهنه با ریسک و خطر کم ۳۵ روستا قرار دارند و نوعی سطح‌بندی خطر سیل را بازگو می‌کند که ضرورت دارد در فرایند مهندسی مدیریت و آمایش به‌ویژه مدیریت خطر این سطوح مد نظر قرار گرفته و برنامه راهبردی ویژه افزون بر راهبرد مشترک اتخاذ گردد و در این میان لزوم به‌کارگیری مدیریت سیلاب با اولویت روستاهای مستقر در پهنه با خطر بالا احساس می‌گردد.

منابع

بنیاد مسکن انقلاب اسلامی (۱۳۸۵). *گزارش سیل مخرب گلستان و عملکرد بنیاد*. دفتر بازسازی و نوسازی مناطق محروم بنیاد مسکن استان گلستان.

جوکار، ج. (۱۳۸۱). *بررسی سیل‌خیزی زیر حوزه‌های رودخانه شاپور با استفاده از شبیه‌سازی جریان‌های سیلابی. دانشگاه تربیت مدرس*، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبخیزداری.

حاجی‌قلیزاده، م. (۱۳۸۳). *بررسی نقش دخالت‌های انسانی بر رفتار سیل در بخشی از رودخانه کن تهران*. دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبخیزداری.

خسروشاهی، م. (۱۳۸۰). *تعیین نقش زیر حوزه‌های آبخیز در شدت سیل‌خیزی حوزه (مطالعه موردی حوزه آبخیز دماوند)*. دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی. رساله دکتری جغرافیا.

شقایی فلاح، ر. (۱۳۸۰). *شبیه‌سازی دبی حداکثر سیلابی در شاخه‌های فرعی رودخانه با استفاده از مدل HEC-HMS مطالعه موردی در حوزه آبخیز محمدآباد (استان گلستان)*. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده مرتع و آب‌خیزداری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری.

صادقی، س.ح.ر.؛ جلالی‌راد، ر؛ و علی محمدی سراب، ع. (۱۳۸۲). پهنه‌بندی سیل با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS و سامانه اطلاعات جغرافیایی (منطقه مورد مطالعه: حوزه آب‌خیز شهری دارآباد تهران). *پژوهش‌نامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر*. ۲: ۳٤-٤۷.

عبدی، پرویز و مسعود رسولی (۱۳۸۰). *پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آب‌خیز زنجان رود با استفاده از GIS*. مجموعه مقالات همایش شناخت معضلات آبخیزداری و ارایه راه‌حل‌های مناسب در حوضه کارون و زاینده‌رود. مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان چهار محال و بختیاری.

علیزاده، امین (۱۳۷۸). *اصول هیدرولوژی کاربردی*. مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی(امام رضا«ع»).

نیک‌صفت، غلامرضا (۱۳۷٦). مدیریت کاربری اراضی در سیلاب‌دشت. *مجله عمران دانشگاه صنعت شریف*. دانشکده مهندسی عمران. شماره ۲۲، زمستان.

Beavers, M.A. (1994). *Floodplain Determination Using HEC-2 and GIS. Masters Thesis*. Department of Civil Engineering. the University of Texas at Austin.

Benavides, J. A., Pietruszewski, B., Kirsch, B and Bedient, Ph. (2003). *Analyzing Flood Control Alternatives for the Clear Creek Watershed in A Geographic Information System Framework*. www.ruf.rice.edu

Donker, N. H., (2001). A Simple Rainfall-runoff model based on Hydrogical Units applied to the teba catchment (south-east Spain); *Hydrological processes*. Vol 15, PP. 135-149.

ESCAP (1991). *Manual and Guidelines for Comprehensive Flood Loss Prevention and Management*. UN. No 1101-12-365A

Francisco, N. C. and et al (1998). *Coupling GIS with Hydrologic and Hydrolic Flood modelling management; Water resources management*. 12: 229-249.

Hill, M. (2001). *Flood Plain Delineation Usingthe HEC-GeoRas Extension for ArcView*. Brigham Young University. CeEn 514.Winter.

Hundecha, Y. and et al (2001). Development of a fuzzy ligic-based rainfall-runoff model, *Hydrogical Sciences Journal*, 46(3), PP. 363-376.

Knebl, M.R., Yang, Z.L., Hutchison, K., Maidment, D.R. (2005). Regional Scale Flood Modeling using NEXRAD, Rainfall, GIS, and HEC-HMS\RAS: A Case Study for the San Antonio River Basin Summer 2002 Storm Event. *Journal of Environmental Management*. 75: 325-336.

Liang, S., and C.R.C. Mohanty (1997). Optimization of GIS-Based Flood Hazard Zoning-A Case Study at the Mahanady Command Area in Cuttack District, Orrisa, India. *Journal of Chinese Soil and Water Conservation*. 28 (1), P. P.11-20.

Monirul, D.I. and Sado, K. (2000). Development of flood hazard maps Bangladesh using NOAA-AVHRR images with GIS. *Hydrological sciences Journal*. 45(3), pp337-355.

Niki A.B. and portner, C. (1994). MIKE 11-Hydrodinamic Simulation of flood protection systems. Hydroinformatic, 94:407-414.

Shah, S. M. S., and et al (1996). Modeling the effects of spatial variability in rainfall on catchmnt response, 2.Experiments with distributed and lumped models. *Journal of Hydrological processes*, Vol 175: 89-111.

Suwanwerakamtorn, R., (1994). GIS and Hydrobgic modeling for management of small watersheds. *ITC Journol* No4 P 343.

Tate, E. C. (1998). *Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcView GIS*. Masters Thesis. Department of Civil Engineering. University of Texas at Austin. 137. P.

Terry Barr (2002). Application of Tools for Hydraulic Power Point Presentation. Gotvand Hydroelectric Power Project Feasibility Study. Publisher: UNISPACE.

UAMKASEM, B. and SIMKING, R. (2007). *RS/GIS for Flood Risk Management in SUKHOTHAI Province*. Public organization: Geo-Informatics and Space Technology Development Agency, Bangkok – THAILAND.

Weichel, T. and et al (2005). *Development of a Municipal GIS and CMS-supported Flood Management System for the Stendal County (Saxony-Anhalt)*. ICID 21st European Regional Conference 2005-15-19 May 2005- Frankfurt (Oder) and Slubice- Germany and Poland.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی