

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۲۰، پاییز ۱۳۹۵

وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۲۷

تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۶/۱۸

صفحات: ۱۵۲ - ۱۴۱

بررسی خطر سیل و پهنه‌بندی آن در دشت بافت، جنوب شرقی ایران

مژگان دهقانی^۱، دکتر احمد عباس‌نژاد^۲، دکتر حسین نگارش^۳

چکیده

دشت بافت، یکی از مناطق با تکرار وقوع سیل و خسارات مکرر در ایران است. در این مطالعه به منظور مشخص نمودن مناطق تحت خطر سیل در دشت بافت، نقشه پهنه‌بندی خطر با استفاده از معیارهای ژئومورفولوژی، فتوزئولوژی و بازدید صحرایی تهیه گردید. اساس تهیه آن تفسیر عکس‌های هوایی ۱:۵۰۰۰۰، ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰۰ منطقه (به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۳۵، ۱۳۶۷ و ۱۳۷۱) به همراه کنترل صحرایی است. در تهیه این نقشه لازم بود جهت تفکیک آسان تر واحدها و مرز آنها، تمامی منطقه به صورت یکپارچه دیده شود؛ به همین دلیل، گستره عکسی منطقه تهیه گردید. از آنجا که در طبیعت عوارض خاصی سیل گیر هستند (نظیر مخروط افکنه، دلتاها و دشت‌های سیلابی)، می‌توان در سطح این عوارض با توجه به تغییر توپوگرافی و تغییرات تُن (Tone) عکس هوایی شدت و ضعف خطر سیل و نوع آن را شناسایی نمود. بدین ترتیب با تفسیر عکس‌ها، نقشه پهنه‌بندی خطر سیل تهیه و در مرحله بعد در روی زمین کنترل صحرایی گردید. در نقشه پهنه‌بندی، واحدهای مختلفی؛ نظیر: خطر زیاد سیلاب محصور در مجرا، خطر زیاد بخش سیلاب در سطح مخروط افکنه و خطر آبرفتگی زیاد در قاعده مخروط افکنه شناسایی و تفکیک شدند. با تطبیق این نقشه با نقشه کاربری زمین سرمایه‌های تحت خطر شناسایی گردیدند. بر این اساس بخش‌هایی از شهر بافت در محدوده با خطر بخش سیلاب پهنه‌ای قاعده مخروط افکنه واقع گردیده و بخش شرقی این شهر در معرض خطر زیاد سیلاب رودخانه‌ای است. همچنین تعداد زیادی از روستاهای این منطقه و باغات و اراضی کشاورزی به دلیل واقع شدن در مجاورت رودخانه‌ها، در معرض خطر طغیان رودخانه قرار دارند. از نقشه حاصله می‌توان برای کلیه موارد مربوط به مدیریت خطر سیل؛ مانند: تغییر کاربری زمین، هشدار، امداد و نجات، مقاوم‌سازی و تعیین نرخ بیمه سیل استفاده نمود. پیشنهاد می‌شود که اشغال سطوح پرخطر منع شده و با انجام عملیات آبخیزداری خطر سیل کاهش داده شود. کلید واژگان: سیل، نقشه پهنه‌بندی، دشت بافت، ژئومورفولوژی، عکس هوایی، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

Mojgandehghani92@yahoo.com

Aabbas@mail.uk.ac.ir

H_negareash@yahoo.com

۱- کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست محیطی، دانشگاه شهید باهنر کرمان (نویسنده مسئول)

۲- دانشیار بخش زمین‌شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- دانشیار بخش جغرافیا، دانشگاه سیستان و بلوچستان

مقدمه

جاری شدن سیل یکی از بلاهای مهم طبیعی است که بسیاری از نقاط جهان از جمله کشورهای توسعه یافته را تحت تأثیر قرار داده است. علاوه بر میلیاردها دلار خسارت مالی، تعداد زیادی از مردم نیز در هر سال زندگی خود را در اثر سیل از دست می‌دهند. یکی از راه‌های ممانعت و کاهش خسارات ناشی از سیل قرار دادن اطلاعات معتبر در اختیار مردم از طریق تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل است (Cook & Merwade, 2009: 131). این نقشه‌ها وجود، نوع و شدت و ضعف خطر را در منطقه مورد نظر نشان می‌دهند و به همین دلیل از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

با تطبیق نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل با نقشه‌های کاربری زمین می‌توان مناطق و سرمایه‌های تحت خطر (شهرها، روستاها، پل‌ها، کارخانه‌ها و غیره) را شناسایی نمود تا اقدامات لازم جهت حفاظت از این سرمایه‌ها صورت پذیرد. با داشتن این نقشه‌ها، در هنگام خطر تنها به محدوده‌های در معرض خطر سیل هشدار داده خواهد شد. در ضمن می‌توان کاربری زمین را متناسب با شدت و ضعف خطر و نوع آن به گونه‌ای انتخاب کرد که میزان خسارت ناشی از سیل کاهش یابد. با توجه به این نقشه‌ها می‌توان دریافت که اعتبارات مقابله با خطر سیل باید در کجاها هزینه شوند. نقشه‌آبگیری سیل علاوه بر مشخص نمودن مناطق تحت خطر در آینده، در عملیات امداد و نجات هنگام وقوع سیل نیز مفید است (عباس‌نژاد، ۱۳۸۷: ۴).

یکی دیگر از کاربردهای مهم این نوع نقشه‌ها، استفاده از آنها در حق بیمه خطر است و مدیران برای پهنه‌سازی کاربری زمین‌ها و برنامه‌های بیمه‌ای نیاز به نقشه‌های پهنه‌بندی سیل دارند (Theiling & Burant, 2012: 2). میزان حق بیمه از هر نوع بلای طبیعی متأثر از شدت و ضعف آن خطر است؛ در نتیجه، بسیاری از کشورهای اروپایی در حال حاضر نقشه‌های سیل تهیه شده توسط سازمان‌های دولتی و بیمه صنعتی را در دست دارند (De Moel et al., 2009: 131). از نقشه‌های

پهنه‌بندی برای مقاوم‌سازی سازه‌ها در برابر خطر، اجتناب از مناطق تحت خطر و حتی برنامه‌ریزی برای آمادگی مقابله با خطر نیز می‌توان کمک گرفت؛ بنابراین، آنها مبنای مهمی برای مدیریت بلایای طبیعی هستند.

منطقه بافت به دلیل دارا بودن کوهستان‌های مرتفع در شمال و دریافت بارش نسبتاً زیاد، هر ساله شاهد سیل‌هایی در فصول مختلف است. ویژگی‌های توپوگرافی و آب و هوا و تخریب پوشش گیاهی باعث تشدید خطر سیل در این منطقه شده است که معمولاً این سیل‌ها خسارت‌های مالی فراوان و حتی گاهی تعدادی کشته نیز بر جای می‌گذارند. از جمله این موارد می‌توان به سیل شهریور ۱۳۸۹ اشاره نمود که در آن علاوه بر میلیاردها ریال خسارت ۳ نفر نیز کشته شدند (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۶)؛ بنابراین، نقشه خطر سیل، ابزاری حیاتی برای مدیریت این خطر در منطقه مورد مطالعه به شمار می‌آید.

پیشینه تحقیق

از جمله مطالعاتی که در زمینه پهنه‌بندی خطر سیل و برآورد سیلاب در سطح ایران و جهان انجام شده، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

صفری (۱۳۸۰) با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS الگوی مدیریت بهینه خطر سیل در دشت‌های سیلابی را مورد بررسی قرار داده است. فرج‌زاده و نصرتی (۱۳۸۳) با استفاده از مدل رگرسیون چند متغیره عوامل مؤثر در سیل خیزی حوضه گاو رود در غرب ایران را شناسایی و هر زیر حوضه را از نظر قابلیت تولید رواناب طبقه‌بندی کرده‌اند. امیدوار و همکاران (۱۳۸۹) با به کارگیری روش تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای، پتانسیل سیل خیزی حوزه آبریز کنجانچم را بررسی کرده‌اند. فرج‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) آمار ایستگاه‌های آب سنجی را جهت محاسبه ضریب سیل خیزی در استان گلستان مورد استفاده قرار داده‌اند. ملکیان و همکاران (۱۳۹۱) اقدام به پهنه‌بندی سیل خیزی حوزه آبخیز اخترآباد با استفاده از روش

سانیل و لو^۶ (۲۰۰۴) با به‌کارگیری روش‌های سنجش از دور و GIS نقشه مناطق در معرض خطر سیل در نواحی موسمی آسیا را تهیه نموده‌اند. لوی^۷ (۲۰۰۵) برای مدیریت خطر سیل از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) و سیستم پشتیبانی تصمیم (DSS) استفاده کرده و به این نتیجه رسید که MCDM و DSS می‌توانند در تشخیص مکان‌های مستعد سیلاب مفید باشند. در سال ۲۰۰۷، اتحادیه اروپا بخشنامه جدیدی را صادر کرد که طی آن لازم بود تمام کشورهای عضو نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل برای قلمرو خود را تا سال ۲۰۱۵ تهیه نمایند (EXSCIMAP, 2007: 8).

کوک و همکاران^۸ (۲۰۰۹) با دو مدل HEC-RAS و FESWMS، ویژگی‌های توپوگرافی و ژئومتریک رودخانه‌های استرودز^۹ در کارولینای شمالی و برزس^{۱۰} در تگزاس آمریکا را مقایسه و تأثیر هر یک از این عوامل را در نقشه پهنه‌بندی سیلاب تعیین کردند. رویز ویلانوا^{۱۱} (۲۰۱۰) به تحلیل دندروژئومورفیک سیل‌های ناگهانی حوضه کوهستانی مرکز اسپانیا پرداخته‌اند. تنلینگ و بورانت^{۱۲} (۲۰۱۲) با استفاده از GIS نقشه پهنه‌بندی خطر سیل را برای مدیریت دشت سیلابی سیستم رودخانه می‌سی‌سی‌پی تهیه نموده‌اند. سارکار و وایدیا^{۱۳} (۲۰۱۴) نقش روش‌های مختلف موجود برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر سیل برای حوضه‌های رودخانه‌ای را مورد بحث قرار داده‌اند و سرانجام جانگ و همکاران^{۱۴} (۲۰۱۴) با تصاویر لندست و مدل ارتفاع رقومی نقشه آبرگیری سیل را بر اساس منحنی رتبه ارتفاع - تخلیه سیل برای دو رودخانه در ایندیانا، ایالات متحده تهیه کردند. نتایج آنها نشان داد که بین محدوده سیل گیر برآورد شده و محدوده

بررسی خطر سیل و پهنه‌بندی آن در دشت بافت، جنوب شرقی ایران

تحلیل سلسله مراتبی فازی نموده‌اند. یمانی و همکاران (۱۳۹۱) به ارزیابی مدل منطق فازی در مقایسه با سایر مدل‌های مفهومی در پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی با تأکید بر ویژگی‌های ژئومورفولوژیک حوضه داورزن پرداخته‌اند. دهقانی و همکاران (۱۳۹۱) عوامل مؤثر در بروز سیل تابستان ۱۳۸۹ در منطقه بافت را مورد بررسی قرار داده‌اند. صالحی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از GIS و تحلیل سلسله مراتبی فازی، به مطالعه خطر سیلاب شهری تهران پرداخته‌اند.

ویلت و شارد^۱ (۱۹۹۱) برای بررسی امکان استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی، در پروژه‌های کنترل سیلاب روزخانه گزند و تار^۲ در اکلاهامای آمریکا، مناطق مستعد سیلاب را شناسایی نمودند. تودینی^۳ (۱۹۹۹) سیستم عملکردی تصمیم را جهت دستیابی به نقشه پیش‌بینی و مدیریت خطر سیلاب به کار گرفته است. اکثر پروژه‌های تهیه نقشه‌های خطر سیل در اروپا در اواخر دهه ۱۹۹۰ به دنبال بروز سیل‌های بزرگ در آن دوره آغاز شدند (Hoydal et al., 2000: 252., Menendez, 2000: 53., Pettifer, 2000., Taw, 2004). وانگ و همکاران^۴ (۲۰۰۲) برای به دست آوردن نقشه پهنه‌بندی خطر سیل در کارولینای شمالی از تصاویر TM لندست و داده‌های مدل ارتفاعی رقومی (DEM) استفاده کردند. در ایالات متحده، آژانس مدیریت اضطراری فدرال (FEMA) (۲۰۰۷) نقشه‌های نرخ بیمه را به عنوان بخشی از برنامه بیمه ملی سیل (NFIP)، برای سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ سال (سیل طرح) تهیه و به روزرسانی کرده است. این آژانس حدود ۱۰۰۰۰۰ نقشه خطر سیل تولید کرده است که ۱۵۰۰۰۰ مایل مربع از مساحت دشت سیلابی برای ۱۹۲۰۰ آبادی را تحت پوشش قرار می‌دهند. ژانگ و همکاران^۵ (۲۰۰۲) با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) پهنه‌بندی خطر سیل را در مناطق در معرض سیلاب شدید در یاماگوچی ژاپن انجام داده‌اند.

6. Sanyal & Lu

7. Levy

8. Cook et al

9. Strouds

10. Brazos

11. Ruiz-Villanueva et. al

12. Theiling and Burant

13. Sarkar et al

14. Jung et al

1. Willtt & Sharda

2. Grand & Tar

3. Todini

4. Wang et al

5. Zhang et al

داده‌ها را به درستی ثبت نکنند؛ چون در اکثر موارد این ایستگاه‌ها به دلیل حجم تخلیه بیش از حد آسیب می‌بینند (Ruiz-Villanueva et al, 2010:383) یا ناظری برای سنجش آنها در محل ایستگاه هیدرومتری حضور ندارد؛ در نتیجه، داده‌های منظم در دسترس نیست و این مانع از درک بهتر ما در مورد رخداد موقتی و خاص فرایند است. به علاوه، این داده‌ها در تعیین محدوده‌های سیل‌گیر کوهستانی و دشت‌های سیلابی کارایی بیشتری داشته؛ اما در نشان دادن محدوده‌های پخش سیل در سطح مخروط افکنه‌ها دارای محدودیت‌هایی هستند؛ از این‌رو، در این پژوهش از روش سوم مبتنی بر تفسیر عکس‌های هوایی با تأکید بر معیارهای ژئومورفولوژیکی استفاده گردید.

بر اساس معیارهای ژئومورفولوژیکی نه تنها می‌توان عوارض سیل‌گیر (نظیر مخروط افکنه‌ها، دلتاها و دشت‌های سیلابی) را شناسایی و تفکیک کرد؛ بلکه با در نظر گرفتن عوارض کوچکتر موجود در سطح آنها و نیز با در نظر گرفتن معیارهای تفسیری دیگر نظیر تن و بافت عکس هوایی، محدوده‌های سیل‌گیر قابل تفکیک خواهند بود. این روش در شرایطی نظیر منطقه مورد مطالعه بسیار مفید است؛ چون پوشش گیاهی انبوه پوشاننده عوارض کوچک وجود ندارد (عسکری‌خواه، ۱۳۵۸: ۱۸؛ رحیمی‌مقدم، ۱۳۸۷: ۱۰۵) و تغییرات تن و بافت سطوح با خطر سیل‌گیری متفاوت به راحتی قابل تشخیص هستند. بر اساس مطالعات مهندسان مشاور سازه‌پردازی ایران (۱۳۸۵: ۸۶) از میان پنج منطقه رویشی شناخته شده در سطح کشور (منطقه هیرکانی یا خزری، منطقه ارسبارانی، منطقه زاگرس، منطقه خلیج-عمانی و منطقه ایرانی تورانی) تنها بخش‌هایی از منطقه ایرانی تورانی در منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود که در آن پوشش گیاهی انبوه نیست. در ضمن با توجه به اینکه خطر سیل در منطقه مورد مطالعه منحصر به سطوح مخروط افکنه‌ای، دشت سیلابی نسبتاً کم عرض ناشی از مجاری آبراه‌ای بزرگ است (نظیر رودخانه‌های زردشت و بافت) استفاده از این روش امکان‌پذیر است. در ضمن یادآور

سیل‌گیر واقعی برای سیل‌های بزرگتر تطابق بیشتری وجود دارد.

پهنه‌بندی خطر سیل در منطقه بافت تاکنون با هیچ روشی انجام نشده است. در ارتباط با پهنه‌بندی خطر سیل در ایران، مطالعات اندکی صورت گرفته و مشکل اصلی در تهیه این نقشه‌ها نبود بانک اطلاعاتی مدون مربوط به سیل‌های گذشته با تکیه بر سیستم اطلاعات جغرافیایی و نیز فقدان داده‌های هیدرولوژیکی و توپوگرافیکی رقومی دقیق است.

مواد و روش‌ها

به طور کلی روش‌های تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل را می‌توان به سه نوع تفکیک نمود (Diez-Herrero et al, 2009: 25). البته امکان تهیه نقشه پهنه‌بندی از تلفیق دو یا هر سه این روش‌ها هم وجود دارد. این روش‌ها عبارتند از:

- تهیه نقشه پهنه‌بندی بر اساس حوادث گذشته (بر اساس تلفیق نقشه‌های گسترش سیل‌های با اندازه مختلف که در گذشته حادث شده‌اند)

- تهیه نقشه پهنه‌بندی بر اساس معیارهای هیدرولوژی (برای مثال با استفاده از داده‌های هیدرولوژی و توپوگرافی و با کاربرد نرم افزار HEC-RAS)

- تهیه نقشه پهنه‌بندی بر اساس معیارهای ژئومورفولوژی (Diez-Herrero et al, 2009:25).

از آنجا که در ایران معمولاً پس از رخداد سیل‌ها گزارش مستندی از آنها که در آن اندازه، دوره تکرار و نقشه گسترش مشخص شده باشند، تهیه نمی‌شود؛ بنابراین، روش اول قابل استفاده نیست. روش‌های مبتنی بر معیارهای هیدرولوژیکی نیز به داده‌های مربوط به بارش‌ها و آبدهی رودخانه‌ها و نیز داده‌های توپوگرافیکی رقومی نیاز دارند که به سختی قابل تهیه نیستند؛ زیرا از یک سو کمبود اطلاعات در مورد بارش و آبدهی به دلیل کمبود داده‌های توزیع بارش و جریان برای دوره‌های طولانی (یعنی ۳۰ سال >) نقش محدود کننده دارند و از سوی دیگر ایستگاه‌های سنجش جریان ممکن است طی رخداد وقایع شدید،

در ارتباط با خطر سیل در دشت‌های سیلابی منطقه بدین گونه عمل شد که مجرای اصلی رودخانه‌ها و آبراهه‌های اصلی که تقریباً هم ارتفاع با بستر بوده و به علت فقدان جلای بیابان و نیز صیقل‌شدگی قطعه سنگ‌ها در عکس‌های هوایی با تن خاکستری روشن مشخص می‌شود، به عنوان «محدوده‌های پرخطر سیل‌های محصور در مجرا» مشخص شده‌اند. از آنجا که این منطقه به لحاظ تکتونیکی نسبتاً فعال است، آبراهه‌های اصلی عبور کننده از دشت بستر خود را بریده‌اند؛ لذا مجاری آنها تا حدی عمیق است که امکان سرریز کردن سیل از این مجاری و پخش آن در زمین‌های اطراف وجود ندارد و به همین دلیل در این مطالعه، اساس ارزیابی خطر سیل و تهیه نقشه پهنه‌بندی، تفسیر عکس‌های هوایی ۱:۵۰۰۰۰، ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰۰ منطقه (به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۳۵، ۱۳۶۸ و ۱۳۷۱) و کنترل صحرایی نقشه حاصل از تفسیر این عکس‌ها بوده است. بدین منظور، پس از تهیه این عکس‌ها، از آنها یک گستره عکسی^۱ تهیه گردید، سپس بخش‌های مختلف این گستره عکسی با استفاده از استریوسکوپ بزرگ آینه‌ای تفسیر گردید و محدوده‌های سیل‌گیر شناسایی و تفکیک شدند. در مرحله بعد نقشه پهنه‌بندی حاصل از تفسیر در روی زمین کنترل صحرایی شد و محدوده‌های مشکوک در تفسیر، در روی زمین شناسایی و به لحاظ خطر سیل تعیین وضعیت شدند و پس از اصلاح نقشه اولیه، نقشه نهایی پهنه‌بندی تهیه گردید.

بررسی خطر سیل و پهنه‌بندی آن در دشت بافت، جنوب شرقی ایران می‌شود که به علت کوهستانی و پرشیب بودن حوضه آبرگیر رودخانه‌ها و مسیل‌ها، سیل در کوه‌های این منطقه امکان پخش شدن ندارد و تنها در بستر دره‌ها جاری می‌شود. در ارتباط با تفکیک و تفسیر سطوح سیل‌گیر مخروط افکنه‌ها دو عامل T_n و ارتفاع نسبی مورد توجه قرار گرفتند. در سطوح به شدت سیل‌گیر که به علت رخداد مکرر سیل، سطح سنگ‌ها صیقلی شده و نیز سنگ‌ها فاقد جلای بیابان هستند؛ لذا تن آنها در عکس هوایی روشن است. به علاوه این سطوح معمولاً به صورت مثلثی دیده می‌شوند که رأس آن در محل خارج شدن سیل‌ها از مجرای محبوس قرار دارد. از آنجا که این سطوح همواره در معرض خطر سیل هستند، در مطالعه کنونی به عنوان سطوح «پرخطر سیل‌های پهنه‌ای» در نظر گرفته شدند؛ ولی اغلب در حاشیه آنها سطوح تقریباً هم ارتفاعی دیده می‌شود که تنها سیل‌های بزرگ آنها را فرا می‌گیرند، تن آنها روشن نبوده و خاکستری متوسط است؛ زیرا در اثر سیل گرفتگی کمتر، جلای بیابان نازکی در سطح سنگ‌های آنها تشکیل شده است. در این مطالعه خطر سیل در آنها از نوع «خطر متوسط سیل‌های پهنه‌ای» لحاظ شده است. همچنین، بخش‌هایی از مخروط افکنه‌های منطقه دارای سطوح با تن تیره (جلای بیابان کامل) بوده و اندکی (چند متر) از سطوح قبلی مرتفع‌تر هستند. با توجه به بررسی‌های صحرایی، این سطوح تنها ممکن است توسط سیل‌های استثنایی اشغال شوند؛ بنابراین، در نقشه به عنوان «سطوح کم‌خطر سیل‌های پهنه‌ای» مشخص گردیده‌اند. بالاخره، بخش‌های مرتفع مخروط افکنه‌ها که دارای اختلاف ارتفاع بیش از چند متر از اطراف بوده، تن خاکستری تیره داشته و در سطح زمین پوشش گیاهی استقرار یافته و جلای بیابان تکامل یافته‌ای نشان می‌دهند، به عنوان «سطوح بدون خطر» معرفی گردیده‌اند. معیارهای بررسی شده در این مطالعه در جدول ۱ ارائه گردیده‌اند.

جدول ۱. معیارهای به کار رفته در مطالعه

نوع معیار	نحوه ارتباط با خطر سیل
ژئومورفولوژی (نوع عارضه)	مخروط افکنه
	دشت سیلابی
	مسیل‌ها
ژئومورفولوژی (نوع)	اصولاً سطوح پخش سیل هستند؛ ولی امکان پخش سیل در همه جای آنها یکسان نیست.
فتوژئولوژی (نوع)	از جمله مهمترین عوارض سیل خیز هستند
	مجاری طبیعی عبور سیل هستند
ژئوگرافی	سطوح سیلگیر به علت فقدان جلای بیابان، فقدان خاک، صیقل شدگی سنگ‌ها و رسوبگذاری رس‌های خشک شده با تن روشن دیده می‌شوند
	در سطوح مخروط افکنه‌ها و دشت سیلابی، با توجه به توپوگرافی (اختلاف ارتفاع نقاط) محدوده‌های با سیل‌خیزی متفاوت را می‌توان از هم تفکیک نمود.

(منبع: مطالعات نگارندگان)

منطقه که شبیه به یک عکس هوایی بزرگ از کل منطقه است، به دست آمد.

پس از تهیه گستره عکسی، استریوسکوپ بزرگ آینه‌دار روی هر عکس آن قرار داده شد و عکس زوج متعلق به آن که از همان ابتدا کنار گذاشته شده بود، در زیر آینه دیگر این استریوسکوپ گذاشته شد و با تنظیم آن و احساس دید سه بُعدی، تفسیر صورت گرفت. نتیجه تفسیر روی عکس فرد که جزئی از گستره عکسی بود، ترسیم شد. سپس با قرار دادن کاغذ کالک روی گستره عکسی و ترسیم تفسیرها روی کاغذ کالک، نقشه مقدماتی پهنه‌بندی تهیه گردید. این نقشه همراه با عکس‌های هوایی در روی زمین کنترل گردید تا خطاهای تفسیری رفع شوند. در پایان نقشه تصحیح شده، رنگ‌آمیزی و چاپ شد. پس از اسکن کردن، این نقشه در سامانه GIS زمین مرجع^۱ شده و نقشه پهنه‌بندی سیل تهیه گردید.

نتایج و بحث

در سطح دشت بافت سه نوع عارضه اصلی و مهم تشخیص داده شد که عبارتند از: مخروط افکنه‌ها، دشت‌های سیلابی (یا دره‌های عریض) و مسیل‌ها.

لازم به یادآوری است که گستره‌های عکسی شباهت‌هایی با فتوموزائیک دارند؛ ولی در آنها عکس‌ها روی یک سطح مشخص چسبانده نمی‌شوند. همچنین عکس‌های یک در میان در تهیه گستره عکسی به کار می‌روند و تنها حاشیه غیر تصویری عکس‌ها چیده می‌شود. در هر حال، گستره عکسی منطقه طی مراحل زیر تهیه گردید:

۱- ابتدا عکس‌های هوایی ۱/۵۰۰۰ منطقه در هر ردیف عکس‌برداری به صورت یک در میان زوج و فرد جدا گردیدند.

۲- عکس‌های با شماره زوج کنار گذاشته شدند.

۳- در مرحله سوم، حاشیه غیر تصویری عکس‌های فرد مربوط به هر ردیف با قیچی بریده و کنار ریخته شدند.

۴- در مرحله بعد با توجه به پوشش مشترک عکس‌ها و مقایسه پدیده‌های موجود در آنها، این عکس‌های فرد بر هم منطبق گردیدند (یادآوری می‌شود که عکس‌های فرد متوالی به طور متوسط ۲۰٪ پوشش مشترک دارند) و ردیفی از عکس‌های به هم چسبیده به دست آمد.

۵- در مرحله پنجم، ردیف‌های تهیه شده در سطح یک میز بزرگ به هم چسبانده شده و گستره عکسی

1. Geo reference

می‌یابند. جریان آنها به سمت جنوب و جنوب شرق بوده و در این جهت نیز به هم متصل می‌شوند. به طوری که در انتهای جنوب شرقی دشت رودخانه واحدی را تشکیل می‌دهند که می‌توان آن را هلیل رود در نظر گرفت. خطر سیل در مجرای این رودخانه‌ها و در سطوح مخروط افکنه‌ای شمال دشت و نیز در جنوب غرب دشت وجود دارد. با توجه به این نقشه و موقعیت روستاهای منطقه، ملاحظه می‌شود که بعضی از آنها در محدوده خطر سیل قرار دارند.

بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر سیل منطقه بافت، بخش‌هایی از شهر بافت در محدوده خطر پخش سیلاب پهنه‌ای قاعده مخروط افکنه قرار دارند. روستاهای اسلام آباد، حسین آباد، جمال آباد، بیدکران و صالح آباد نیز در محدوده خطر سیل در سطح مخروط افکنه‌هایی قرار گرفته‌اند که سیل‌های پخش شونده معمولاً این محدوده‌ها را فرا می‌گیرند. وسعت این محدوده‌ها ۱۱۶۸۹ هکتار است. روستاهای گرگوئی، جمیل آباد و اشنان در محدوده خطر متوسط سیلاب‌های پهنه‌ای قرار دارند. وسعت این واحد پهنه‌بندی خطر ۱۶۸۲۵ هکتار است. روستاهای باغویی و بیدمهر در سطوح کم خطر سیلاب پهنه مخروط افکنه‌ها قرار دارند. وسعت این محدوده‌ها ۱۱۸۰۲ هکتار است. محدوده با خطر زیاد سیلاب محصور در مجرا سطوح مجاور آبراهه‌های اصلی دشت را شامل می‌شود که جمعاً حدود ۲۴۷ کیلومتر طول دارند. بعضی از روستاها در مجاورت این سطوح قرار داشته و کمابیش در معرض تهدید سیل ناشی از آنها هستند. اسامی این روستاها در جدول ۲ آمده است. بخش شرقی شهر بافت نیز در معرض خطر زیاد سیلاب محصور در مجرا قرار دارد.

با خروج آب‌های سطحی از مجاری محصور کوهستانی و ورود آنها به دشت، به علت کاهش شیب بستر و امکان جابجایی رسوبات در مجرا، رسوبگذاری صورت گرفته و مخروط افکنه‌ها پدید آمده‌اند. نفوذ آب به داخل رسوبات مخروط افکنه‌ای موجب تشکیل سفره‌های آب زیرزمینی شده که از طریق حفر قنات مورد استفاده قرار می‌گیرند. جریان‌های سطحی خروجی از سطح مخروط افکنه‌ها در مرکز و جنوب دشت به هم پیوسته و مجاری رودخانه‌های اصلی منطقه را به وجود آورده‌اند. به علت فعال بودن منطقه از نظر تکتونیکی، آنها بستر خود را بریده و مجاری نسبتاً عریضی تشکیل داده‌اند که می‌توان آنها را دشت سیلابی نامید که هنگام عبور سیل کم و بیش توسط آب اشغال می‌شوند.

اسکان در این منطقه در سطوح مخروط افکنه‌ای و در حاشیه دشت سیلابی رودخانه‌ها صورت گرفته است. در سطح مخروط افکنه‌ها هر جا که از طریق حفر قنات به آب‌های زیرزمینی دسترسی حاصل شده، مناطق مسکونی و آبادی‌ها هم شکل گرفته‌اند. در دشت سیلابی نیز هر جا که زمین قابل زراعت وجود داشته و شرایط برای انشعاب گرفتن از رودخانه فراهم بوده، زمین‌های کشاورزی و باغ‌ها توسط انسان ایجاد گردیده و در مجاورت آنها مناطق مسکونی نیز به وجود آمده‌اند. در این منطقه مشکل حرکت توده‌ای وجود ندارد. شیب‌ها در دشت و در سطح مخروط افکنه‌ها کم بوده و مستعد حرکت توده‌ای هستند.

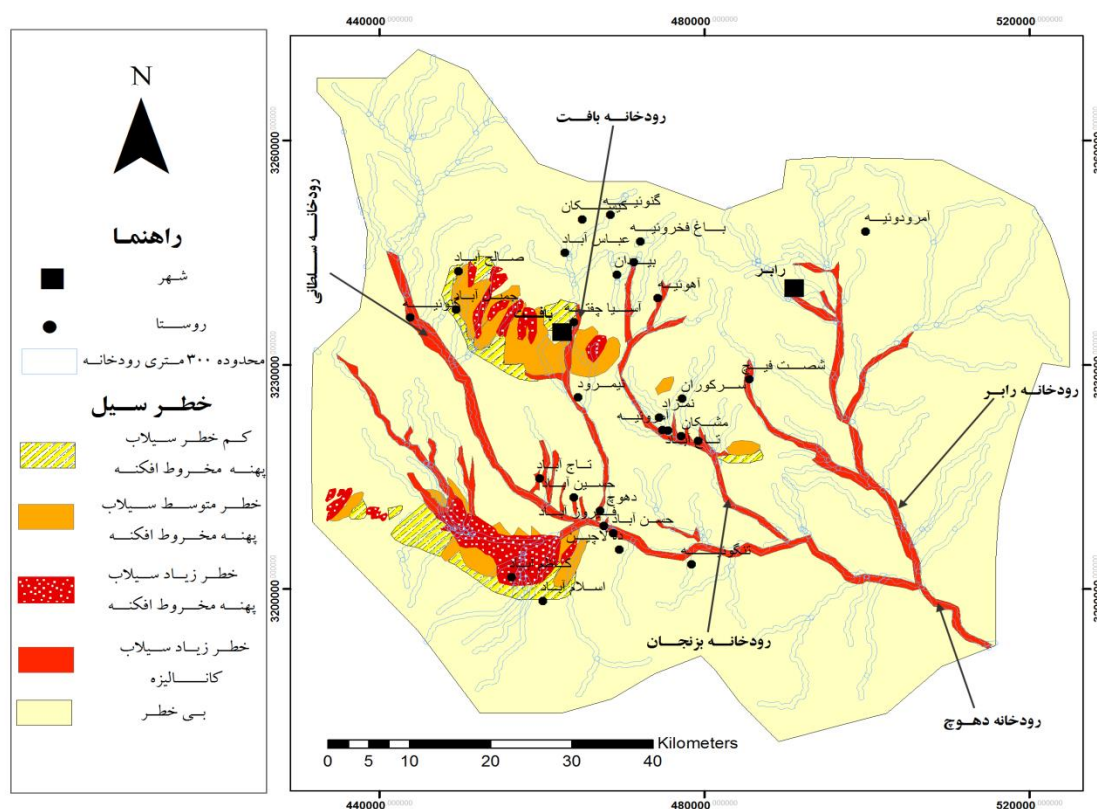
نقشه سیل‌خیزی منطقه (تهیه گردیده به روش بیان شده در بخش قبل) در شکل ۱ ارائه شده است. این نقشه بر اساس تفسیر معیارهای ژئومورفولوژی، میزان خطر سیل در منطقه بافت را به صورت پر خطر، خطر متوسط، کم خطر و بی‌خطر نشان می‌دهد که در محیط GIS رقومی گردیده است. با توجه به آن سیل‌خیزی منطقه ناشی از رواناب‌هایی است که از کوهستان‌های شمال منطقه منشأ گرفته‌اند. آنها علاوه بر تشکیل مخروط افکنه‌ها، به صورت رودخانه‌های رابر، شصت فیچ، بافت، سلطانی، بزجان و دهوچ جریان

جدول ۲. اسامی نمونه‌هایی از آبادی‌های واقع در سطوح مختلف خطر

میزان خطر سیلاب	نام روستاها
پخش سیلاب پهنه‌ای با خطر زیاد	اسلام آباد، حسین آباد، جمال آباد، بیدکران، صالح آباد
خطر آبگرفتگی زیاد در قاعده مخروط افکنه	گرگوئی، جمیل آباد، اشنان
خطر آبگرفتگی کم در قاعده مخروط افکنه	باغوئی، بیدمهر
خطر زیاد حاشیه رودخانه	شیرجه، دهوچ، حسین آباد، هلیل رود، شصت فیچ علیا و سفلی، باغ بید، هنجان، گورساروئی، مودران، آهوئی، بزنجان، کاظم آباد، نیمرود محمودی، حسن آباد، مورساروئی، ده زارچ، باغ فخروئی، گونوئی، هارموئی، باغ پیرو

(منبع: مطالعات نگارندگان)

شکل ۱. نقشه پهنه‌بندی خطر سیل



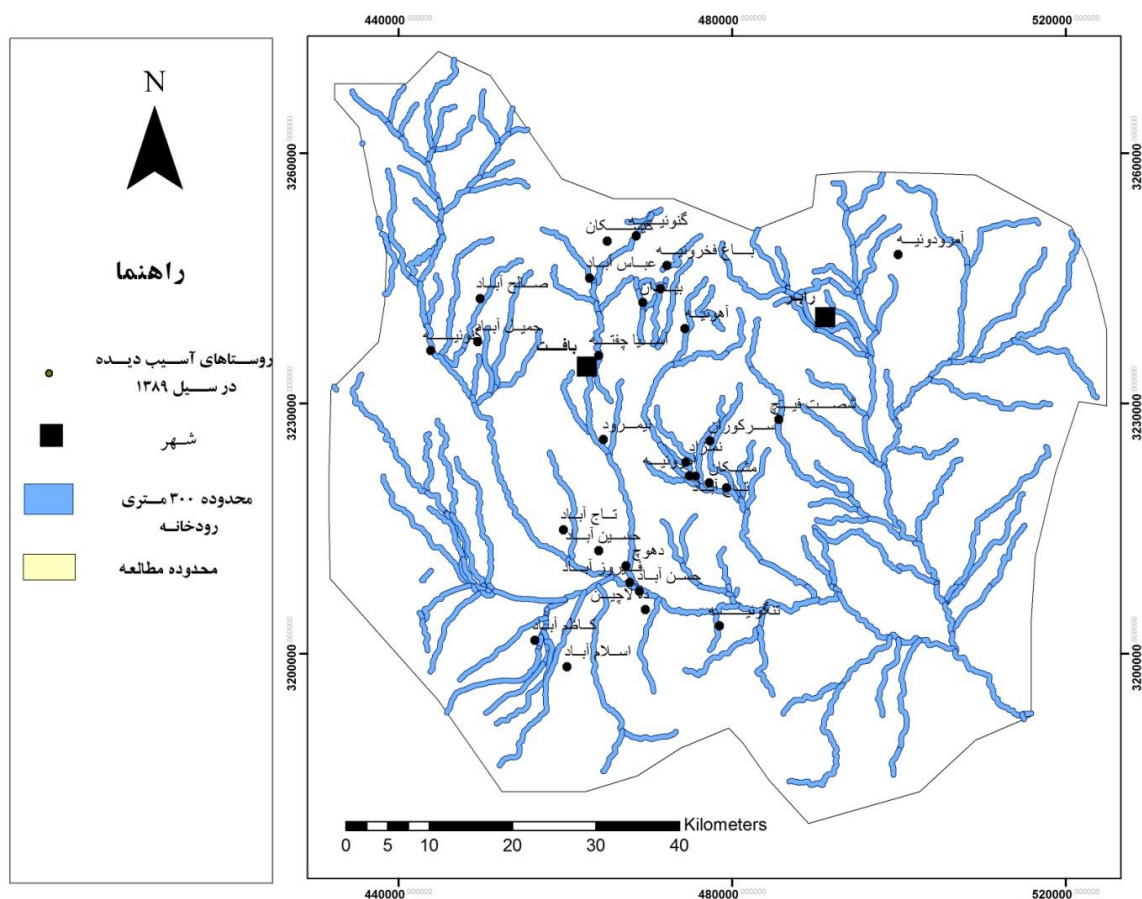
(منبع: مطالعات نگارندگان)

ترسیم گردید و محدود بیش از آن به صورت ایمن در نظر گرفته شد تا آبادی‌هایی که در آن حریم قرار دارند مشخص گردند. در این شکل ۲ موقعیت روستاهای آسیب دیده در اثر سیل شهریور ۱۳۸۹ بافت نسبت به محدوده ۳۰۰ متری رودخانه‌ها نشان داده شده است. با توجه به شکل مذکور بیشتر روستاهای آسیب دیده در این حریم واقع گردیده‌اند؛ پس می‌توان یکی از دلایل خسارت‌های حاصل از این سیل را تجاوز انسان

از نقشه پهنه‌بندی تهیه شده مشخص گردید که پهنای زون پرخطر سیلاب مجاری محصور در اطراف آبراهه‌های اصلی، حدود ۳۰۰ متر است (شکل ۱)، بر اساس گزارش استانداری کرمان (۱۳۸۹) بسیاری از روستاهای آسیب دیده در سیل تابستان ۱۳۸۹ بافت، مورد هجوم سیل‌های قبل نیز قرار گرفته‌اند؛ بنابراین، در محیط GIS محدوده ۳۰۰ متری اطراف رودخانه‌ها به عنوان محدوده حریم (به صورت بافر ۳۰۰ متری)

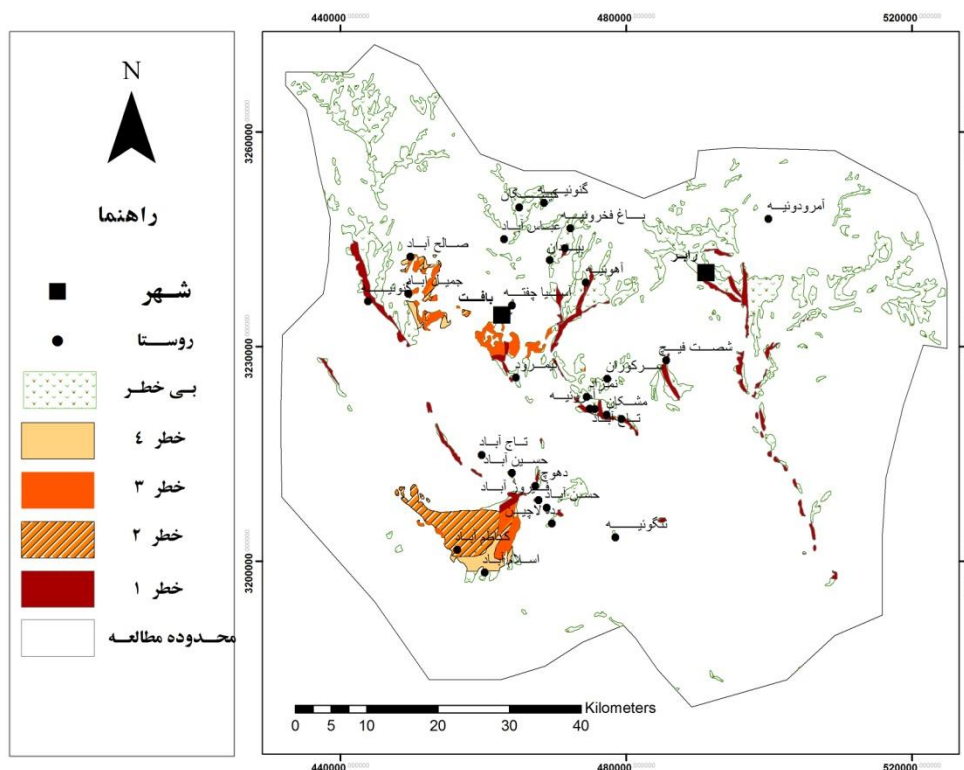
نمودار درصد مساحت زمین‌ها و باغات کشاورزی در محدوده‌های مختلف خطر سیل ارائه گردیده است. مدیریت خطر سیل در حوضه آبرگیر رودخانه‌ها و مسیل‌هایی که وارد این دشت می‌شوند، از اهمیت بالایی برخوردار است. در مجموع تضعیف پوشش گیاهی و فرسایش خاک توسط انسان به همراه عوامل طبیعی مانند حوضه‌های آبرگیر پرشیب شرایط را برای وقوع سیل در منطقه فراهم نموده است. به کمک اقداماتی نظیر احداث دیواره حفاظتی می‌توان سازه‌ها، باغ‌ها و مزارع را حفاظت نمود. آبخیزداری در حوضه آبرگیر رودخانه‌های منطقه می‌تواند حجم و دبی اوج سیلاب ورودی به دشت و تعدد وقوع سیل‌ها را کاهش دهد و حفظ و تقویت پوشش گیاهی و جلوگیری از چرای مفرط احشام از بهترین اقدامات در این راستا است. همچنین پیشنهاد می‌شود از اشغال سطوح پرخطر سیل پهنه‌ای و مجاری محصور تا حد امکان پرهیز شود.

به حریم رودخانه‌ها دانست. اگرچه شکل‌گیری مناطق مسکونی و کشاورزی در این دشت به طور مستقیم یا غیرمستقیم متأثر از منابع آب‌های سطحی است؛ ولی انسان‌ها با تهاجم به مجرای طبیعی عبور آب‌های سطحی، خود را در معرض خطر سیل قرار داده‌اند. شکل ۳ نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد که بر اساس تفسیر عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، محدوده زمین‌های زراعی، باغ‌ها و مناطق مسکونی در محیط GIS رقومی گردید و نقشه مربوطه تهیه شد. بر این اساس از مجموع ۶۰۱۱۴ هکتار مزارع و باغات موجود در محدوده مورد مطالعه ۷۱۵۳ هکتار در محدوده خطر زیاد سیلاب مجاری محصور و طغیان رودخانه‌ای، ۶۵۵۰ هکتار در محدوده خطر زیاد پخش سیلاب پهنه مخروط افکنه، ۴۶۳۱ هکتار در معرض خطر آبگرفتگی زیاد در قاعده مخروط افکنه و ۲۱۷۵ هکتار در معرض خطر آبگرفتگی کم در قاعده مخروط افکنه واقع شده‌اند. در شکل ۴ نیز

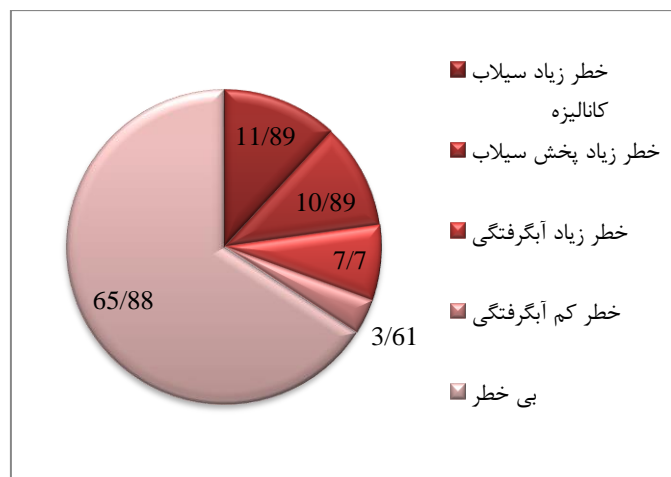


شکل ۲. نقشه حریم ۳۰۰ متری رودخانه‌ها و روستاهای آسیب دیده در اثر سیل تابستان ۱۳۸۹

(منبع: مطالعات نگارندگان)



شکل ۳. نقشه کاربری‌های در معرض خطر سیل
(منبع: مطالعات نگارندگان)



شکل ۴. نمودار درصد مساحت زمین‌های کشاورزی و باغات موجود در محدوده‌های مختلف خطر
(منبع: مطالعات نگارندگان)

نتایج

مستعد شدت‌های مختلف سیل به تهیه این نوع نقشه‌ها کمک می‌کند. بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر سیل منطقه بافت، بخش‌هایی از شهر بافت در محدوده با خطر پخش سیلاب پهنه‌ای قاعده مخروط افکنه قرار دارند. روستاهای اسلام آباد، حسین آباد، جمال آباد، بیدکران و صالح آباد نیز در محدوده پرخطر سیل در

استفاده از عکس‌های هوایی و تفسیر آنها بر اساس معیارهای ژئومورفولوژیکی و فتوژئولوژیکی به لحاظ هزینه، صرف وقت و امکان‌پذیری مناسب‌ترین روش تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر سیل در ایران است که در آن شناسایی عوارض سیل‌گیر و تفکیک سطوح

منع گردد (مگر در شرایط خاص و با انجام اقدامات مناسب).

منابع

استانداری کرمان (۱۳۸۹). خلاصه گزارش سیل بافت، ص ۴۵.
امیدوار، کمال؛ کیان فر، آمنه؛ عسکری، شمس الله (۱۳۸۹).
پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه کنجانچم، فصلنامه
پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۲، صص ۹۰-۷۳.

دهقانی، مژگان؛ عباس‌نژاد، احمد؛ نظری، مه‌ری (۱۳۹۱). بررسی
عوامل مؤثر در بروز سیل ۱۳۸۹ شهرستان بافت، مجموعه
مقالات پنجمین همایش ملی دانشگاه پیام نور، دانشگاه پیام
نور کرمان، ص ۵۸.

رحیمی مقدم، محمد (۱۳۸۷). بررسی روش‌های MPSIAC
(PSIAC اصلاح شده و EPM در برآورد رسوب در حوزه
آبخیز سد بافت، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی
زیست محیطی، دانشگاه باهنر کرمان.

سازه‌پردازی ایران (مهندسين مشاور) (۱۳۸۵). مطالعات مرحله
توجیهی طرح ساماندهی و تعیین حریم و بستر رودخانه‌های
هلیل و شور جیرفت، مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی.

صالحی، اسماعیل؛ رفیعی، یوسف؛ فرزاد بهتاش، محمدرضا؛
آقابابایی، محمدتقی (۱۳۹۲). پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری
با استفاده از GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی
(مطالعه موردی: تهران)، مجله محیط شناسی، سال سی و
نهم، شماره ۳، صص ۱۸۸-۱۷۹.

صفری، علیرضا (۱۳۸۰). تعیین الگوی مدیریت بهینه در
دشت‌های سیلابی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه احیای
مناطق خشک و بیابانی، استاد راهنما: محمد مهدوی، دانشگاه
تهران.

عباس‌نژاد، احمد (۱۳۸۷). گزارش طرح تحقیقاتی بررسی
سیل‌خیزی (پهنه‌بندی خطر سیل) در حوضه آبریز هلیل رود
با استفاده از GIS، دانشگاه شهید باهنر کرمان، صص ۴-۲.

عسکری‌خواه، حمید (۱۳۵۸). گزارش مقدماتی پوشش گیاهی
حوزه آبخیز هلیل رود، طرح جامع آبخیزداری سد هلیل رود
کرمان، دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان جنگل‌ها و
مراعات کشور، وزارت کشاورزی و منابع طبیعی، صص ۲۸-۳.

عکس‌های هوایی ۵۰۰۰:۱ منطقه بافت (۱۳۴۹). سازمان
جغرافیایی نیروهای مسلح.

سطح مخروط افکنه‌هایی قرار گرفته‌اند که سیل‌های
پخش شونده معمولاً این محدوده‌ها را فرا می‌گیرند.
وسعت این محدوده ۱۱۶۸۹ هکتار است. روستاهای
گروئیه، جمیل آباد و اشنان در محدوده خطر متوسط
سیلاب‌های پهنه‌ای قرار دارند. وسعت این واحد
پهنه‌بندی خطر ۱۶۸۲۵ هکتار است. روستاهای باغویه
و بیدمهر در سطوح کم خطر سیلاب پهنه مخروط
افکنه‌ها قرار دارند. وسعت این محدوده‌ها ۱۱۸۰۲
هکتار است. محدوده با خطر زیاد سیلاب مجاری
محصور سطوح مجاور آبراهه‌های اصلی دشت را شامل
می‌شود که جمعاً حدود ۲۴۷ کیلومتر طول دارند. بر
این اساس انطباق نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل و
کاربری اراضی، از مجموع ۶۰۱۱۴ هکتار مزارع و باغات
موجود در محدوده مورد مطالعه ۷۱۵۳ هکتار در
محدوده خطر زیاد سیلاب کانالیزه و طغیان
رودخانه‌ای، ۶۵۵۰ هکتار در محدوده خطر زیاد پخش
سیلاب پهنه مخروط افکنه، ۴۶۳۱ هکتار در معرض
خطر آبگرفتگی زیاد در قاعده مخروط افکنه و ۲۱۷۵
هکتار در معرض خطر آبگرفتگی کم در قاعده مخروط
افکنه واقع شده‌اند.

لازم است همه امور مدیریت خطر سیل بر اساس توجه
به این نقشه‌ها صورت گیرد. به نظر می‌رسد آنچه مهم
است این باشد که روش تهیه نقشه و نوع و مشخصات
واحدهای معرف خطر کم، متوسط و زیاد در ایران به
صورت استاندارد تعریف و مشخص شوند تا تمام
نقشه‌های تهیه شده شدت خطر سیل را با مفاهیم
یکسان نشان دهند. در عین حال تهیه این نقشه‌ها
هدف نهایی نیست؛ بلکه آنها ابزاری برای کاهش خطر
سیل هستند؛ لذا پس از تهیه باید مورد استفاده قرار
گیرند. بدیهی است که پس از مدتی استفاده از آنها
ممکن است به علت تغییر شرایط منطقه و آشکار شدن
بعضی نواقص در آنها، لازم باشد با انجام اصلاحات و یا
تغییراتی به روز شوند. در عین حال پیشنهاد می‌شود
که با وضع قوانین، نحوه و نوع استفاده از زمین و
مشخصات سازه‌ها در هر محل بر اساس این نقشه‌ها در
نظر گرفته شود؛ برای مثال اشغال سطوح پرخطر سیل

- Levy, J.K. (2005). Multiple Criteria Decision Making and Decision Support Systems for Assessment, No. 19, PP. 438-447.
- Menendez, M. (2000). Design Discharge Calculations and Flood Plain Management, European Commission (Directorate General XII): Flood aware Final report, Cemagref, pp. 53-82.
- NFIP, (2002). National Flood Insurance Program – Program Description, Federal Emergency Management Agency. <<http://www.fema.gov/library/viewRecord.do?id=1480>>.
- Pettifer, D.G. (2000). Indicative Flood-plain Maps for England and Wales, WaPUG Autumn Meeting, Blackpool. <<http://www.ciwem.org/groups/wapug/2000paper08.pdf>>.
- Ruiz-Villanueva, V., Díez-Herrero, A., Stoffel, M., Bollschweiler, M., Bodoque, J.A and Ballesteros, J.A. (2010). Dendrogeomorphic analysis of flash floods in a small ungauged mountain catchment (Central Spain), *Geomorphology*, 118 : 383-392.
- Sarkar, S. G and Vaidya D. R. (2014). Flood Inundation mapping using special techniques, *Industrial Science*, Vol.1, Issue.5/June. 2014 ISSN: 2347-5420.
- TAW. (2004). (Technical Advisory Committee on Flood Defence). Floris: Flood Risks and Safety in the Netherlands . (< www.tawinfo.nl/engels/downloads/FloodRisksandSafety.pdf>).
- Theiling C. H. and Burant J. T. (2012). Flood inundation mapping for integrated floodplain management: upper Mississippi River system, *River Res. Applic.*, Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/rra.2583.
- Todini, E. (1999). An Operational Decision Support System for Flood Risk Mapping: Forecasting and Management, *Journal of Urban Water*, No. 1, PP. 131-143.
- Wang, Y., Colby, J. & Mulcahy, K. (2002). An Efficient Method for Mapping Flood Extent in a Coastal Floodplain Using Landsat TM and DEM data, *International Journal of Remote Sensing*, No. 23, PP. 3681-3696.
- Willet, K., Sharda, R. (1991). Using the analytic hierarchy process in water resources planning: selection of flood control projects. *Socio-Economic Planning Sciences*, 25 (2), pp. 103-112.
- Zhang, J., Okada, N., Tatano, H. & Hayakawa, S. (2002). Risk Assessment and Zoning of Flood Damage Caused by Heavy Rainfall in Yamaguchi Prefecture, *Journal of Flood Defence*, No. 42, P. 162-169.
- فرج‌زاده، منوچهر؛ ثروتی، محمدرضا؛ طاهری، واله (۱۳۹۰). تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفولوژیک استان گلستان، فصلنامه جغرافیای طبیعی، شماره ۱۱، صص ۴۵-۶۲.
- فرج‌زاده، منوچهر؛ نصرتی عبدالله (۱۳۸۳). پهنه‌بندی حساسیت سیل‌خیزی حوضه گاو رود با استفاده از GIS، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۳، صص ۴۹-۵۸.
- ملکیان، آرش؛ افتادگان خوزانی، اصغر؛ عشور نژاد، غدیر (۱۳۹۱). پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبخیز اخترآباد با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۴، شماره ۴، صص ۱۵۲-۱۳۱.
- یمانی، مجتبی؛ داورزنی، زهرا؛ دادرسی، ابولقاسم (۱۳۹۱). ارزیابی مدل منطق فازی در مقایسه با سایر مدل‌های مفهومی در پهنه‌بندی سیل‌خیزی با تأکید بر ویژگی‌های ژئومورفولوژیک، موردشناسی: حوضه داورزن، جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۵، صص ۱۳۴-۱۲۱.
- Cook, A., Merwad, V. (2009). Effect of topographic data, geometric configuration and modeling approach on flood inundation mapping, *Journal of Hydrology*, 377:131-142.
- De Moel, H., van Alphen, J., Aerts, J.C.J.H. (2009). Flood maps in Europe – methods, availability and use. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 9 (2): 289-301.
- Diez-Herrero, A., Lain-Huerta, L., Llovernta-Isidro, M. (2009). A Handbook of Flood Hazard Mapping Methodologies, Publication of the Geological Survey of Spain, Geological Hazards, Series No. 2, 190pp.
- EXSCIMAP. (2007). (a European Exchange Circle on Flood Mapping) Hand book on Good Practices for Flood Mapping in Europe. <http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/flood_atlas/pdf/handbook_goodpractice.pdf>.
- Flood Risk Management, *Journal of Stochastic Environmental Research and Risk*
- Hoydal, O.A., Berg, H., Haddeland, I., Petterson, L.E., Vokso, A., Oydvin, E. (2000). Procedures and Guidelines for Flood Inundation Maps in Norway. Potsdam, Germany. pp: 252-261.
- Jung, Younghun., Kim, Dongkyun., Kim, Dongwook., Munmo, Kim and Lee, Seung Oh. (2014). Simplified Flood Inundation Mapping Based On Flood Elevation-Discharge Rating Curves Using Satellite Images in Gauged Watersheds, *Water* 2014, 6, 1280-1299; doi:10.3390/w6051280.